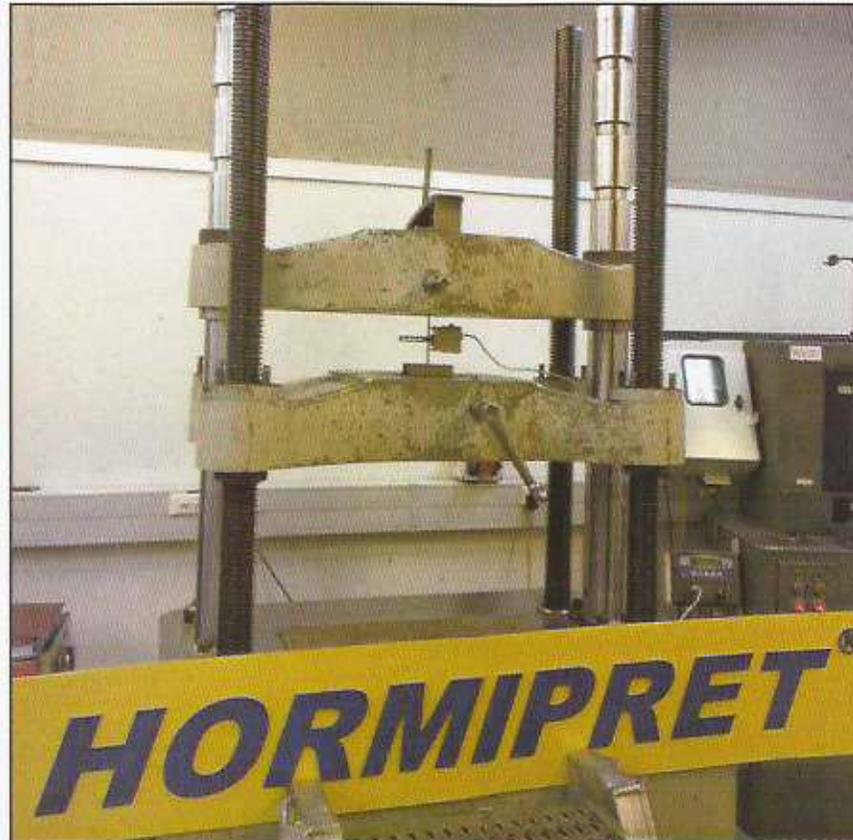


INFORME Nº 1067068

ENSAYOS DE TRACCIÓN A VARILLAS DE REFUERZOS DE PRETENSADO.



Para:  
**PREFABRICADOS HORMIPRET LTDA.**

Preparado por:  
**DICTUC S.A.**  
**Laboratorio de Ingeniería Estructural**

"La información contenida en el presente informe o certificado constituye el resultado de un ensayo, calibración o inspección técnica especificada acotado únicamente a las piezas, partes, instrumentos, patrones o procesos analizados, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido "certificados por DICTUC", ni reproducir en ninguna forma el logo, nombre o marca registrada de DICTUC, salvo que exista una autorización previa y por escrito de DICTUC".

Santiago, 25 de febrero de 2013

Página 1 de 8

*DICTUC es una filial de la Pontificia Universidad Católica de Chile*

Vicuña Mackenna 4860, Macul, Santiago - Chile / Fono: (56-2) 354 4207 - (56-2) 354 5761 / Fax: (56-2) 354 4243 / [www.dictuc.cl](http://www.dictuc.cl)

## Contenido

1.- INTRODUCCIÓN Y ALCANCE.....	3
2.- ANTECEDENTES.....	4
2.1.- Probetas varillas de acero de pretensado.....	4
3.- ENSAYO REALIZADO.....	5
3.1.- Ensayo de tracción directa a varillas de refuerzo de hormigón.....	5
4.- RESULTADOS OBTENIDOS.....	6
4.1.- Resultados ensayo de tracción directa a varillas de refuerzo de hormigón.....	6
5.- RESUMEN Y COMENTARIOS.....	8

**SOLICITANTE** : **PREFABRICADOS HORMIPRET LTDA.**  
**RUT** : 76.584.050-3  
**DIRECCIÓN** : Av. Luis Thayer Ojeda 1272, Providencia - Santiago - Chile  
**ATENCIÓN** : Sr. Javier Martinez  
**TELÉFONO** : (56-2) 432 8138  
**TRABAJOS SOLICITADOS** : Ensayos de tracción a varillas de acero para pretensado.

## 1.- INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

En el presente informe se entregan los resultados obtenidos, análisis y comentarios de ensayos realizados sobre barras de refuerzo de acero que corresponden a elementos para ser utilizados en prefabricados de hormigón pretensado, y en particular viguetas VIGUETRABA, las cuales son fabricadas por la empresa PREFABRICADOS HORMIPRET LTDA., en adelante HORMIPRET. Los ensayos realizados corresponden a tracción universal de las barras de refuerzo de acero (varillas de pretensado) hasta cargas de rotura.

Los ensayos fueron ejecutados a petición del Sr. Javier Martinez, en representación de la empresa HORMIPRET, bajo la aceptación de la propuesta de trabajo LIE-12-132. Los ensayos de tracción de las barras de acero fueron realizados en dependencias del Laboratorio de Ensayos Mecánicos del Área de Servicios Mecánicos de DICTUC, entre los días 4 y 17 de octubre de 2012. El diseño de los ensayos, la ejecución de estos y la elaboración del presente informe fue realizado por profesionales DICTUC en conformidad con los requerimientos planteados por el mandante.

El objetivo de las pruebas es determinar el nivel de resistencia de las barras de refuerzo de acero hasta alcanzar la rotura.

El informe se divide en: Antecedentes, Ensayos realizados y Resultados obtenidos, y Resumen y Comentarios. Los datos expuestos en el capítulo de antecedentes, propiedades geométricas, propiedades mecánicas y denominación del sistema fueron íntegramente informados y proporcionados por el mandante.

## 2.- ANTECEDENTES

### 2.1.- Probetas varillas de acero de pretensado.

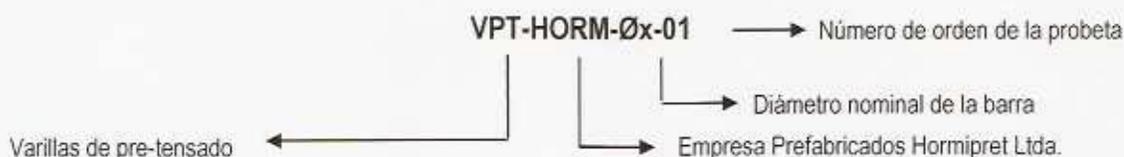
Se trata de muestras de varillas de acero, para su uso como tendones de pretensado. Estas varillas poseen una estructura monolítica, sin presencia de hebras menores trenzadas, con un trefilado de tipo helicoidal para generar superficie de adherencia con el hormigón tipo corrugado. Se presentan para el presente estudio muestras de diámetros nominales  $\varnothing 4\text{mm}$  y  $\varnothing 5\text{mm}$ . De estas muestras se obtuvieron 3 probetas de cada tipo de diámetro, de 350mm de longitud. El peso promedio de cada probeta correspondió a 36g para el caso  $\varnothing 4\text{mm}$  y 54g para el caso  $\varnothing 5\text{mm}$  y en ninguna de las muestras entregadas poseía marcas de algún fabricante. Esto genera además que las muestras presenten una sección constante sin resaltes ni reducciones locales. La resistencia nominal corresponde a  $18.000\text{Kg/cm}^2$  y el acero cumpliría con la norma ASTM A421, según la información entregada por el mandante

La Fotografía 2.1.1 muestra una vista general de los dos tipos de varillas entregadas, observándose en la zona superior las 3 probetas de  $\varnothing 4\text{mm}$  y en la parte inferior las 3 probetas de  $\varnothing 5\text{mm}$ . Se observa el tipo de trefilado helicoidal.



**Fotografía 2.1.1:** Vista general de las probetas de varillas entregadas para la realización de ensayos de tracción universal.

Con el objeto de identificar cada una de las probetas que fueron sometidas a los ensayos de tracción directa, se presenta en la Figura 2.1.1 la nomenclatura utilizada para este ensayo.



**Figura 2.1.1**

**Nomenclatura utilizada para la identificación de las probetas en los ensayos de tracción de barras.**

### 3.- ENSAYO REALIZADO.

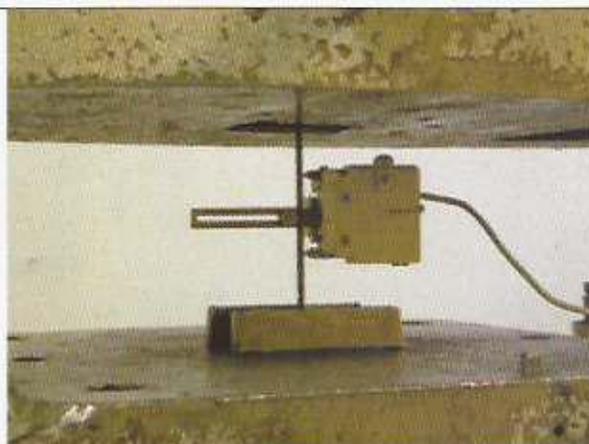
Se realizaron ensayos sobre los elementos en estudio, con el objeto de determinar propiedades que sean de interés. En particular los ensayos realizados corresponden a la tracción directa de varillas de refuerzo para viguetas pretensadas. A continuación se detalla el procedimiento para el ensayo mencionado.

#### 3.1.- Ensayo de tracción directa a varillas de refuerzo de hormigón.

Las probetas de varillas de refuerzo para hormigón pretensado, son ensayadas en una prensa hidráulica de tracción, marca Tinius Olsen, de 60 toneladas de capacidad y fijadas mediante cuñas de apriete a sus placas de apoyo, superior e inferior, especialmente diseñadas para su trabajo. La aplicación de la carga se realiza en forma monotonamente creciente y durante el ensayo se mide la deformación axial en una longitud central de 50mm de la barra mediante la implementación de un extensómetro digital, dicho elemento se mantiene en el ensayo hasta determinar la fluencia de la probeta, para luego ser retirado antes de la falla por razones de seguridad para el sensor. La Fotografía 3.1.1 muestra una vista general del equipo de ensayos y en la Fotografía 3.1.2 un detalle de la barra implementada en la prensa hidráulica y el extensómetro digital dispuesto.



**Fotografía 3.1.1:** Vista general de la prensa de tracción Tinius Olsen, ocupada para la realización del ensayo de tracción a las probetas de barras de refuerzo.



**Fotografía 3.1.2:** Detalle de una de las probetas implementada en la prensa hidráulica antes del inicio del ensayo y del extensómetro digital dispuesto para la medición de las deformaciones hasta la fluencia de la barra.

Para todos los casos de medición, se calcula el punto de fluencia bajo el control en una sección de 100mm de longitud, mediante el uso de un extensómetro digital. La carga es aplicada bajo un ritmo de deformación de 5mm por minuto y es controlada mediante una celda de carga interna del equipo.

#### 4.- RESULTADOS OBTENIDOS

##### 4.1.- Resultados ensayo de tracción directa a varillas de refuerzo de hormigón.

En todas las probetas ensayadas y en los dos tipos de secciones analizadas (diámetro nominal 4mm y 5mm) se logra la fluencia, con estricción y ruptura por tracción. La Tabla 4.1.1 muestra un resumen de los resultados obtenidos para la serie de probetas de diámetro nominal Ø4mm. La Tabla 4.1.2 muestra un resumen de los resultados obtenidos para la serie de probetas de diámetro nominal Ø5mm. En cada una de las tablas se presenta la nomenclatura utilizada, el límite de fluencia, la resistencia a la tracción máxima y el alargamiento en 100mm, con los promedios respectivos y desviaciones estándar asociadas. Para ambos casos se observa a partir de los resultados numéricos obtenidos una uniformidad en los valores obtenidos para cada uno de los parámetros, en cada grupo de probetas, con magnitudes similares entre sí para las probetas de iguales características.

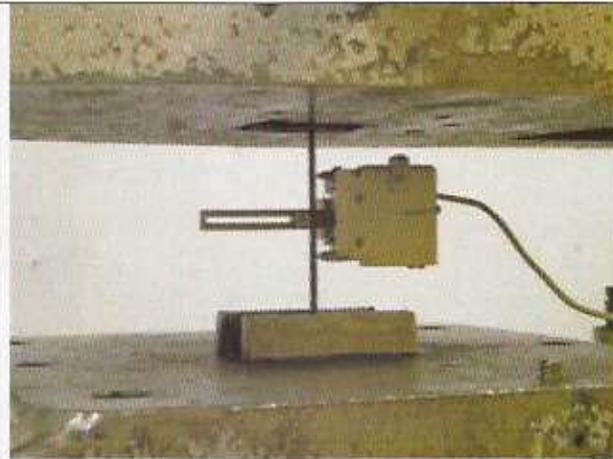
**Tabla 4.1.1**  
Resumen de resultados de los ensayos de tracción sobre probetas de varillas de diámetro Ø4mm.

Muestra	Carga Límite de fluencia (kgf)	Tensión de Límite de Fluencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción máxima (kgf)	Tensión de Rotura (kgf/cm <sup>2</sup> )	Alargamiento en 100mm (%)
VPT-HORM-Ø4mm-01	2293	18247,1	2488	19798,9	5,3
VPT-HORM-Ø4mm-02	2242	17841,3	2411	19186,1	4,9
VPT-HORM-Ø4mm-03	2408	19162,3	2563	20395,7	4,5
<b>Promedio</b>	<b>2314</b>	<b>18416,9</b>	<b>2487</b>	<b>19793,6</b>	<b>4,9</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>85</b>	<b>676,7</b>	<b>76</b>	<b>604,8</b>	<b>0,40</b>

**Tabla 4.1.2**  
Resumen de resultados de los ensayos de tracción sobre probetas de varillas de diámetro Ø5mm.

Muestra	Límite de fluencia (kgf)	Tensión de Límite de Fluencia (kgf/cm <sup>2</sup> )	Resistencia a la tracción máxima (kgf)	Tensión de Rotura (kgf/cm <sup>2</sup> )	Alargamiento en 100mm (%)
VPT-HORM-Ø5mm-01	3426	17448,5	3760	19149,5	5,9
VPT-HORM-Ø5mm-02	3374	17183,6	3702	18854,1	5,8
VPT-HORM-Ø5mm-03	3530	17978,1	3714	18915,2	5,4
<b>Promedio</b>	<b>3443</b>	<b>17536,8</b>	<b>3725</b>	<b>18973,0</b>	<b>5,7</b>
<b>Desviación Estándar</b>	<b>79</b>	<b>404,5</b>	<b>31</b>	<b>155,9</b>	<b>0,26</b>

La Fotografía 4.1.1 muestra una vista general de una de las probetas de tracción. La Fotografía 4.1.2 muestra una vista general del mecanismo de falla típico presentado en las probetas ensayadas.



**Fotografía 4.1.1:** Vista general de la probeta sometida al ensayo de tracción directa.



**Fotografía 4.1.2:** Vista general del mecanismo de falla típico que se presentó en las probetas sometidas al ensayo de tracción directa.

## 5.- RESUMEN Y COMENTARIOS

A continuación se presentan un resumen ejecutivo y comentarios de los resultados obtenidos de los de tracción sobre las varillas de pretensado de diámetro nominal  $\varnothing 4\text{mm}$  y  $\varnothing 5\text{mm}$ , utilizados en elementos prefabricados de hormigón pretensado, producidos y comercializados por la empresa PREFABRICADOS HORMIPRET LTDA. Los ensayos fueron realizados por personal de DICTUC, en dependencias del Laboratorio de Ingeniería Estructural, entre los días 4 y 17 de octubre de 2012.

- ❖ Para las probetas de diámetro nominal  $\varnothing 4\text{mm}$ , la fluencia se alcanza para una carga promedio de **P=2314kgf**, con una desviación promedio de 85kgf. Considerando este nivel de carga se tiene una tensión promedio de fluencia de 18417kgf/cm<sup>2</sup>.
- ❖ Para las probetas de diámetro nominal  $\varnothing 5\text{mm}$ , la fluencia se alcanza para una carga promedio de **P=3443kgf**, con una desviación promedio de 79kgf. Considerando este nivel de carga se tiene una tensión promedio de fluencia de 17537kgf/cm<sup>2</sup>.
- ❖ Para las probetas de diámetro nominal  $\varnothing 4\text{mm}$ , la carga máxima promedio (falla de la barra) corresponde a **P=2487kgf**, con una desviación promedio de 76kgf.
- ❖ Para las probetas de diámetro nominal  $\varnothing 5\text{mm}$ , la carga máxima promedio (falla de la barra) corresponde a **P=3725kgf**, con una desviación promedio de 31kgf.
- ❖ Para ambos casos, la carga de rotura supera a la carga de fluencia en un 7,5%.
- ❖ Dado los resultados obtenidos de los ensayos realizados se recomienda que para las barras de acero de diámetro nominal  $\varnothing 4\text{mm}$  se mantenga la hipótesis de fluencia en 18000kgf/cm<sup>2</sup>, en tanto que para las barras de acero de diámetro nominal  $\varnothing 5\text{mm}$  se recomienda se utilice el valor señalado en el presente informe o menor.



Ing. Jaime Arriagada Rosas  
Sub-Gerente Laboratorio Ing. Estructural

FELIPE BAHAMONDES CID  
Representante Legal

DICTUC S.A.

"La información contenida en este documento no podrá ser reproducida total o parcialmente para fines publicitarios sin la aprobación por escrito de Dictuc S.A."

JAR/NTF/ACH

Santiago, 25 de febrero de 2013.

c.c.: LIE/2700