

## H50: DURMIENTES DE HORMIGÓN

**Ing. Civil M. P. Parola \* , Ing. Civil D. G. Campos \***

\* ASTORI ESTRUCTURAS S.A. - Av. Piero Astori 1500. (X5013DCF). Córdoba. R. A.  
Tel (54- 351) 496- 8600 Int.: 1607 - [dariocampos@astori.com.ar](mailto:dariocampos@astori.com.ar)



**Palabras claves:** H50, Durmientes, Prefabricados, Homologación.

Departamento de calidad y laboratorios de Astori Estructuras S.A

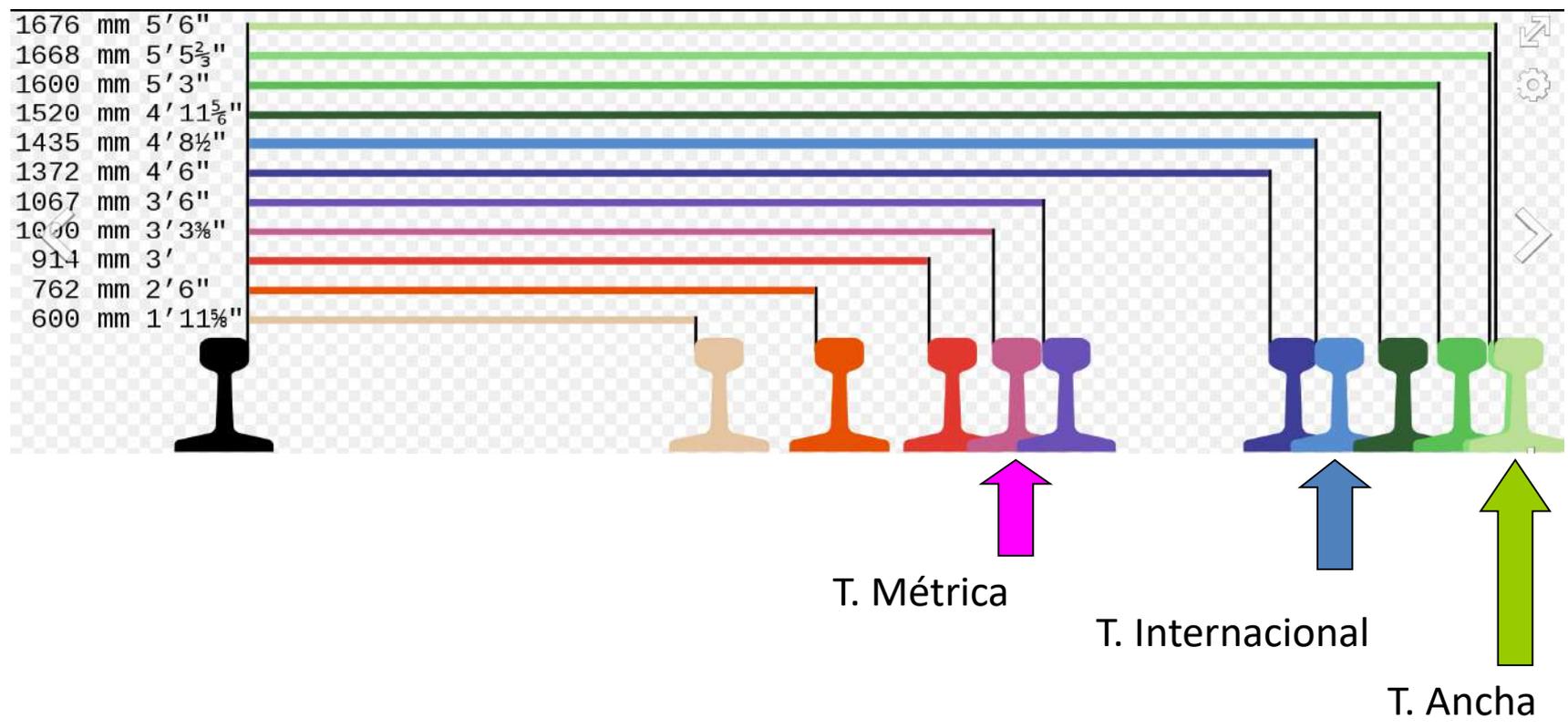
**objetivo de diseñar, producir y verificar el comportamiento**  
de durmientes de hormigón

**bajo normativas internacionales**  
requerimientos determinados **A.D.I.F** con pliegos específicos.

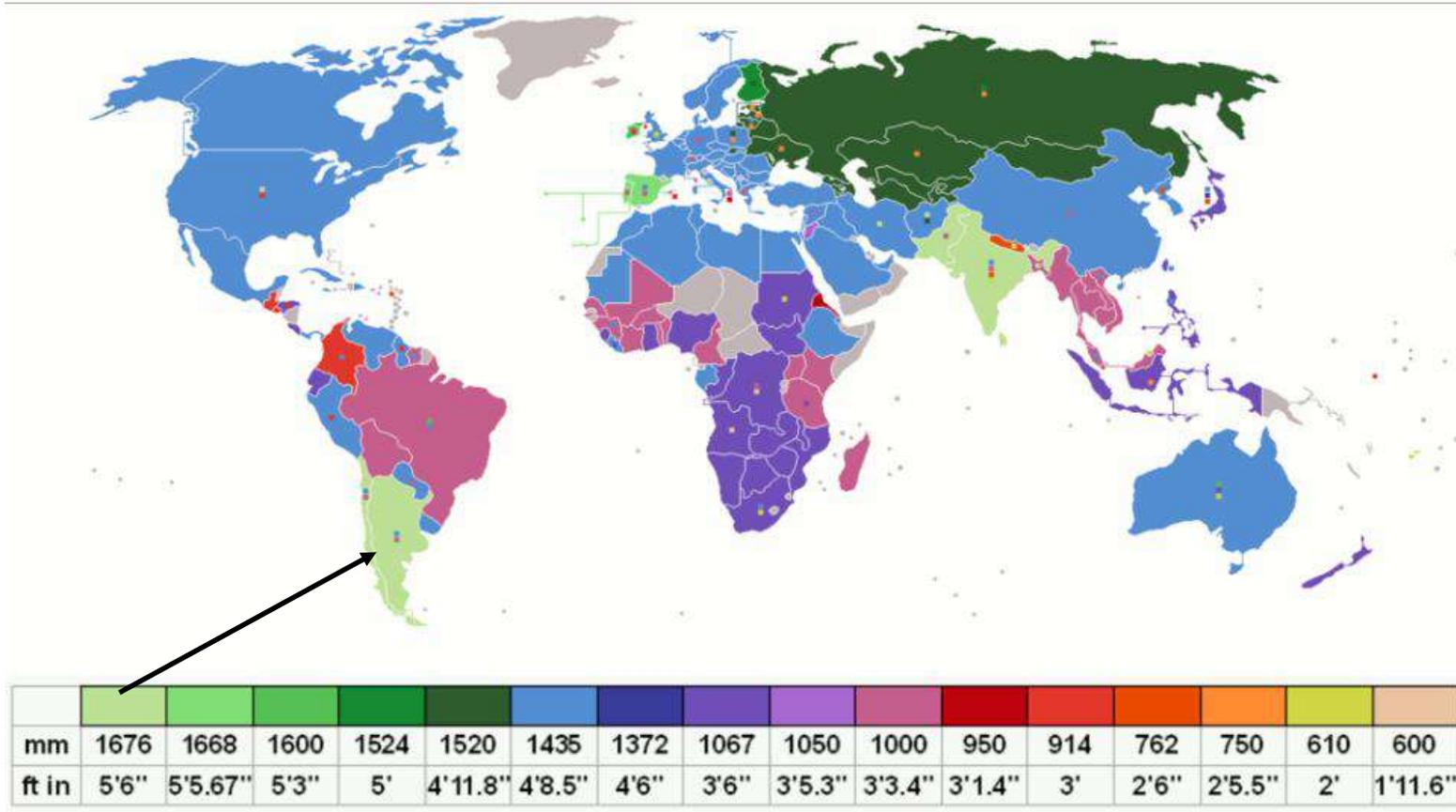
**Tres etapas:**

- Primera etapa:** Cálculo y verificación de las solicitaciones del durmiente
- Segunda etapa:** Selección de materias primas en laboratorio, dosificación y control de desempeño del hormigón
- Tercera etapa :** Ensayos y controles para la homologación realizados sobre durmientes a escala real.

### Diferentes Anchos de Trocha.



## Diferentes Anchos de Trocha.



## ETAPA I. Diseño del durmiente

### I.a.- Consideraciones de Diseño. Parámetros de Diseño.

**Tabla 1: Parámetros de Diseño.**

| Parámetros                 |                          | Designación | Magnitud    | Unidad |
|----------------------------|--------------------------|-------------|-------------|--------|
| Trocha                     |                          | "Ancha"     | 1676        | mm     |
| Carga por eje              |                          | 2P          | 220         | KN     |
| Velocidad                  |                          | V           | 160         | Km/h   |
| Distancia entre durmientes |                          | a           | 60          | cm     |
| Inclinación del riel       |                          | i           | 2,50 (1/40) | %      |
| RIEL                       | Ancho de cabeza del riel | a           | 7           | cm     |
| UIC 54                     | Altura                   | h           | 14,5        | cm     |
| 115 RE                     | Ancho del patín          | A           | 14          | cm     |

## ETAPA I. Diseño del durmiente

### I.b.- Cálculo de solicitaciones

#### Normas de aplicación

IRAM 1609-1. DURMIENTES MONOBLOQUE DE HORMIGÓN

ADP

Reglamento **CIRSOC 201-2005**. (6)

## ETAPA I. Diseño del durmiente

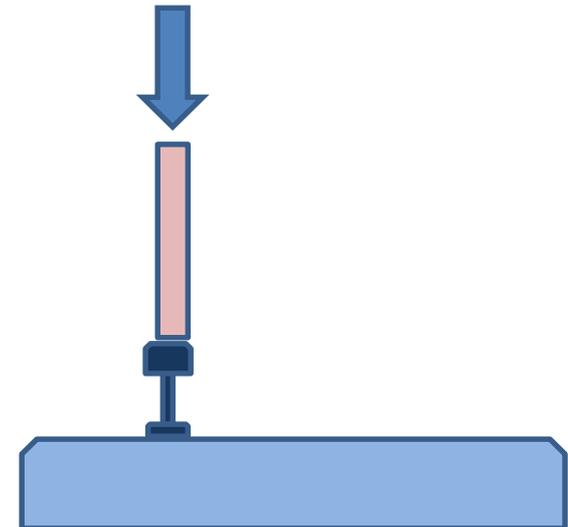
### I.b.- Cálculo de solicitaciones

Método de Cálculo. Solicitaciones de Diseño

Esquema Estático

Carga de la rueda “única solicitación”

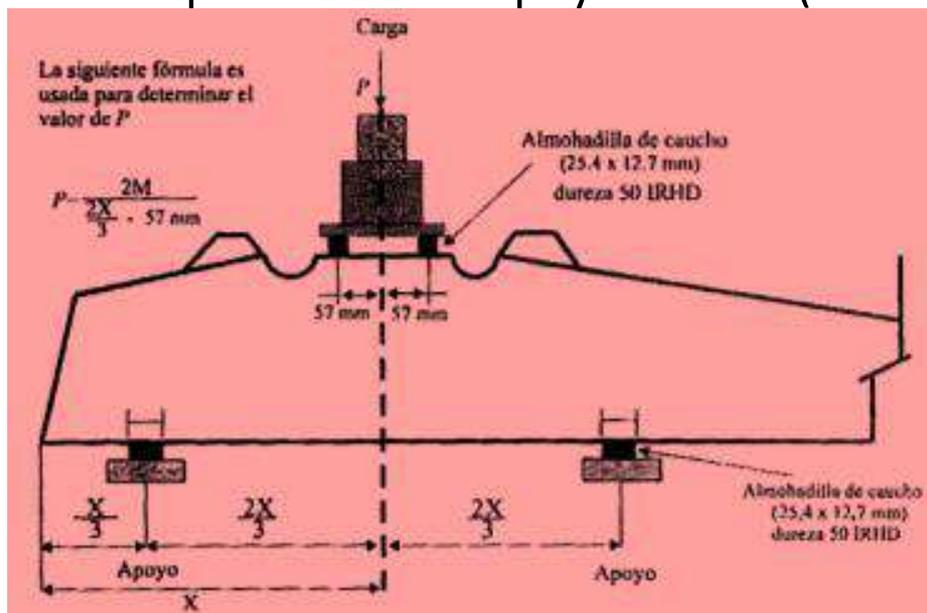
Como reacción a la misma una carga distribuida





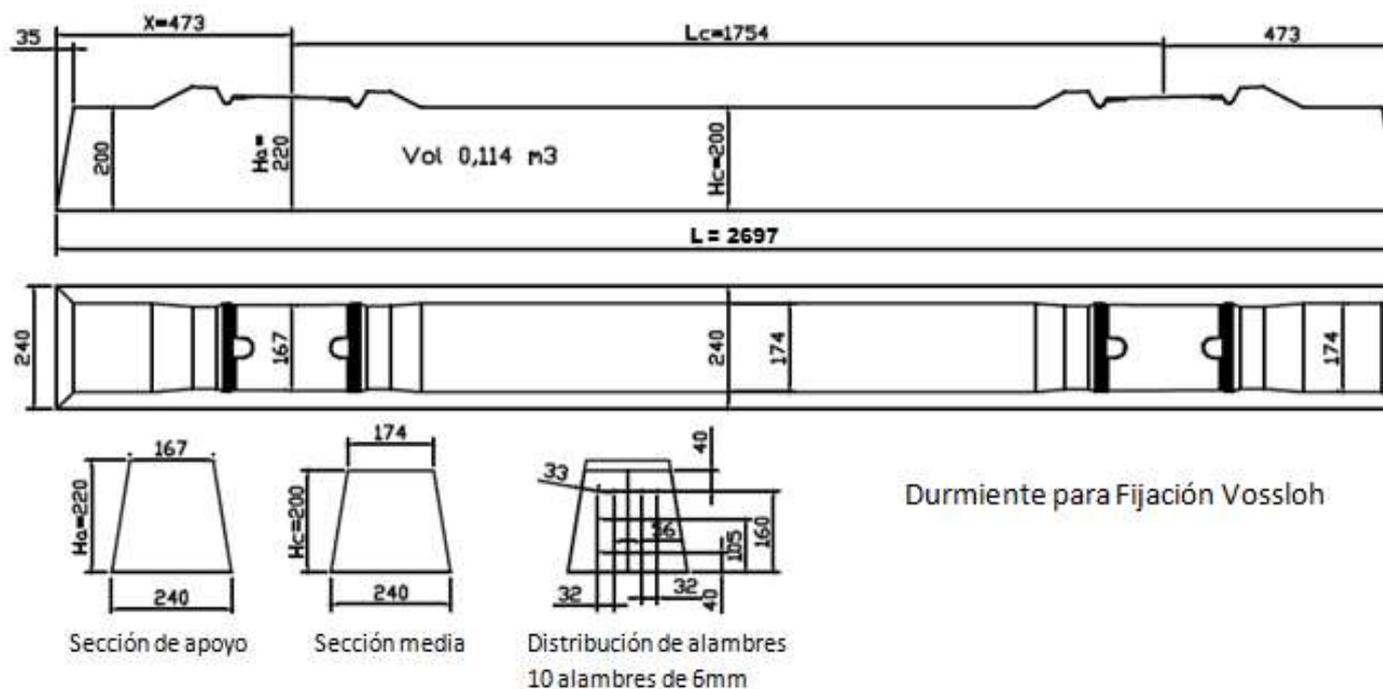
| Método según Norma                 | Un.  | Md <sup>+</sup> (apoyo) | M2 <sup>-</sup> (centro) |
|------------------------------------|------|-------------------------|--------------------------|
| ABNT NBR 11709. Método Informativo | KN.m | 14.9                    | 16.9                     |
| ABNT NBR 11709. Método Normativo   |      | 13.3                    | 12.2                     |
| UNE-EN-13230. UIC CODE 713         |      | 12.8                    | 16.4                     |
| AREMA. CHAPTER 30*                 |      | 19.2                    | 17.0                     |

Md<sup>+</sup> representa el momento positivo en el apoyo del riel (tracción en fibra inf.)



## ETAPA I. Diseño del durmiente

### I.c.- Dimensionado del Durmiente Tipo



## ETAPA I. Diseño del durmiente

### I.c.- Dimensionado del Durmiente Tipo

| Parámetro  | Desig.     | Un.               | Mag. |
|--|------------|-------------------|------|
| Tensión de Fluencia del Acero  | $f_{py}$   | N/mm <sup>2</sup> | 1550 |
| Tensión de tensado inicial   | $\sigma_p$ | N/mm <sup>2</sup> | 1320 |
| Fuerza de tensado inicial  | N          | KN                | 373  |
| Pérdida por acortamiento elástico de hormigón  | Es         | %                 | 5,26 |
| Resistencia especificada a la compresión del hormigón en el momento de aplicar el tesado inicial | $f'_{ci}$  | MPa               | 28   |
| Resistencia característica a la compresión del hormigón  | $f'_c$     | MPa               | 50   |

## ETAPA I. Diseño del durmiente

### I.d.- Verificaciones de Tensiones adm. en el acero y el hormigón.

#### Tensión de tracción en el acero

Después de la transferencia del pretensado al durmiente, la tensión en el acero ( $\sigma_t$ ) no debe exceder el siguiente valor: 1271 N/mm<sup>2</sup>, es decir, 0,82.fpy.

$$\sigma_t = (1 - E_s) \cdot \sigma_p = 1251 \text{ N/mm}^2$$

#### Tensiones en el hormigón

Las verificaciones se realizan en dos secciones definidas:

**el Apoyo del Riel  
en el Centro del durmiente**

Los esfuerzos para las fibras:

**Superiores e Inferiores  
CON y SIN carga de servicio**

Teniendo en cuenta las pérdidas del pretensado correspondientes **el instante de tiempo cero, estado inicial** cuando se introduce la fuerza, **y un tiempo infinito representativo de su vida útil** (pérdida total)

| S      | Fibra    | Carga  | Pérdida   | Límite [KN.m]   | Valor [KN.m] |     |         |           |        |
|--------|----------|--|---|-----------------|--------------|-----|---------|-----------|--------|
| Apoyo  | Superior | <p>La siguiente fórmula es usada para determinar el valor de P</p> $P = \frac{2M}{\frac{Lr}{2} - 75 \text{ mm}}$ | <p>Almohadilla de caucho (25.4 x 12.7 mm) dureza 50 IRHD</p> <p>Almohadilla de caucho (50.8 x 25.4 mm) dureza 50 IRHD</p> | <p>30.0 (b)</p> | <p>23.78</p> |     |         |           |        |
|        | Inferior |  |   |                 |              | M + | Total   | -30.0 (b) | -24.85 |
| Centro | Superior |  |   |                 |              | M - |         | 4.95 (c)  | +4.61  |
|        |          |  |   |                 |              | --  | Inicial | -16.8 (a) | -9.47  |
|        |          |  |   | 30.0 (b)        | 23.78        |     |         |           |        |
|        |          |  |   | -30.0 (b)       | -23.78       |     |         |           |        |

M2<sup>-</sup> : momento negativo en el centro del durmiente (Tracción en fibra sup)

(a)  $0,6 \cdot f'_{ci}$ ; (b)  $0,6 \cdot f'_c$ ; (c)  $0,7 \cdot \sqrt{f'_c}$

## **ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente**

### **II.a.- Características de los Materiales.**

Cemento Portland Normal (CP50-ARI),

Arena fina natural:

Abs= 0,40%; Densidad rel.= 2,59; M. F=1,60,

Arena gruesa natural lavada:

Abs= 0,50%; Densidad rel.= 2,60; M. F= 3,10,

Agregado grueso natural:

Tmax= 19 mm, Abs= 0,90%; Densidad rel.= 2,68; M. F= 6,20,

Aditivos fluidificantes a base de policarboxilatos

## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.a.- Dosificación.

| <b>Materiales</b>   | <b>Unidad</b>     | <b>Cantidad</b> |
|---------------------|-------------------|-----------------|
| Cemento             | kg/m <sup>3</sup> | <b>500</b>      |
| Arena Fina          | kg/m <sup>3</sup> | <b>305</b>      |
| Arena Gruesa Lavada | kg/m <sup>3</sup> | <b>455</b>      |
| Triturado 6-19      | kg/m <sup>3</sup> | <b>944</b>      |
| Agua                | kg/m <sup>3</sup> | <b>165</b>      |
| Aditivo             | %                 | <b>0,60</b>     |
| Densidad            | Kg/m <sup>3</sup> | <b>2369</b>     |

## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.b.- Curado Vapor

Tres etapas más enfriamiento:

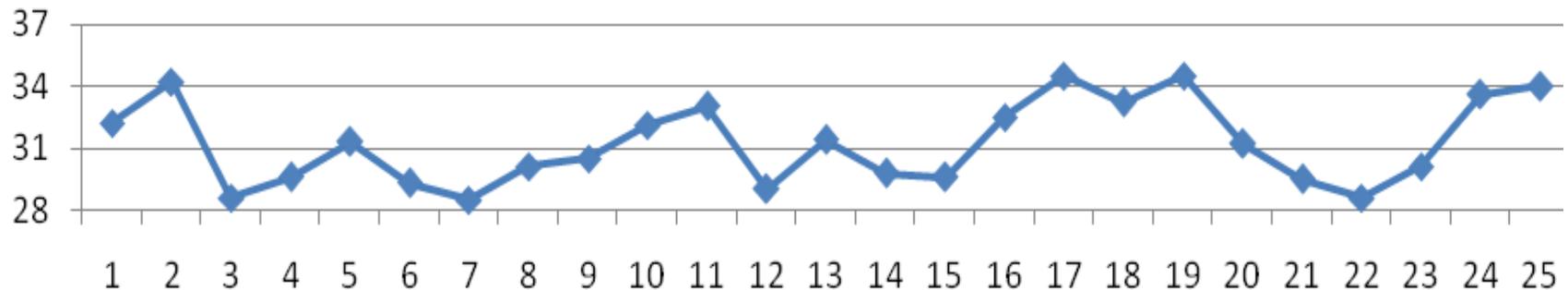
- 1.- Fre-fragüe: **una hora**, entre 25 y 30°C
- 2.- Calentamiento se realiza en **dos horas** con un gradiente de 15°C/h, 60° C
- 3.- Mantenimiento de la temp. a 60°C durante **tres horas**, sin superar los 70°C

Enfriamiento **una hora**

## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.c.- Control del desempeño en hormigón endurecido.

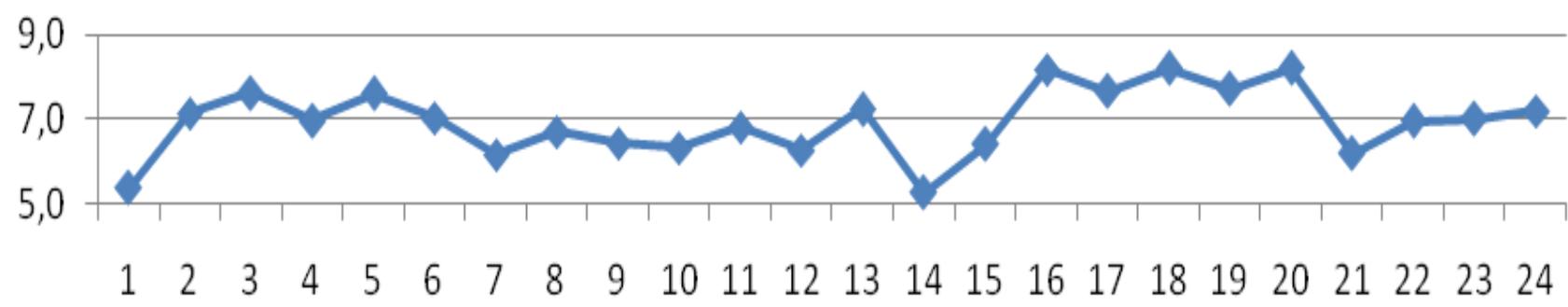
Resistencias al momento inicial. Transferencia del pretensado



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.c.- Control del desempeño en hormigón endurecido.

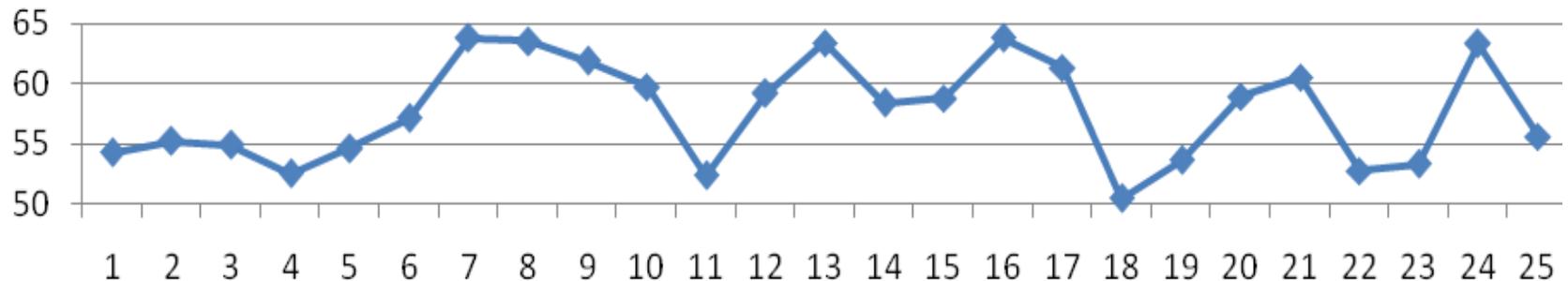
Resultados en MPa a 7 días de ensayos de tracción por flexión.



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.c.- Control del desempeño en hormigón endurecido.

Resultados en MPa a 28 días de ensayos de compresión.



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.d.-Proceso Productivo



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.d.-Proceso Productivo



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.d.-Proceso Productivo



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.d.-Proceso Productivo



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.d.-Proceso Productivo



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.d.-Proceso Productivo



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

### II.d.-Proceso Productivo



## ETAPA II. Materiales/ Producción del durmiente

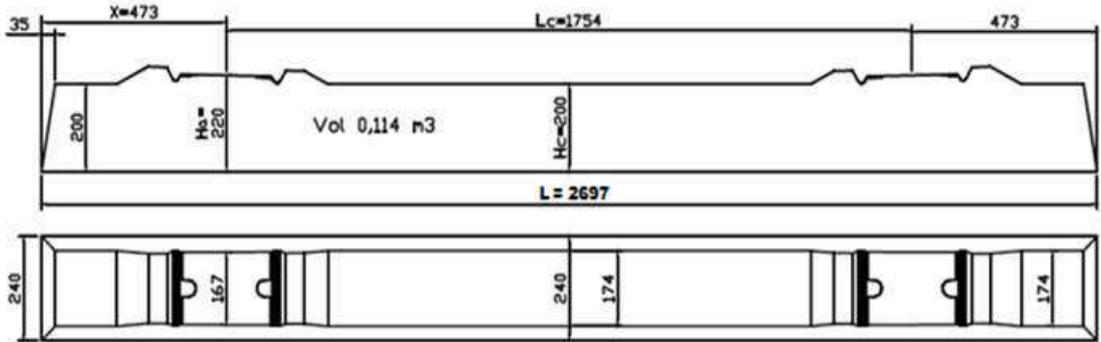
### II.d.-Proceso Productivo

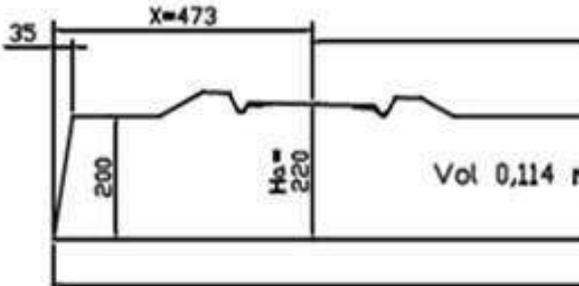
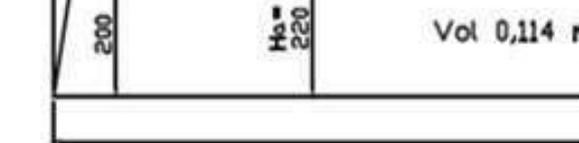


## ETAPA III: Ensayos y controles para la homologación realizados sobre durmientes a escala real.

### III.a.- Ensayos sobre el durmiente.

| ENSAYO  | Cantidad | Momento de Diseño* | Carga de Ensayo** |
|---|----------|--------------------|-------------------|
| Momento positivo en el apoyo del riel                   | 6        | 14,47 kN.m         | 112,1 kN          |
| Momento negativo en el apoyo del riel                   | 4        | 10,13 kN.m         | 84,7 kN           |
| Momento positivo en el centro del durmiente             | 5        | 11,45 kN.m         | 28,6 kN           |
| Momento negativo en el centro del durmiente             | 5        | 16,35 kN.m         | 40,8 kN           |
| Dinámico y de fatiga                                    | 1        |                    | 17,8 kN           |
| Adherencia y carga final                                | 1        |                    | 168,1 kN          |
| Resistencia del inserto de la fijación al arrancamiento | 2        |                    | 53,4 kN           |
| Resistencia del inserto al Torque                       | 2        |                    | 339 TN.m          |

| Parámetro   | Tolerancia*            |
|---|------------------------|
| Peso  | $\pm 1,5 \%$           |
| Longitud  | $\pm 6 \text{ mm}$     |
| Ancho en el apoyo del riel  | $\pm 3 \text{ mm}$     |
| Altura en el centro del durmiente   | $+6/-3 \text{ mm}$     |
| Inclinación   | 1:35/1:45              |
| Distancia entre los hombros externos  | $\pm 1,5 \text{ mm}$   |
| Distancia entre los hombros internos  | $+1,5/-0,5 \text{ mm}$ |
| Angulo entre el hombro y el apoyo del riel  | $\pm 1^\circ$          |
|  | $\pm 0,5 \text{ mm}$   |
|   | $\pm 1,5^\circ$        |
|   | $\pm 1,5^\circ$        |
|   | $+1/-0,5 \text{ mm}$   |
|   | $\pm 1\%$              |
|   | $\pm 1 \text{ mm}$     |

| Parámetro   | Tolerancia*          |
|---|----------------------|
|  | $\pm 1,5 \%$         |
|   | $\pm 6 \text{ mm}$   |
|  | $\pm 3 \text{ mm}$   |
|   | +6/-3 mm             |
| pendiente   | 1:35/1:45            |
| ros externos  | $\pm 1,5 \text{ mm}$ |
| ros internos  | +1,5/-0,5 mm         |
| el apoyo del riel   | $\pm 1^\circ$        |
| Distancia entre la dovela y el hombro externo                                     | $\pm 0,5 \text{ mm}$ |
| Ángulo de dovela a lo largo del apoyo de riel                                     | $\pm 1,5^\circ$      |
| Ángulo de dovela perpendicular a apoyo de riel                                    | $\pm 1,5^\circ$      |
| Profundidad del hombro  | +1/-0,5 mm           |
| Torsión   | $\pm 1\%$            |
| Ancho de la vía (entre eje de rieles)   | $\pm 1 \text{ mm}$   |

## ETAPA III: Ensayos y controles para la homologación realizados sobre durmientes a escala real.

### III.a.- Ensayos sobre el durmiente.



## ETAPA III: Ensayos y controles para la homologación realizados sobre durmientes a escala real.

### III.a.- Ensayos sobre el durmiente.



## ETAPA III: Ensayos y controles para la homologación realizados sobre durmientes a escala real.

### III.a.- Ensayos sobre el durmiente.



## ETAPA III: Ensayos y controles para la homologación realizados sobre durmientes a escala real.

### III.a.- Ensayos sobre el durmiente. CRITERIO DE LA FALLA



## CONCLUSIONES

Es posible diseñar durmientes de hormigón bajo normativa internacional y especificaciones técnicas.

El proceso de homologación de durmientes de hormigón resulta complejo, sin embargo es necesario para asegurar una correcta producción en serie.

La producción de durmientes de hormigón demanda un riguroso control de calidad de: materia prima, procesos productivos y ensayos de aceptación.

Se **ENCUENTRA EN ADP** una normativa nacional (IRAM) que contempla el cálculo de sollicitaciones de diseño y ensayos de aceptación del producto.

**MUCHAS GRACIAS !!!**

