

# Mecánica de deformación de gaviones

F355 R1: Ensayos no destructivos de gaviones de malla romboidal y hexagonal de tipo caja y saco – Parte II

Domingo A. Bravo  
Tucumán, Argentina.

## Resumen

En este compendio, en cuatro capítulos, revisamos la práctica tradicional de ensayos de tracción de mallas de alambre para gaviones, que consiste en hacer los ensayos con probetas de ancho natural. Sostenemos que esos ensayos no son aplicables a gaviones, porque las mallas sólo mantienen su ancho natural cuando están en reposo, sin haber trabajado. Esa práctica tradicional tiende a dirigir la atención en forma errada hacia la importancia de las cargas de rotura y a no dar importancia a las deformaciones. Tampoco explica, al no incluir ensayos de mallas angostadas o ensanchadas porque las mallas de los gaviones que se han alargado soportan deformaciones longitudinales mucho mayores que las de esos ensayos, ni aborda sobre el aumento de resistencia de las mallas cuando se las angosta, ni sobre la disminución de resistencia cuando se las ensancha

Palabras clave: gavión, ensayos no destructivos, malla hexagonal, malla romboidal, mecánica de deformación, ensayos de tracción de mallas de alambres.

*Gabion deformation mechanics*

*F355 R1: Non-destructive tests of box and bag type gabions of rhomboidal and hexagonal mesh – Part II*

## Abstract

*In this summary, the traditional practice of tests of wire mesh traction for gabions through natural width test tubes is discussed. We believe such tests are not applicable to gabions since the meshes keep their natural width only when they are at rest, without having worked before. This practice tends to wrongly lead attention to the significance of breaking loads with no concern given to the deformations. Neither does it explain why meshes of the gabions that have been extended withstand much larger longitudinal deformations than those of the tests, since tests of narrowed or widened meshes are not included. The increase of the mesh resistance when meshes are narrowed and the resistance decrease when they are widened are also not dealt with by the practice under discussion. This study of the gabion deformation mechanics permits the generation of abacuses and through them to gabion non-destructive tests.*

*Key words: gabion, non-destructive tests, hexagonal mesh, rhomboidal mesh, deformation mechanics, tests of wire mesh traction.*

**Nota:** El presente resumen corresponde al Informe Técnico completo (Parte I y Parte II). En este número se publican el Capítulo 3 y el Capítulo 4 del compendio. Para acceder a los capítulos anteriores, ver cet 33. El informe técnico completo se puede ver en: [http://www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/?page\\_id=842](http://www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/?page_id=842)

## Introducción

La presente colección de informes técnicos es el resultado de sucesivos estudios y observaciones, realizados a partir de nuestros primeros ensayos de tracción de mallas romboidales y hexagonales, que realizamos en el Laboratorio de Ensayos de la Universidad Nacional de Tucumán a partir del año 1989, y en los cuales advertimos que, mientras las cargas de rotura varían con el diámetro de los alambres y la abertura de la malla, las deformaciones son muy parecidas para los distintos tipos de mallas.

En el Capítulo 3, elaboramos un nuevo informe, el **F355**, en el que ensayamos mallas de ancho natural, angostadas y ensanchadas. El **F355** permite la confección de ábacos para determinar, fácilmente, mediante mediciones directas en obra, las fuerzas obrantes en cada uno de los rombos o hexágonos de un gavión deformado. En él desarrollamos el método que muestra que, ensayos de tracción a ancho natural constante, no son aplicables a gaviones en servicio, ya que en el laboratorio las mallas de ancho natural se rompen con deformaciones del 4%, en los gaviones se ven mallas sin roturas, con deformaciones longitudinales del +10% y transversales de -16%.

En el Capítulo 4, mostramos los procedimientos de ensayos aprobados por la Universidad Nacional de Tucumán, y el marco de tracción cuyo diseño permite modificar el ancho natural de las mallas, para ponerlas de acuerdo con las observaciones de los gaviones en servicio. Simplemente, para aplicar la Ley de Hooke a este proceso, hay que tener en cuenta que los gaviones al deformarse “generan” mallas más angostas o más anchas que la de origen.

## Capítulo 3

### **F355 R1: Ensayos no destructivos de gaviones de malla romboidal y hexagonal de tipo saco y caja**

#### **Nota preliminar**

Este informe preliminar **F355** (2009) se fundamenta en todos nuestros informes técnicos previos, y en particular en los informes **F071b** (2005), **F344** (2007), **F345** (2007) y **F347** (2007). El mismo avanza sobre todas las ideas y creencias que llegaron a nuestro conocimiento en lo que respecta a la mecánica de deformación de gaviones. En su desarrollo, para el que contamos con los ensayos de tracción de mallas de

distintos anchos realizados en la UNT en los años 2006 y 2007, mostramos que aquella idea de que los ensayos de tracción de mallas de alambre de ancho natural son aplicables a gaviones, está equivocada y es inaplicable.

Este informe no está completo, le faltan ensayos; lo importante es el método usado. Queda a criterio de los lectores la aplicabilidad de acuerdo a su necesidad de contar con esta herramienta para realizar peritajes en obras.

El desarrollo de los ensayos de mallas romboidales no forma parte de este trabajo.

#### **Reseña**

En la información actual se ve que las mallas de alambre se ensayan a tracción manteniendo constante su ancho natural, para determinar la carga de rotura sin que en los informes de laboratorio se muestren las deformaciones. Esto por una parte, no permite la representación cartesiana del proceso y también evidencia que se pone atención a las fuerzas, pero no a las deformaciones. Nosotros, analizando la mecánica de deformación de los gaviones, determinamos los estados de carga en cada punto de sus mallas mediante ensayos no destructivos.

En los años 1987 y 1988 hicimos nuestros primeros ensayos de tracción de mallas en la Universidad Nacional de Tucumán, donde advertimos que, mientras la capacidad de carga depende del diámetro de los alambres, las deformaciones son muy parecidas para todas las mallas de un mismo tipo y a esto le asignamos importancia, como lo expresamos en el título de nuestro informe técnico **F058** (1998).

Realizamos más ensayos, recorrimos obras que habían sufrido deformaciones por hundimientos, y tomamos medidas que nos permitieron desarrollar, entre otros, el informe técnico **F155b** (2006). En el **F155b** se trabajó sobre la base de que el volumen de los gaviones es constante, ya que al deformarse, el contenido de piedras no varía. Esta observación nos permitió aplicar la Ley de Hooke al proceso de deformación de las mallas de los gaviones, haciendo participar las variables: fuerza, deformación longitudinal y deformación transversal de las mallas. **Así resolvimos el problema, como mostramos en este informe F355.**

Cuando el gavión tiene forma superficial irregular y cuando las piedras se mueven, se producen pequeñas variaciones positivas y negativas del volumen propias de los sucesivos acomodamientos, el procedimiento de

determinación de las fuerzas actuantes mantiene su validez.

Integrado al método de ensayos de tracción de mallas angostadas, de ancho natural y ensanchadas mantenemos otro enfoque, distinto del clásico de la Resistencia de Materiales:

Hacemos nuestro análisis desde el punto de vista de las deformaciones de las mallas (los gaviones resisten deformaciones mucho mayores que las que muestran los ensayos), y no de la determinación de cargas de rotura de mallas de ancho natural constante, expresadas en Kg/m.lineal, ya que, insistimos: cuando los gaviones se deforman, las mallas inicialmente de ancho natural se angostan o ensanchan, o reviran. La discrepancia entre la amplitud de deformaciones en gaviones deformados pero no rotos, respecto de las deformaciones de rotura por tracción en el laboratorio, es tan grande, que a las cargas de rotura diríase que no les damos importancia, porque en casi todos los casos (por no decir que en todos), las mallas de los gaviones tienen resistencia suficiente en Kg/m.lineal, lo cual las torna naturalmente útiles para su uso en gaviones, y a su carga de rotura inútil para explicar el proceso que nos ocupa.

En el informe **F334** (2005), mostramos numerosas obras colapsadas en las que las mallas no sufrieron roturas, ya que el colapso por socavación de las fundaciones es la constante y precede ampliamente a las cargas de roturas por tracción a las que en ningún caso llegan. Por añadidura, en los informes **F334** (2005) y **F081** (2005), mostramos que la corrosión no es el problema. Pero los ataques activos ponen límite a la confianza en la resistencia a la tracción de las mallas, porque los choques de piedras, el ripio y los ramajes que arrastra la corriente obligan a usar alambres más gruesos.

De esta manera la resistencia de las mallas según el enfoque clásico, cual si constituyera sólo el ABC del tema, abre paso a estos estudios más avanzados que ahora exponemos a la consideración de la comunidad técnico - científica.

Hay dos antecedentes muy conocidos de cómo aplicar la Ley de Hooke para resolver problemas importantes de la ingeniería: las ecuaciones de Bernoulli y Navier para la Flexión de las Barras Rectas de Acero y las ecuaciones de Von Tetmajer y de Euler para el problema del pandeo de las Barras Rectas de Acero Sometidas a Compresión.

## Conclusiones

- Los ensayos de tracción de probetas de ancho natural constante no son aplicables a gaviones en servicio.
- El dato de la carga de rotura [Kg/m.lineal] induce al lector a pensar en coeficientes de seguridad, como lo expresa el criterio clásico de la Resistencia de materiales y puede llevarlo a un error de apreciación o de cálculo.
- Por la vía de las cargas de rotura no se puede explicar la mecánica del proceso de deformación de gaviones.
- La **Especificación ASTM 975 R2003** mantiene el enfoque clásico al expresar la resistencia a la tracción de mallas hexagonales de ancho natural en [Kg/m.lineal] y no determina deformaciones. Estos conceptos, de acuerdo a nuestros trabajos quedan superados, pero constituyen los antecedentes de investigación de este tema.

## Desarrollo del método de ensayos

En este informe técnico analizamos la mecánica de deformación de gaviones en servicio y desarrollamos el método para determinar in situ, fácilmente, las fuerzas que actúan en las mallas romboidales y hexagonales de gaviones prismáticos, colchonetas y del tipo saco. Para saber cuánta fuerza hay en cada rombo o hexágono sólo se necesitan los ábacos hechos de acuerdo a las medidas iniciales de la malla que se observa, cinta métrica, un cuaderno, papel milimetrado, micrómetro para medir el diámetro de los alambres y cámara fotográfica para documentar resultados.

Para determinar el valor de las fuerzas que actúan en lugares de nuestro interés se toman muestras consistentes en imágenes de las mallas, sin producir ninguna destrucción ni deterioro, simplemente se dejan marcas de pintura que permitan la identificación de esos lugares.

En cada lugar las mallas tienen pasos **PI** y **Pt** que medimos, y que son las **muestras** de la figura 1a. Las muestras **deben corresponder** a mallas hexagonales cuyas medidas iniciales se conocen, **las probetas se hacen con las mallas conocidas**, esto es importante. Con éstas se hacen los ensayos de laboratorio y luego, los ábacos.

Aunque el análisis que haremos es general, lo particularizamos para nuestras mallas hexagonales del tipo 8 x 10 - 2,5 mm porque tenemos muestras tomadas en el río Famaillá. No sabemos cuánta fuerza **F** tienen aplicadas estas muestras.

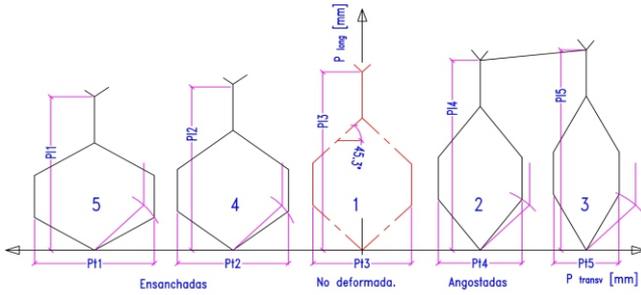
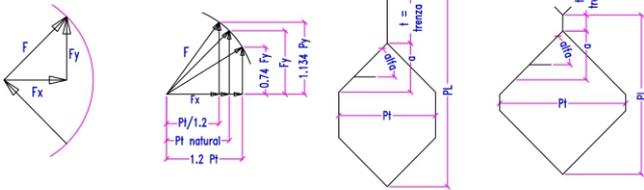


Fig. 1a Mallas romboidales y hexagonales angostadas, de ancho natural y ensanchadas. Medir PI, Pt y  $\phi$ .

**A- Mallas angostadas (Angostamiento del paso transversal Pt)**

En la figura 1b se muestra que cuando la malla se hace más angosta, varía la disposición de las fuerzas y también la resistencia a la tracción longitudinal y transversal: al aumentar el ángulo  $\alpha$  de las diagonales crece la resistencia longitudinal y decrece la transversal y cuando se ensancha se da la situación inversa. Esta es otra diferencia importante respecto de los ensayos a Paso transversal natural constante.



$PL = 2(\alpha + t)$   
 $a = PL/2 - t$   
 $a \sim$  Constante durante los ensayos  
 $tg \alpha = a / (PI/2) = (PI/2 - t) / (PI/2)$   
 $Py = P \text{ sen } \alpha$   
 $Px = P \text{ cos } \alpha$   
 $Py / Px = tg \alpha$

La capacidad de carga  $F_x$  y  $F_y$  de una malla depende del Paso transversal que ésta alcance. Para la misma carga  $F$  rotura de los alambres,  
 a.- Cuando aumenta  $PI$ , disminuye  $Py$  y aumenta  $Px$   
 b.- Cuando disminuye  $PI$ , aumenta  $Py$  y disminuye  $Px$

Esto se produce:  
 a.- Por acción de la carga aplicada y  
 b.- Porque el volumen es constante:  
 $V1 = A1 \times B1 \times C1 = V2 = A2 \times B2 \times C2$

Al modificar idealmente  $PI$ , las barras giran con fuerza pequeña,  $F \sim 0$ , generando nuevas mallas.



Fig. 1b Al modificar idealmente  $PI$ , las barras giran con fuerza pequeña,  $F \sim 0$ , generando nuevas mallas.

Destacamos: al angostarse, las mallas de un gavión se hacen más resistentes. Esto se muestra en la figura 3.

Preparamos **una probeta** a la que previamente angostamos con fuerza pequeña ( $\sim 160$  Kg) hasta que tenga el Paso transversal  $Pt$  de **la muestra**.

La ubicación de la probeta en reposo en el plano de coordenadas, figura 2, es el punto E1, coincidente con el origen de coordenadas, porque está en reposo. La ubicación de la muestra, E2 ( $PI, Pt$ ) ó ( $\epsilon PI, \epsilon Pt$ ) conocemos parcialmente, porque sólo conocemos la abscisa  $PI$  ó  $\epsilon PI$ , pero no la  $Pt$  ó  $\epsilon Pt$ . Sabemos que ahí actuó la fuerza  $F2$  que produjo el  $PI$ , pero no conocemos su valor numérico. Hacemos el ensayo de tracción de la probeta manteniendo  $Pt$  fijo, el recorrido se inicia en E1 y al alcanzar el  $\epsilon PI$  de la muestra se está en E2. Queda determinada la fuerza  $F2$  que obra en la muestra y ubicado el punto E2: **esta es la primera parte del método**. Si la fuerza de tracción sigue en aumento se llega al punto de rotura.

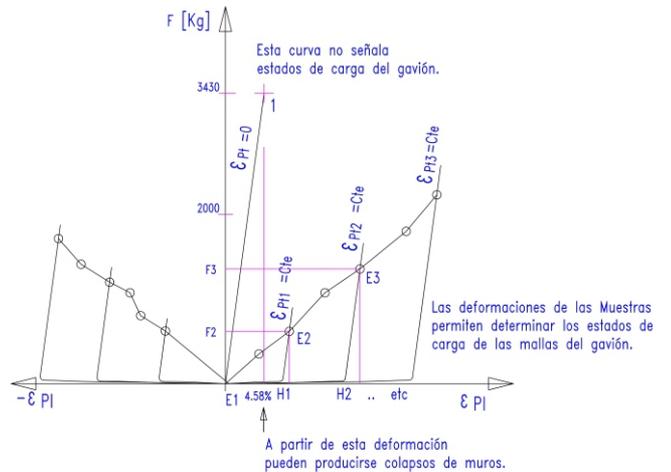


Fig. 2 En los puntos E2, E3 coinciden las deformaciones de muestras y probetas.

Si tenemos otras muestras menos o más angostadas, que tienen por ejemplo, las coordenadas E3, E4, etc, seguimos el mismo procedimiento: preparamos probetas de la misma malla, con angostamientos iguales a los de las muestras y al hacer los ensayos los recorridos partirán de E1 y pasarán por E3, E4, etc. Entonces el problema queda resuelto.

**La segunda parte del método** permite el trazado del ábaco: se pueden hacer inter/extrapolaciones para otras muestras a conseguir. El procedimiento se generaliza haciendo ensayos con angostamientos prefijados hasta el punto de rotura de las probetas, ver figura 3. **Las muestras que se consigan permitirán hacer el ábaco, que es la envolvente de las situaciones que se presenten trayectorias E1, E2, ..., En.**

Esto vale para gaviones prismáticos, colchonetas y gaviones saco. Estos son ensayos no destructivos de gaviones.

**Todas las probetas se preparan con mallas del mismo ancho inicial natural y con la misma cantidad de alambres. Son grandes, para reducir errores de lectura.**

En los gaviones no existen trayectorias de deformación con Paso transversal constante: estas sólo se producen en el Laboratorio durante los ensayos y éste es el fundamento del método.

FR = 3430 Kg, con una deformación del **4,58%** y rotura en la 3º mordaza superior izquierda.

2) **Teórico:** En la curva 2 (de la figura 3) vemos el punto de Carga y deformación de rotura de Z = 25 alambres de Ø 2,5 mm. El alargamiento es del **22 %** y la tensión de rotura de 45 Kg/mm<sup>2</sup>. Decimos teórico porque tomando datos del Certificado de Calidad Nº 896201 de ACINDAR del 8 de noviembre de 2008, multiplicamos por 25 la fuerza individual.

$$F = 25 \text{ alambres} * 4,91 \text{ mm}^2 * 45 \text{ Kg/mm}^2 = 5524 \text{ Kg}$$

3) El haz de alambres se rompe con fuerza muy superior que la malla de la misma cantidad de alambres: aquí juega un papel importante **la acritud** y cierto marcado en las mordazas a pesar de que están debidamente adaptadas para fijar sin resbalamiento. Los alambres que provienen de bobinas tienen más acritud que los que provienen de canastos. En la figura 4 se aprecia el revirado a lo largo de ellos, lo que causa acritud.



Fig. 4 Cómo toman las mordazas a las probetas.

La deformación del 4,58% en realidad es menor porque los alambres están inclinados más o menos 45º respecto de la línea en que se mueven las mordazas de la máquina de tracción, por lo que debería dividirse ese valor por lo menos entre  $\sqrt{2}$  y dará 3,26%, **Guzmán** (1963).

4.- Las fuerzas de rotura por tracción paralela a los alambres de las mallas, se hacen mayores a medida que aumenta el angostamiento porque los vértices de los rombos o hexágonos se hacen progresivamente más agudos y el triángulo de fuerzas arroja una resultante mayor. A la inversa, la fuerza de rotura en dirección transversal disminuye.

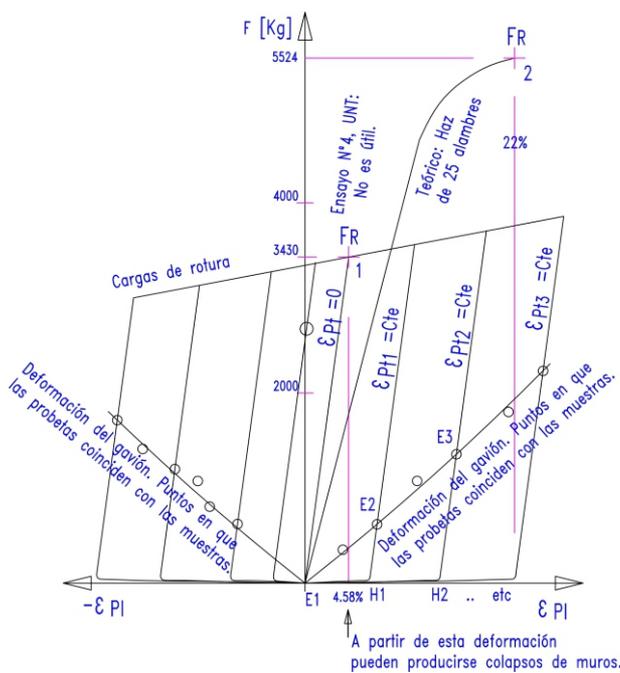


Fig. 3 Representación detallada de F[Kg] - εPI.

Observamos que:

1) **Los ensayos de probetas de ancho natural no señalan ningún estado de carga de un gavión, sus datos no son aplicables a gaviones de ningún tipo y las deformaciones en el punto 1 (de rotura) son muy inferiores de las que se miden en gaviones deformados:**

Por ejemplo, en el caso del ensayo de la probeta de malla 8x10-2,5mm de ancho natural, según consta en el Informe Técnico completo, mostramos la Carga y deformación longitudinal de rotura. La probeta tiene 25 alambres y por ser de ancho natural es  $\epsilon_{transv} = 0$ . En ella:

5) Los ábacos pueden hacerse agregando ensayos de tracción para anchos predeterminados a los que tienen la **referencia de las muestras**: la interpolación y extrapolación es posible.

6) El punto E1 marca el inicio de todos los ensayos. Las probetas son angostadas con muy poca fuerza de tracción hasta los puntos H1, H2, etc. por la máquina de tracción. En correspondencia su P longitudinal aumenta casi sin carga y a partir de ahí empieza a aumentar la carga.

7) Con la ayuda de estos ábacos podemos saber el estado de carga de las mallas de cualquier tipo de gavión.

8) Las mallas **angostadas** tienen geometría y propiedades diferentes de la malla de origen, ya no son de 6 x 8, ni de 8 x 10 y ganan resistencia a la tracción.

### B - Mallas ensanchadas (Ensanchamiento del paso transversal Pt).

En este caso, ver figura 5, el gavión ha sido traccionado en la dirección transversal de sus hexágonos y está deformado. Se sigue el mismo procedimiento que en el caso A, pero en estos casos las mallas pierden resistencia a la tracción.

Hay un caso muy interesante: el de gaviones traccionados y cuya deformación  $\epsilon$  longitudinal es = 0. La fuerza **F** se representa sobre la ordenada. Se trata de un gavión que está amarrado por sus costados a sus vecinos constituyendo un amplio recubrimiento. Su capacidad de deformación es pequeña por falta de contracción lateral, como los de malla electro-soldada que mencionamos.

Siempre que la muestra se encuentre sobre la ordenada se los analiza como gaviones con mallas ensanchadas. Es casi seguro que la deformación no será pareja a lo largo del borde libre del recubrimiento y que se producirán hundimientos desparejos que producirán ensanches localizados.

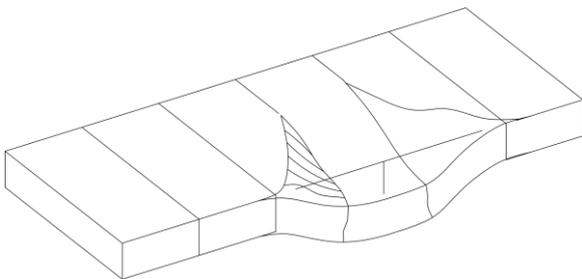


Fig. 5 Colchoneta deformada, sin posibilidad de que se acorte la medida entre sus cabeceras.

Vemos que las mallas ensanchadas tienen propiedades diferentes de la malla de origen.

### C- Mallas sometidas a esfuerzos de corte (Gaviones revirados)

Las tensiones de corte se presentan frecuentemente. Son causadas por el deslizamiento de una cara en dirección paralela a otra, opuesta como en el caso del revirado de gaviones. “Las tensiones de corte en general, dan origen a deformaciones angulares y tienden a producir rotaciones”... “Siempre que en un elemento actúe una tensión de corte, ésta será equilibrada por otra complementaria actuando en un plano ortogonal a la primera y podrán ser ambas convergentes o divergentes con respecto al vértice del elemento”, **Guzmán** (1963).

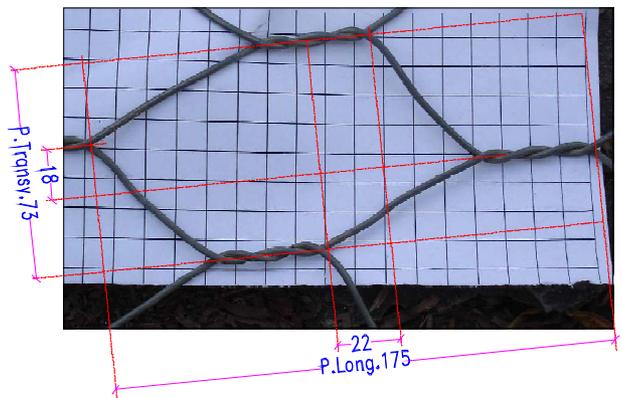
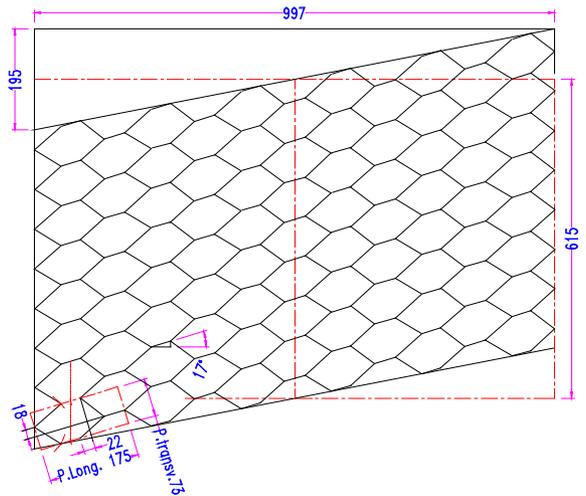


Fig. 6 Malla hexagonal 8 x 10 – 2.5.

En la figura 6, se mide la **desviación** de 18 mm entre la dirección de las trenzas.

Colocando un papel con cuadrícula de 10 mm por debajo de la malla se facilita y documenta la tarea. Esto también es útil durante la realización de ensayos en el Laboratorio, para fijar las distintas etapas de los mismos. Resulta especialmente **útil para trazar los lados inclinados**, con lo que se determinan las fuerzas de acuerdo a las reglas de la Estática, ver figura 6.

Los ensayos de tracción probetas de 6x8-2.34mm de ancho natural sometidas a corte muestran resultados muy parecidos a los correspondientes de tracción simple: con  $F_{Long} = 3000\text{Kg}$  la deformación específica es del 3.35% con  $\beta = 0^\circ$  a  $10.5^\circ$  y de 3.94% con  $\beta = 0$  a  $18^\circ$ .

Nuevamente se manifiesta la acritud: si no se permite la contracción transversal, las mallas se rompen con deformaciones longitudinales sensiblemente menores que el 12% mínimo fijado en la norma IRAM IAS U500-102 y normas que se refieren a gaviones, para los alambres. Se debe a las torsiones y flexiones que sufren los alambres durante el proceso de tejido. **Esta es otra confirmación de que los gaviones ganan capacidad de deformación al deformarse.**

### Proceso de deformación de gaviones

#### 1- Gaviones cuyo relleno de piedras supera el volumen que configuran las mallas

En la figura 7 se muestran:

##### Mallas dispuestas en posición A

a) La deformación inicial de las mallas, al juntar los bordes de la tapa con el paño vertical para hacer la costura manual produce el angostamiento de los hexágonos hasta el punto 1. En el diagrama Fuerza - Deformación, es una línea de muy poca pendiente. Hay aumento del PI y acortamiento del Pt.

b) Si el contenido de piedras se deforma alargándose, la altura del gavión disminuye y el diagrama Tensión - Deformación muestra una trayectoria inicialmente de poca pendiente, con disminución de PI hasta que los alambres comienzan a deformarse con lo que la pendiente se incrementa notoriamente. El corrimiento del relleno produce desde el inicio el ensanchamiento de las mallas en la misma dirección de deformación del gavión.

##### Mallas dispuestas en posición B

a) La deformación inicial de las mallas, al juntar los bordes de la tapa con el paño vertical para hacer la costura manual produce el ensanchamiento de los hexágonos hasta el punto 1. En el diagrama Fuerza - Deformación, es una línea de muy poca pendiente. Hay aumento del Pt y acortamiento del PI.

b) Si el contenido de piedras se deforma alargándose, la altura del gavión disminuye y aumenta el PI de los hexágonos con disminución del Pt. El diagrama Tensión - Deformación muestra una trayectoria inicialmente de poca pendiente hasta que los alambres comienzan a deformarse y la pendiente se incrementa notoriamente. La trayectoria 1-B muestra el aumento de PI con angostamiento Pt en la misma dirección de deformación del gavión.

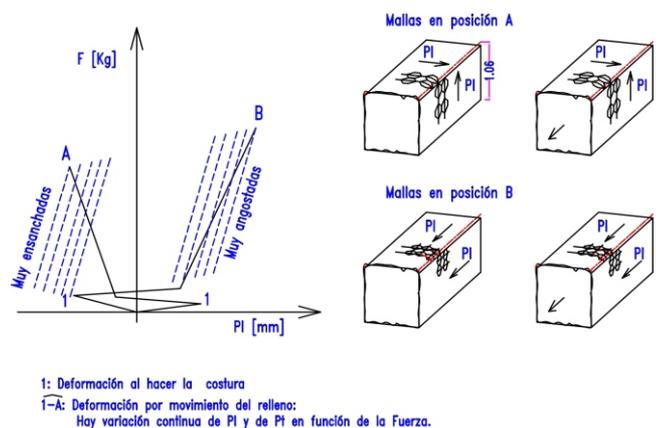


Fig. 7 Gaviones cuyo relleno de piedras supera el volumen que configuran las mallas.

#### 2- Gaviones cuyo relleno de piedras no alcanza para que las mallas queden ajustadas

En la figura 8 se muestran:

##### Mallas dispuestas en posición A

a) En este caso, al hacer las costuras, las mallas no se deforman.

b) Si el contenido de piedras se deforma alargándose hasta ocupar todo el volumen configurado por las mallas, los alambres de éstas se mueven como barras articuladas. Los hexágonos se ensanchan aunque ejerciendo muy poca fuerza en contra del movimiento del relleno.

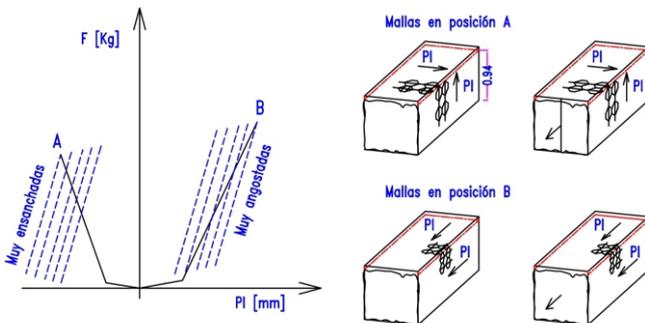
c.- Si la deformación del relleno continúa, la pendiente de la trayectoria en el diagrama Fuerza - deformación aumenta considerablemente. Se está desde el inicio ante el ensanchamiento del Pt en la misma dirección de deformación del gavión y ante el acortamiento del PI.

**Mallas dispuestas en posición B**

a) En este caso, al hacer las costuras, las mallas no se deforman.

b) Si el contenido de piedras se deforma alargándose hasta ocupar todo el volumen configurado por las mallas, los alambres de éstas se mueven como barras articuladas. Los hexágonos se angostan aunque ejerciendo muy poca fuerza en contra del movimiento del relleno.

c) Si la deformación del relleno continúa, la pendiente de la trayectoria en el diagrama Fuerza - deformación aumenta considerablemente. Se está desde el inicio ante el alargamiento del PI en la misma dirección de deformación del gavión y ante el angostamiento del Pt.



En las trayectorias de deformación A y B, siempre las variaciones del PI van acompañadas de variaciones a la inversa del Pt: Cuando una aumenta, la otra disminuye.

Gráficas del Proceso de deformación de gaviones

Fig. 8 Gaviones cuyo relleno de piedras no alcanza para que las mallas queden ajustadas.

**Ensayos no destructivos: Aplicación del ábaco de ensayos de tracción de mallas hexagonales de 8x10-2,5mm a la determinación de fuerzas en gaviones del mismo origen, de defensas colapsadas del Río Famailá**

En la figura 9, se observan los distintos  $\epsilon_{Pt}$ , tomados en puntos distantes entre sí y con la secuencia de la observación de campo, que muestran que el muro está muy tensionado. Sin embargo, si admite mayor deformación transversal, admitirá mayor deformación longitudinal. La deformación varía continuamente en cada punto del gavión, no es pareja en su cara superior, costados, ni en la base. La flojedad de las mallas

cuando se cerró el gavión y el recomodamiento de las piedras se reflejan en mayor o menor angostamiento.

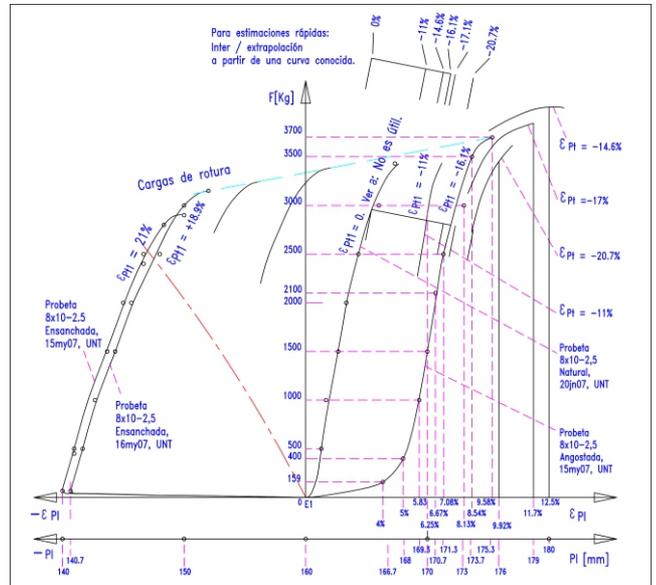


Fig. 9 Ensayos no destructivos: ábaco de mallas hexagonales del tipo 8x10-2,5mm sometidas a tracción

El colapso de este muro es del tipo avalancha: al ceder una pequeña parte, arrastró al resto.

**Conclusiones**

- a) Las mallas sin contracción transversal no integran el ábaco.
- b) Se grafican las curvas con distintas contracciones del Paso Transversal por inter-extrapolación se trazan otras curvas con distintas contracciones. Siempre es mejor trabajar con curvas de ensayos, que por deducción.
- c) Se toman las muestras y se las ubica en el ábaco mediante sus coordenadas E (P.long, Contrac. P.t). Aquí sólo mostramos el método. La fuerza aplicada es el lugar de coincidencia con las curvas del diagrama. El ábaco se va completando a medida que se toman más muestras. Servirá para cualquier obra que tenga gaviones tejidos con esa malla.
- d) Otra extrapolación: si el diámetro del alambre no es el de las mallas, se usa la relación cuadrática de los diámetros para determinar la fuerza existente. Pero siempre es mejor contar con ensayos.
- e) Los ensayos se hicieron sometiendo a las probetas a condiciones severas que las del marco impreciso que configuran las piedras.

### Informe 3257 (2008), UNT: Ensayos de tracción de mallas hexagonales tipo 6 x 8 cm y 8 x 10 cm

En este informe se realizaron ensayos de Malla Hexagonal Angostada, ensayos de Malla Hexagonal Ensanchada y ensayos de Malla Hexagonal Natural.

A continuación mostraremos el informe de resultados de las siguientes probetas:

#### Probeta de malla 8 x 10 angostada

F. Long	L. Prob	A. Prob	OBSERVACIONES
kg	mm		
0	500	794	Fecha ensayo: 15 de Mayo de 2007
400	504	794	Malla: 8 x 10 - Ø 2,5 Angostada
500	508	794	PL natural = 168 mm de la probeta
1500	510	794	Pt natural = 69 mm de la probeta
2100	512	794	
2500	514	794	
3000	519	794	F. Long = Fuerza longitudinal
3500	521	794	L. Prob = Long. de la Probeta
3700	526	794	

#### Probeta de malla 8 x 10 ensanchada

F. Long	L. Prob	A. Prob	OBSERVACIONES
kg	mm		
-	-	-	Fecha ensayo: 16 de Mayo de 2007
500	425	1125	Malla: 8 x 10 - Ø 2,5 - Ensanchada
1000	428	1125	PL natural = 140,7 mm de la probeta
1000	428	1125	Pt natural = 97,8 mm de la probeta
1500	433	1125	
2000	437	1125	
2500	444	1125	
2500	444	1125	Rotura, cayó hasta 1110
3000	450	1125	Rotura de malla cerca de una orilla (380 x 220)
3150	456	1125	

#### Probeta de malla 8 x 10 natural

F. Long	L. Prob	A. Prob	OBSERVACIONES
kg	mm		
0	480	946	Fecha ensayo: 20 de Junio de 2007
130	480	946	Malla: 8 x 10 - Ø 2,5 - Natural
500	484	946	PL natural = 160 mm de la probeta
1000	485	946	Pt natural = 82,2 mm de la probeta
1500	488	946	
2000	490	946	
2500	493	946	
3000	498	946	
3430	502	946	
3430	-	-	Rotura de un alambre en la 3ª mordaza superior izq. Bajó a 1700 Kg

Se presentan algunas de las imágenes de las probetas y del marco de ensayos:



Fig. 10 Probeta de malla 8x10 - 2,5 ensanchada – Rotura en el alambre de bobina. Los alambres de borde fueron cortados antes de iniciar el ensayo.



Fig. 11 Probeta de malla 8x10 - 2,5 ensanchada – F=2000 Kg sobre cuadrícula de fondo.





Fig. 12 Probeta de malla 6x8 - 2,34 angostada montada en el marco.



Fig. 13 Probeta de malla 6x8 - 2,34 angostada – F=2500 Kg., sobre cuadrícula de fondo.



Fig. 14 Probeta de malla 6x8 - 2,34 natural sometida a Corte, con inclinación de 18°.

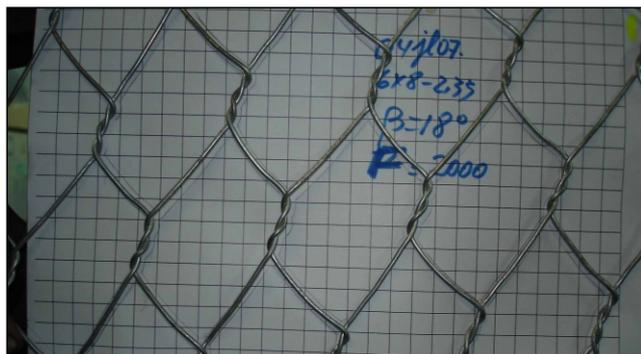


Fig. 15 Probeta de malla 6x8 - 2,34 natural sometida a corte, con inclinación de 18°, carga de 2000 Kg., sobre cuadrícula de fondo.

## Capítulo 4

### F151 R1: Procedimiento de ensayos de tracción de mallas tejidas del tipo hexagonal

1) Objeto: estos ensayos están dirigidos a analizar la mecánica de deformación de los gaviones de tipo caja y saco de malla romboidal y hexagonal. Para esto se hacen ensayos de tracción de mallas tejidas de alambre de ancho natural, angostadas y ensanchadas, midiendo fuerzas y deformaciones.

2) Definición: las mallas hexagonales de triple torsión son un conjunto más o menos ordenado de alambres que se tejen en telares de vaivén. Esto produce filas de trenzas de tres medio-giros sucesivamente hacia la izquierda y hacia la derecha. Este conjunto es más o menos ordenado porque los alambres tienen distintas tensiones de rotura y diámetros, que causan hexágonos con frecuencia de forma irregular, es decir con lados de largo desigual.

3) Marco de ensayos:

**Marco con cabeceras con mordazas largas:** es para probetas de ancho natural, ensanchadas o angostadas previamente a valores prefijados, figura 16.

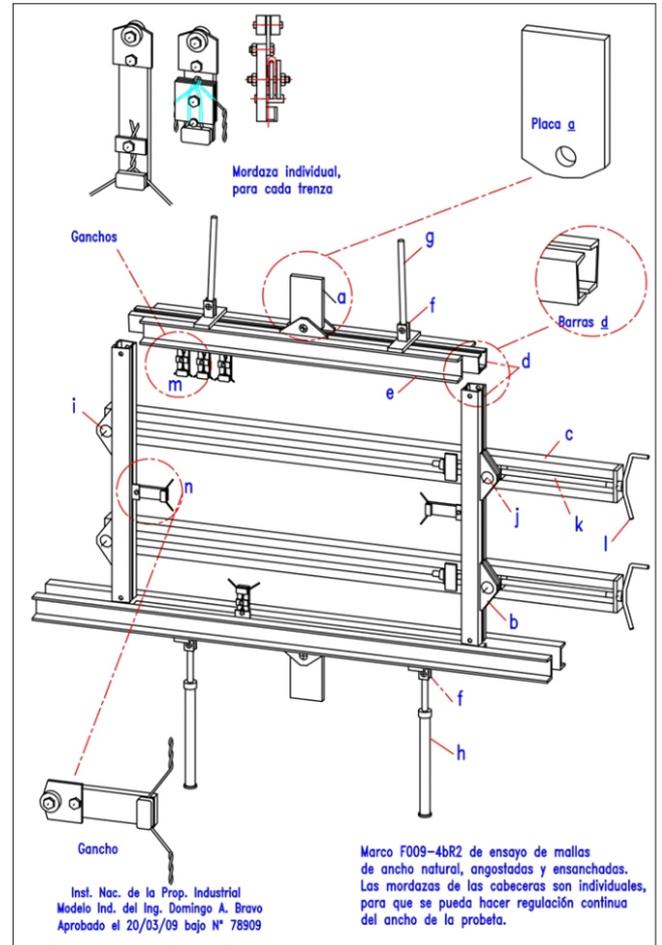
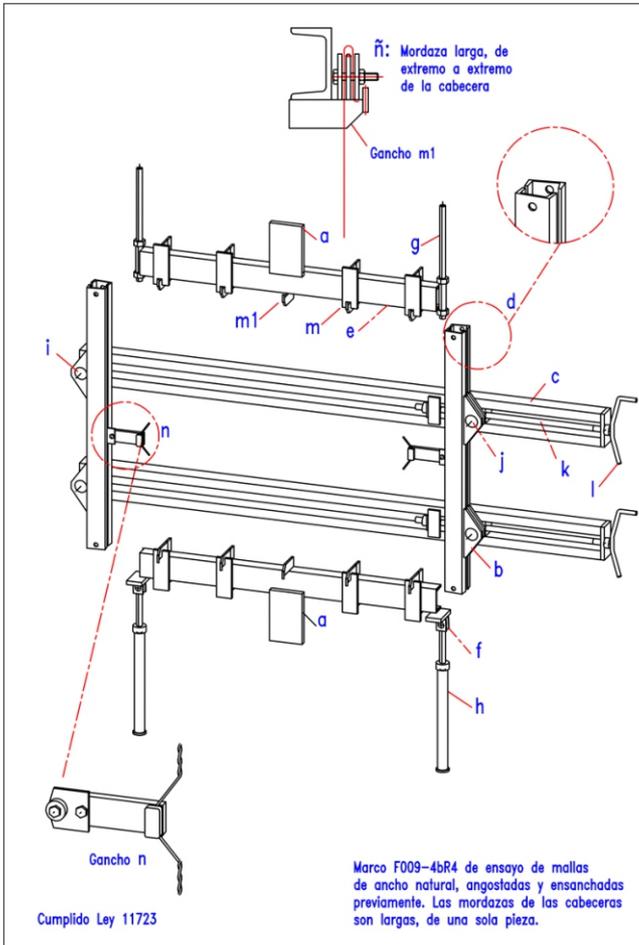


Fig. 16 Marco para probetas angostadas, de ancho natural y ensanchadas. Se muestra la sección transversal de una mordaza larga que se extiende de extremo a extremo de la cabecera.

**Marco con cabeceras con mordazas individuales móviles:** una para cada trenza. Permite variar en forma continua el ancho de las probetas, figura 17.

Fig. 17 Marco para probetas angostadas, de ancho natural y ensanchadas.

4- Forma de tomar la probeta:

a) Mordazas de las cabeceras del marco:

Las mordazas largas ( $\tilde{n}$ ) se usan en el marco F009-4bR4, figura 16.

Las mordazas individuales ( $m$ ) se usan en el marco F009-4bR2, tienen ruedas que les permiten trasladarse por su guía para el ajuste del ancho de la probeta, figuras 17 y 20.

Fijación: se hace pasar y volver los extremos de la probeta entre las planchuelas de acero que constituyen las mordazas, ya sean del tipo largo ( $\tilde{n}$ ) (continua de extremo a extremo de la cabecera), o individuales ( $m$ ) y se las ajusta con bulones.

b) Ganchos de los largueros verticales del marco: piezas  $n$ , figuras 16 y 17. Los ganchos tienen ruedas que les permiten trasladarse por su guía acompañando los movimientos de la probeta.

**cet**

REVISTA DE CIENCIAS EXACTAS E INGENIERIA  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍA

c) Estabilizadores: para asegurar la geometría del marco, es decir que las cabecera superior avance paralela a la inferior, se colocan las péndolas roscadas a la superior y columnas roscadas a la inferior: Piezas g y h, figuras 16 y 17.

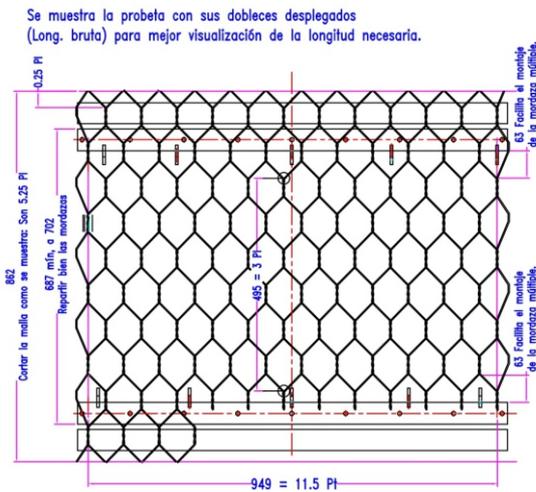
d) Regulación del ancho: se hace mediante los dos tornillos k con manijas 1, que fijan a voluntad la distancia entre los lados verticales d.

5- Probetas de ensayo:

a) Probetas de ancho natural:

Las cabeceras de la probeta no tienen regulación de ancho, la de arriba y la de abajo son iguales; consisten en un paquete de tres planchuelas de hierro y bulones, que se arma y ajusta antes de montarlas en las ménsulas del marco. Ver figuras 16 y 18.

b) Probetas de ancho variable: ensanchadas y angostadas. Cuando es necesario ajustar la regulación del ancho de las probetas, se usan mordazas que toman individualmente por sus trenzas a la malla. Hay variantes propias de cada tipo de ensayo. Se ven en las figuras 17 y 19.



Se muestra la probeta con sus dobleces desplegados (Long. bruta) para mejor visualización de la longitud necesaria.

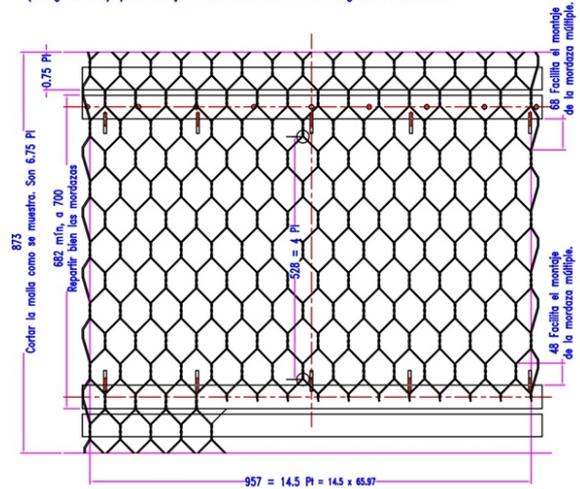
Se muestra la mordaza larga. Las mordazas individuales toman de igual manera a la probeta. Ver figuras 1 y 2.

Longitud de las probetas:  
 Las de ancho natural y angostadas tienen longitud = 5.25 PI.  
 Las ensanchadas tienen longitud = 6.25 PI

Probeta de 8x10cm de ancho natural para Marcos metálicos de ensayos de tracción

Fig.18 Probeta para ensayos de tracción simple de malla de ancho natural del tipo 8 x 10 cm: Está integrada por la malla y sus cabeceras que mantienen constante el ancho.

Se muestra la probeta con sus dobleces desplegados (Long. bruta) para mejor visualización de la longitud necesaria.



Se muestra la mordaza larga. Las mordazas individuales toman de igual manera a la probeta. Ver figuras 1 y 2

Longitud de las probetas:  
 Las de ancho natural y angostadas tienen longitud = 6.75 PI.  
 Las ensanchadas tienen longitud = 7.75 PI

Probeta de 6x8cm de ancho natural para Marcos metálicos de ensayos de tracción

Fig. 19 Probeta para ensayos de tracción simple de malla de ancho natural del tipo 6 x 8 cm.

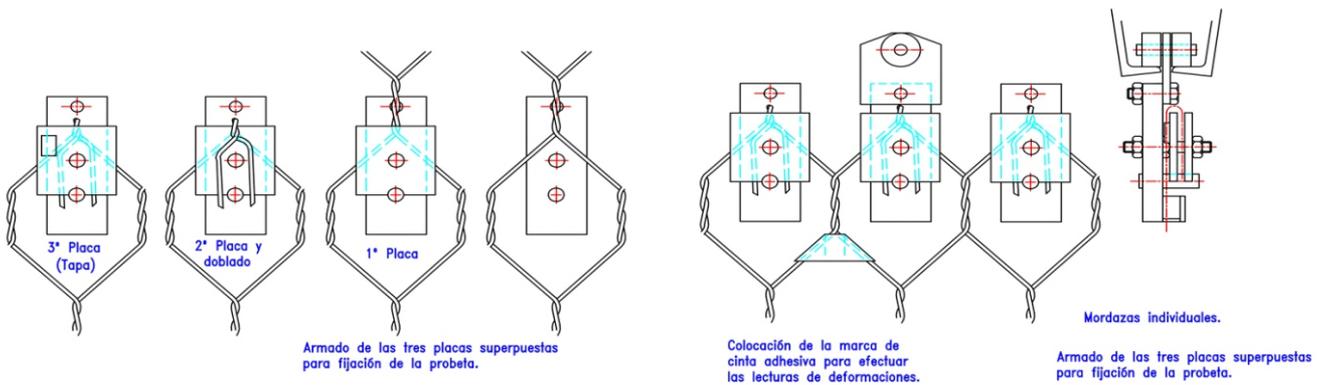


Fig. 20 Mordazas individuales para probetas de ancho variable. Hay variantes propias de cada tipo de ensayo.

### El montaje del marco de ensayos en la máquina de tracción

El marco de ensayos fue diseñado y fabricado adecuando sus medidas a las de la máquina de tracción universal Amsler del Laboratorio de Ensayos de Materiales del Departamento de Construcciones y Obras Civiles de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán, que se muestra en la figura 21.

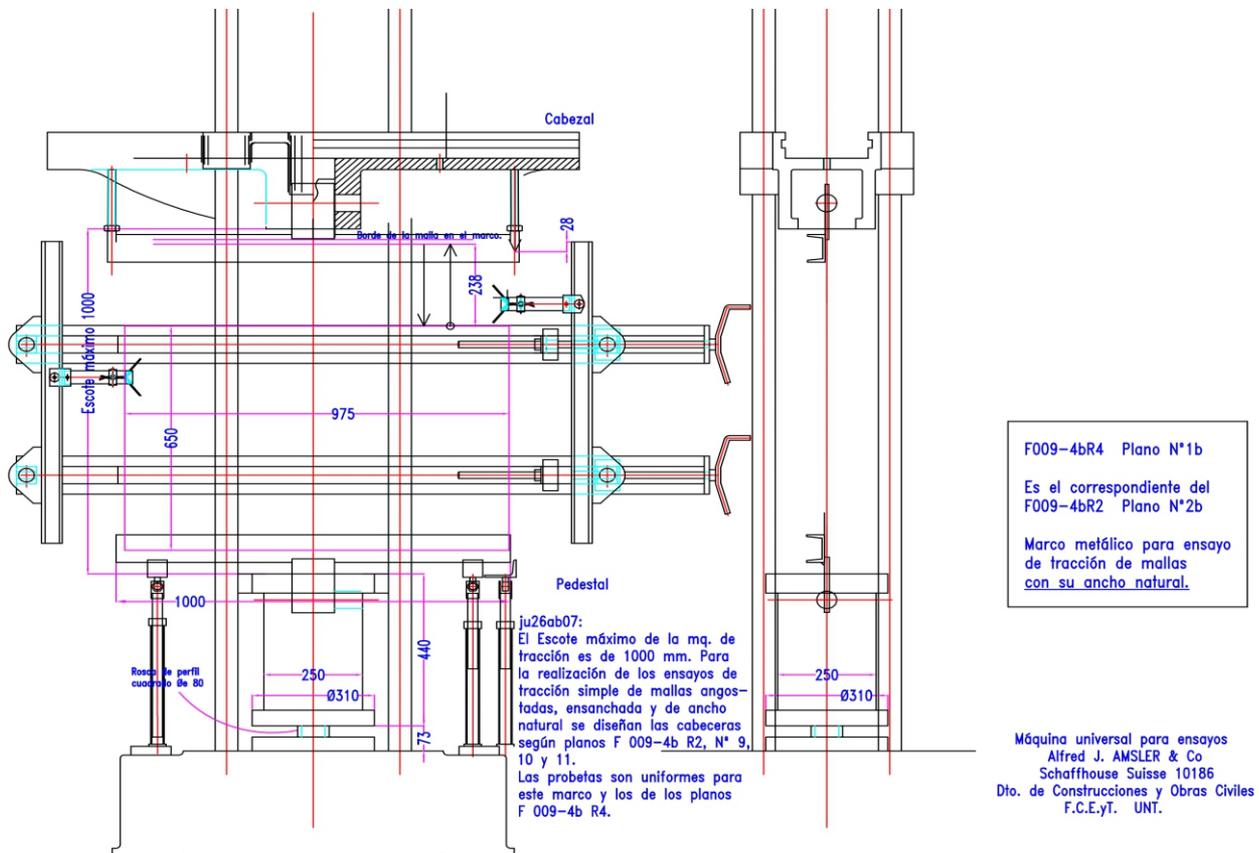


Fig. 21 Montaje del marco de ensayos en la máquina universal Alfred J. Amsler de la UNT para ensayos de tracción y de otros tipos.

**Bibliografía:**

**Bravo, D. A. (1998)** “F058: En la Deformabilidad está la Clave para el Análisis de la Utilización de Mallas de Alambre en Gaviones”.

**Bravo, D. A. (2005)** “F071b: Resistencia de Mallas de Alambre ante el Colapso de Muros de Gaviones”, cet Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, N° 33, pp. 52-53.

**Bravo, D. A. (2005)** “F081: El Problema Inverso, la Supresión de los Ataques Activos”.

**Bravo, D. A. (2006)** “F155b: Otra Particularización de los Ensayos de Tracción de Mallas Tejidas de Alambres para Gaviones”.

**Bravo, D. A. (2005)** “F334: Los Ataques Activos, el Cincado y el Alambre de Bordes”.

**Bravo, D. A. (2007)** “F344: Deformación de Gaviones de Malla Hexagonal, Río Famaillá”, cet Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, N° 33, pp. 46-50.

**Bravo, D. A. (2007)** “F345: Deformación de Gaviones de Malla Romboidal, Río Romano”, cet Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, N° 33, pp. 50-51.

**Bravo, D. A. (2007)** “F347: Gaviones del Río Amarillo o de Gualco, Famatina, La Rioja, R.A”, cet Revista de Ciencias Exactas e Ingeniería, Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología, Universidad Nacional de Tucumán, Argentina, N° 33, pp. 51-52.

Guzmán, A. M. (1963) Tracción, Compresión y Corte, En: Curso de Resistencia de Materiales, Cap. IV, p. 53 y p. 84.

**Agradecimientos**

Agradecemos al Laboratorio de Ensayos de Materiales del Departamento de Construcciones y Obras Civiles de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán, su invaluable atención para el desarrollo de los procedimientos y la realización de ensayos desde el primero que hicimos en el año 1988, hasta la actualidad.

**Domingo Antonio Bravo**

Maestro Normal Nacional Regional e Ingeniero Mecánico de la U.N.T. año 1974. En la UNT auxiliar docente 2° categoría de cátedra de Dibujo y Geometría Descriptiva. Trabajó en el equipo de proyectos del Ferrocarril Funicular Horco Molle, San Javier, años 1973 a diciembre de 1974. Fue profesor de Prácticas de taller en la Escuela de Sacarotecnia, y de Dibujo en el Instituto Técnico. Se desempeña en la industria metalúrgica desde el comienzo de su actividad laboral. Ahora dirige su empresa Domingo A. Bravo – Gaviones. La Secretaría de Ciencia y Técnica de la Nación le ha conferido el galardón 2005 al Empresario innovador por el NOA y lo ha apoyado en sus proyectos de innovación tecnológica.

