

# FICHA TÉCNICA

## Cementia

PROPIEDAD	VALOR*	UNIDAD	ENSAYO
Absorción	32	%	NTC 4373
Densidad	1,25	gr/cm <sup>2</sup>	NTC 4373
Contenido de humedad	10	%	NTC 4373
Movimientos higricos (T° constante a 25° C)			
Dilataciones con variación de humedad de 30% a 90% - Sentido fuerte	0,53	mm/m	ISO 8336
Dilataciones con variación de humedad de 30% a 90% - Sentido débil	0,41	mm/m	
Dilataciones con variación de humedad de 90% a 30% - Sentido fuerte	0,35	mm/m	
Dilataciones con variación de humedad de 90% a 30% - Sentido débil	0,35	mm/m	
Movimientos térmicos (Humedad constante a 30%)			
Con variación de 10° C a 40° C - Sentido fuerte	1,23	mm/m	ISO 8336
Con variación de 10° C a 40° C - Sentido débil	0,12	mm/m	
Módulo de elasticidad (E)			
Seco - Sentido débil	6,044	MPa	ISO 8336
Seco - Sentido fuerte	7,902	MPa	
Saturado - Sentido débil	4,009	MPa	
Saturado - Sentido fuerte	5,769	MPa	
Resistencia a la flexión (MOR)			
Seco al ambiente - Sentido débil	8,0	MPa	NTC 4373
Seco al ambiente - Sentido fuerte	15,0	Mpa	
Saturado - Sentido débil	5,5	MPa	
Saturado - Sentido fuerte	9,5	MPa	
Conductividad térmica	0,263	W/mK	ASTM D1037
Resistencia a la tracción de clavo			
En húmedo	32	kg	ASTM D1037
En seco	64,7	kg	
Resistencia a la tracción			
Paralelo al plano, seco al aire - Sentido fuerte	5,18	MPa	ISO 8336
Paralelo al plano, seco al aire - Sentido débil	3,47	MPa	
Paralelo al plano, 95% humedad, - Sentido fuerte	4,37	MPa	
Paralelo al plano, 95% humedad, - Sentido débil	2,42	MPa	
Perpendicular al plano, seco al horno	0,68	MPa	
Resistencia al cortante			
Perpendicular al plano, seco al horno - Sentido fuerte	8,4	MPa	ISO 8336
Perpendicular al plano, seco al horno - Sentido débil	5,3	MPa	
Paralelo al plano, seco al horno - Sentido fuerte	1,57	MPa	
Paralelo al plano, seco al horno - Sentido débil	1,53	MPa	
Resistencia al impacto (Charpy)			
Seco al horno, Sentido fuerte	1,7	MPa	ISO 8336
Seco al horno, Sentido débil	1,25	MPa	
Índice de expansión de llama	0	MPa	ASTM E84
Índice de propagación de humo	0	MPa	

\* VALORES PROMEDIO

MPa = MEGAPASCALES KJ = KILOJULIOS W = VATIOS K = GRADOS KELVIN





# FICHA TÉCNICA

## Cementia

Nota: la norma NTC 4373 tiene como referencia la norma ISO 8336.

Según la norma NTC 4373, en cuanto a la resistencia a la flexión (módulo de rotura), las placas Cementia se clasifican en categoría 3.

Las placas Cementia Durlock® pueden prestar cambios de tonalidad en su apariencia normales entre lotes de producción.

Tolerancias: según la norma “NTC 4373 Ingeniería Civil y Arquitectura, Placas planas de cemento”. Además la gama Cementia ofrece placas rectificadas dimensionalmente.

Dependiendo de cada proyecto y la especificación de la placa a utilizar, las tolerancias dimensionales y de terminación varían, como se indica en la descripción de cada tipo de placa a continuación.

### En longitud y ancho (l)

$L < 1000 \text{ mm}$ :  $\pm 5 \text{ mm}$

$1000 \text{ mm} < l < 1600 \text{ mm}$ :  $\pm 0.5\%$

$l > 1600 \text{ mm}$ :  $\pm 8 \text{ mm}$

### En espesor:

$> 6 \text{ mm}$ :  $\pm 10\%$



# FICHA TÉCNICA

## BARRERA DE AGUA Y VIENTO DURLOCK®

### Descripción:

Es una membrana flexible de polipropileno, constituida por una capa hilada de polipropileno unida térmicamente con un film microporoso de polipropileno. Cumple 2 funciones, desde el exterior evita el paso del agua y el aire, y desde el interior permite respirar al muro dejando el paso del vapor hacia el exterior.

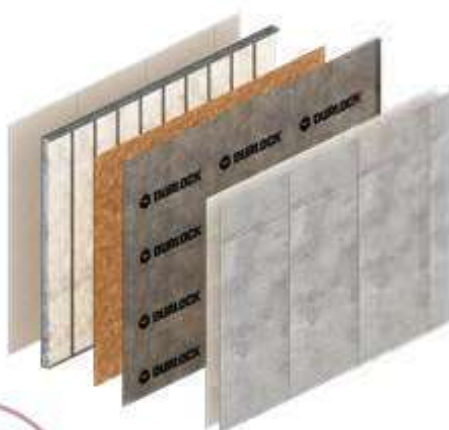
### Características principales:

- ✓ Impermeable al agua y el viento.
- ✓ Permeabilidad al vapor.
- ✓ Alta resistencia mecánica.
- ✓ Gran durabilidad.
- ✓ Instalación sencilla.
- ✓ Reciclable.
- ✓ Livianidad.
- ✓ No es atacado por insectos ni roedores.
- ✓ No se torna quebradizo una vez protegido de los rayos UV.



### Aplicación:

Se aplica para construcción de muros verticales y techos no transitables, pudiendo instalarse directamente sobre el aislante térmico. La barrera debe ser continua envolviendo toda la superficie del cerramiento exterior. Se puede utilizar en distintos tipos de construcciones en Seco tales como Steel Frame, Metal Frame, Ballon Frame, etc.

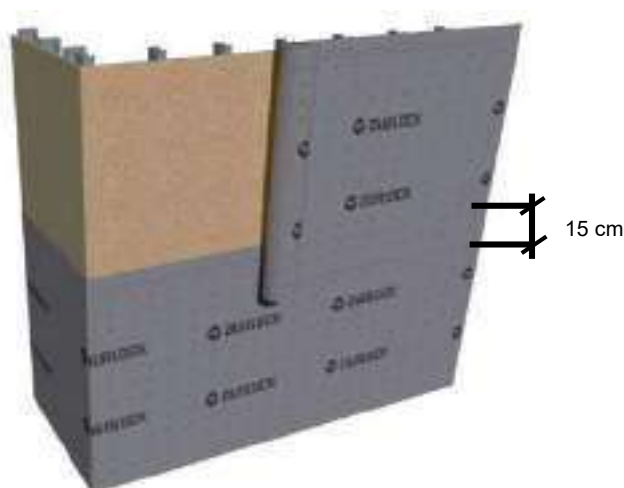


Nota: Este producto no contiene ninguna sustancia peligrosa

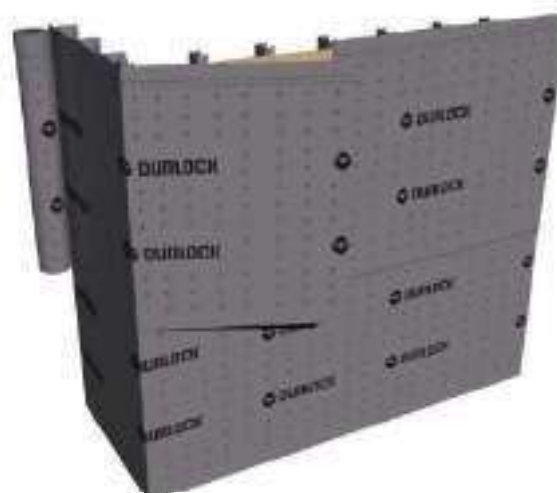
# FICHA TÉCNICA

## BARRERA DE AGUA Y VIENTO DURLOCK®

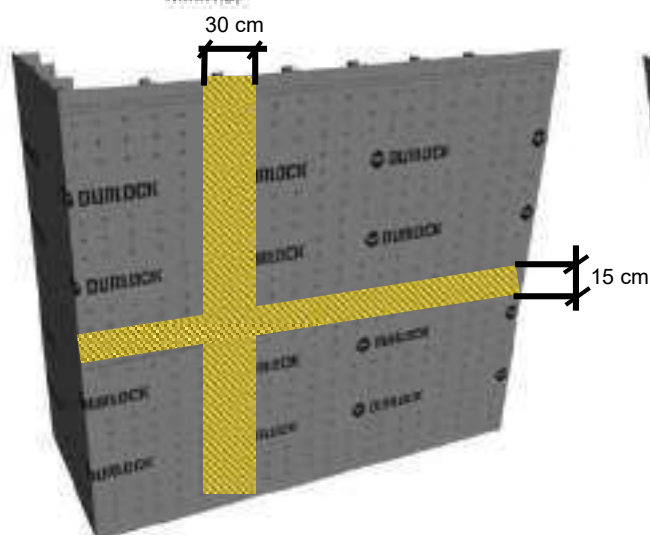
Guía de instalación sobre Estructura de Construcción en seco/Drywall paso a paso



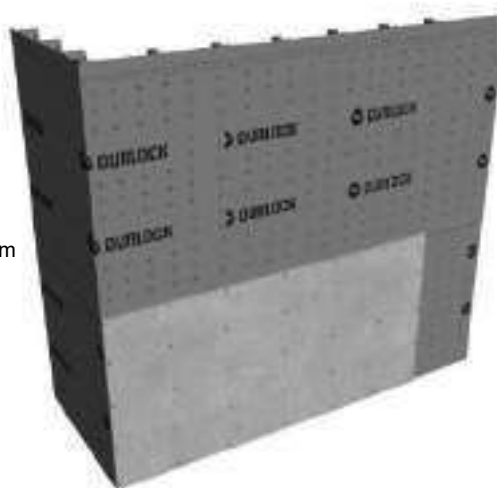
- 1** Sobre la placa de rigidización, coloque en sentido horizontal el rollo de barrera Hidrofuga, comenzando de abajo hacia arriba. El primer rollo se coloca fijando con grampas industriales. Generar un solape horizontal (sobre posición) entre la inferior y la superior de 15 cm como mínimo.



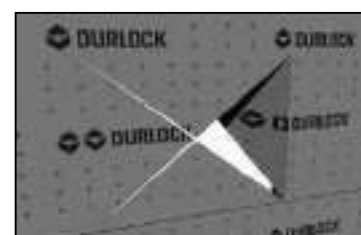
- 2** Considerar que los rollos tienen un alto de 1,5 mts y que su solape es fundamental en su eficiencia en el tiempo. Evitar trozos pequeños y evitar dejar lugares desprotegidos.



- 3** Para unir los rollos en sentido horizontal debe solaparlos 15 cm en esa dirección y 30 cm en forma vertical. El solape debe ser continuo sin interrupciones (sin necesidad de encintado).



- 4** Una vez terminada la instalación de la barrera Durlock a continuación se procede a instalar las placas o revestimiento.



- 5** En aberturas, se debe cortar en cruz y plegar hacia dentro, clavando o engrampando las 4 partes.

- En el caso de instalar la membrana sobre mampostería, la misma debe ser instalada con fijación mecánica directa a baja velocidad. En cambio si la instalación es sobre perfiles (tipo omega o montasol) se deberá fijar con cinta adhesiva.
- Nota: Considerar que la fijación que se utiliza para la barrera de humedad es un sistema de sujeción temporal. Las imágenes son a modo ilustrativo.







# FICHA TÉCNICA

## BARRERA DE AGUA Y VIENTO DURLOCK®

### Tabla de propiedades:

Características	Norma	Unidades	Valor nominal	Tolerancia	
				Mínima	Máxima

#### Sección informativa:

Longitud	EN-1846-2	[m]	20	-	-
Ancho	EN-1846-2	[m]	1,5	-0,0075	+0,0225
Rectitud	EN-1846-2	-	Conforme	-	-
Masa por unidad de área	EN-1849-2	[g/m²]	90	-7	+10
Defectos visibles	EN-1850-2	-	Sin defectos visibles		

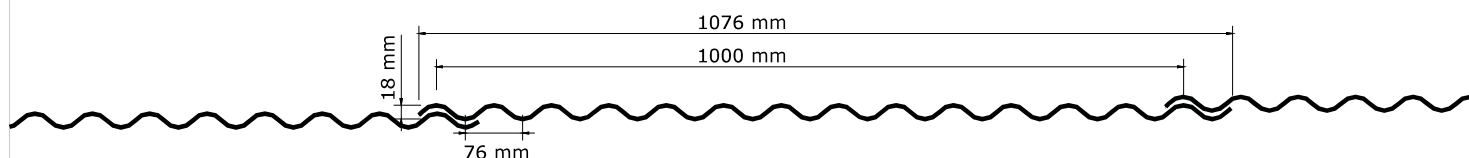
#### Parte normativa

Reacción al fuego	EN 13501-1 EN 11925-2	[Clase]	E*	-	-
Resistencia a la penetración del agua	EN 1928 EN 13111	[Clase]	W2	-	-
Propiedades de la transmisión de vapor de agua (Sd)	EN 12572 EN 1931	[m]	0,02	-0,01	+0,015
Propiedades de tensión: Máxima fuerza de tensión MD /CMD	EN 12311-2 EN 13859-2	[N/50mm]	170 / 125	-20 / -20	+20 / +20
Propiedades de tensión: Elongación MD /CMD	EN 12311-2 EN 13859-2	[%]	45 / 80	-15 / -20	+25 / +30
Resistencia al desgarro MD/CMD	EN 12310-2 EN 13859-2	[N]	90 / 100	-20 / -20	+20 / +20
Estabilidad dimensional	EN 1107-2	[%]	<2	-	-
Flexibilidad a baja temperatura	EN 1109 EN 495-5	[°C]	-20	-	-
Resistencia a la penetración de aire	EN 12114 EN 13859-2	[m³/m².h.50Pa]	<0,8	-	-
Cambio de propiedades después de envejecimiento artificial					
Resistencia a la penetración de agua	EN 1297	[clase]	W2	-	-
Máxima fuerza de tensión MD/CMD	EN 1296	[%]	<20	-	-
Elongación MD/CMD	EN 13859-2	[%]	<40	-	-

Notas: MD: Dirección de máquina; CMD: Dirección transversal de máquina; \* Con alante detrás.

Los datos incluidos en la presente documentación técnica son indicativos. Los mismos surgen de experiencias en obra, ensayos en condiciones de laboratorio e información provista por terceros, debiéndose en cada caso en particular evaluar las condiciones de la obra en la que serán empleados.

DURLOCK S.A. mantiene la facultad exclusiva de ejercer la modificación, el cambio, la mejora y/o anulación de materiales, productos, especificaciones y/o diseños sin previo aviso, en nuestra búsqueda constante por brindarle al profesional el permanente liderazgo en nuestros sistemas.



La fijación de las chapas BC 18 se realiza mediante ganchos, tornillos o clavos.

La ubicación de los mismos depende del uso:  
 en cubiertas el anclaje irá en la cresta, en fachadas el anclaje puede colocarse en el valle.

El perfil BC18 puede utilizarse con variados sistemas estructurales: reticulados, perfiles normales, perfiles de chapa doblada, madera, etc.



.ancho útil (aproximado)  
1 m

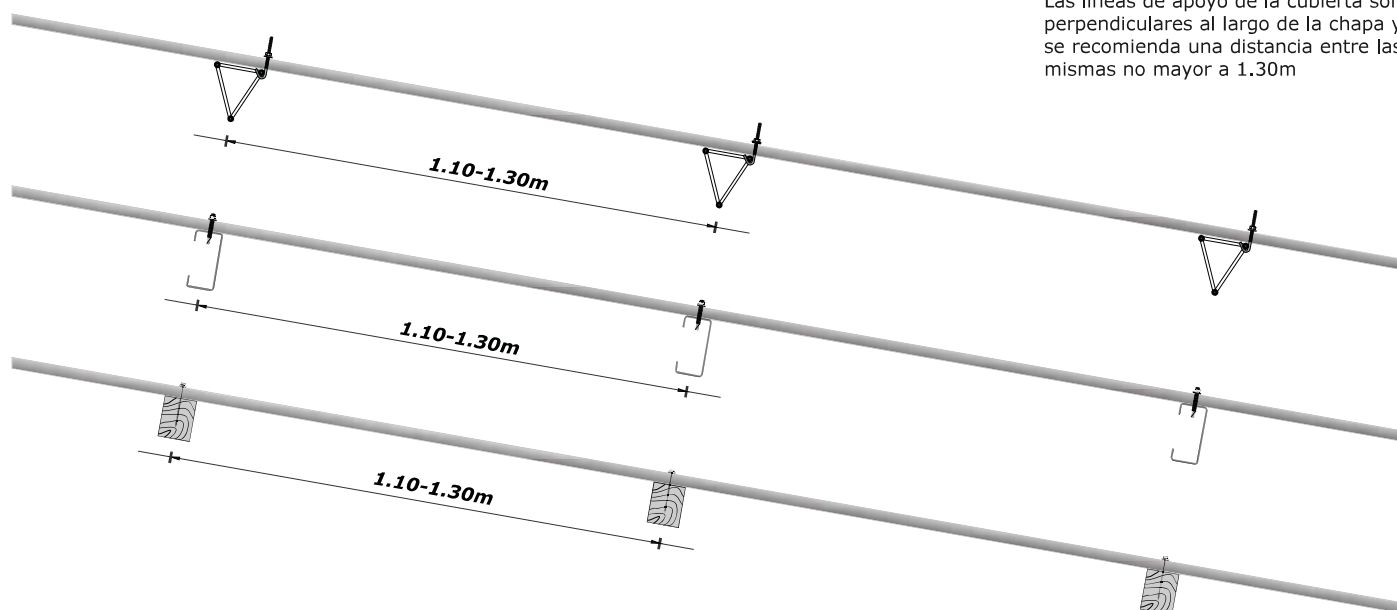
.espesores estándar 0.30mm  
0.41mm  
0.50mm  
0.70mm

.distancia entre apoyos  
1.10-1.30m

.pendiente mínima  
15%

.terminaciones  
galvanizada  
aluzinc  
prepintada

.radio mínimo de curvatura  
2.00m



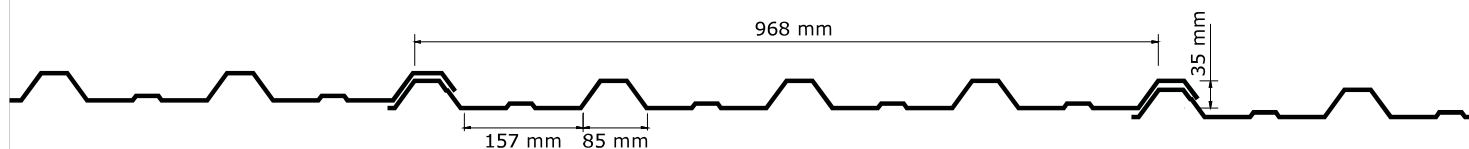
Las líneas de apoyo de la cubierta son perpendiculares al largo de la chapa y se recomienda una distancia entre las mismas no mayor a 1.30m

En el sentido transversal las chapas deben fijarse en sus extremos (solapes laterales) y en dos ondas interiores.



**Nota 1:** La información técnica proporcionada es sólo a título orientativo. Se recomienda en **todos** los casos consultar al Departamento Técnico sobre las condiciones particulares de cada obra para la correcta utilización de los perfiles autoportantes.

**Nota 2:** Las dimensiones en los esquemas son aproximadas, ya que debido a las variaciones de resistencias del material y otros elementos influyentes en el proceso, dan como resultado pequeñas variaciones en las dimensiones.



La fijación de las chapas BC 35 se realiza mediante ganchos, tornillos o clavos.

La ubicación de los mismos depende del uso:  
en cubiertas el anclaje irá en la cresta, en fachadas el anclaje puede colocarse en el valle.

El perfil BC35 puede utilizarse con variados sistemas estructurales: reticulados, perfiles normales, perfiles de chapa doblada, madera, etc.



.ancho útil (aproximado)  
0.97 m

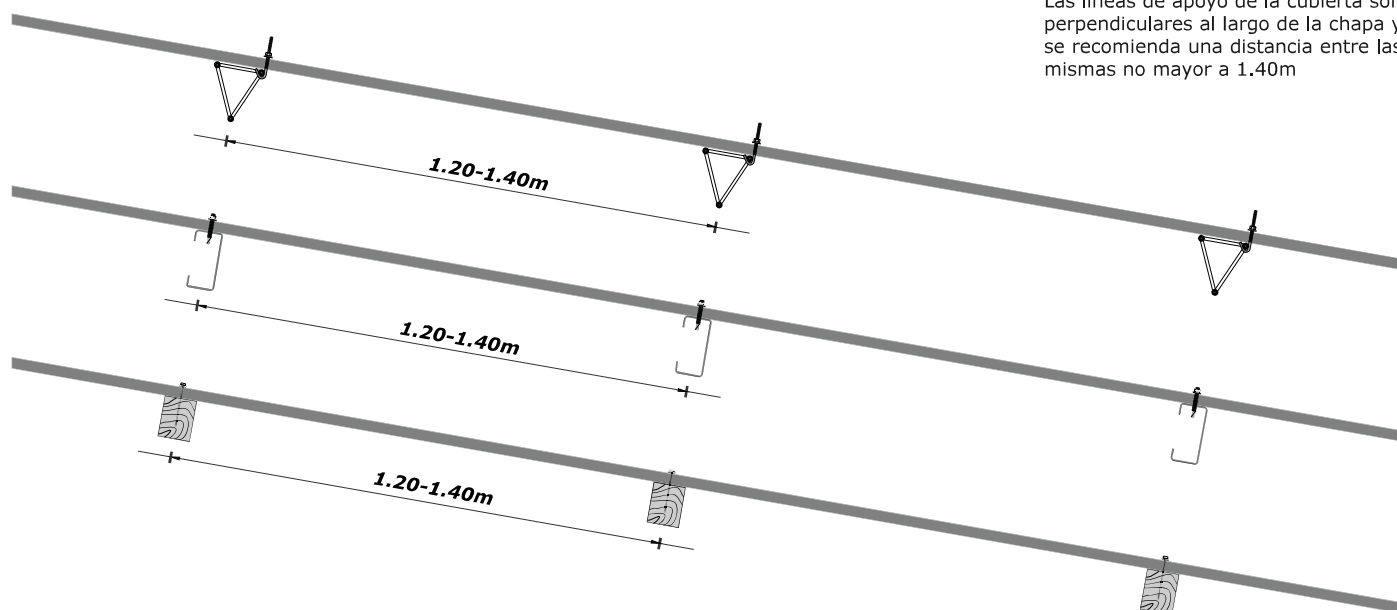
.espesores estándar  
0.30mm  
0.41mm  
0.50mm  
0.70mm

.distancia entre apoyos  
1.20-1.40m

.pendiente mínima  
10%

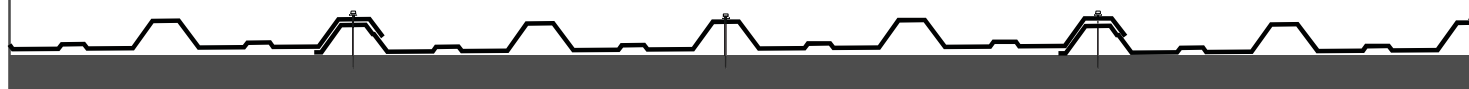
.terminaciones  
galvanizada  
aluzinc  
prepintada

.radio mínimo de curvatura (mediante pliegues transversales)  
0.50m

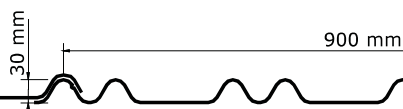


Las líneas de apoyo de la cubierta son perpendiculares al largo de la chapa y se recomienda una distancia entre las mismas no mayor a 1.40m

En el sentido transversal las chapas deben fijarse en sus extremos (solapes laterales) y en una cresta interior



**Nota 1:** La información técnica proporcionada es sólo a título orientativo. Se recomienda en **todos** los casos consultar al Departamento Técnico sobre las condiciones particulares de cada obra para la correcta utilización de los perfiles autoportantes.  
**Nota 2:** Las dimensiones en los esquemas son aproximadas, ya que debido a las variaciones de resistencias del material y otros elementos influyentes en el proceso, dan como resultado pequeñas variaciones en las dimensiones.



Becam sigue innovando y presenta un perfil único en el mercado. La Bc30, ofrece la combinación justa entre una estética atractiva y beneficios en los requerimientos estructurales del resto de las chapas convencionales.

Las fijaciones de la Chapa BC30 se realiza mediante ganchos o clavos.

Este perfil puede utilizarse con variados sistemas estructurales: reticulados, perfiles normales, perfiles de chapa doblada, madera, etc.



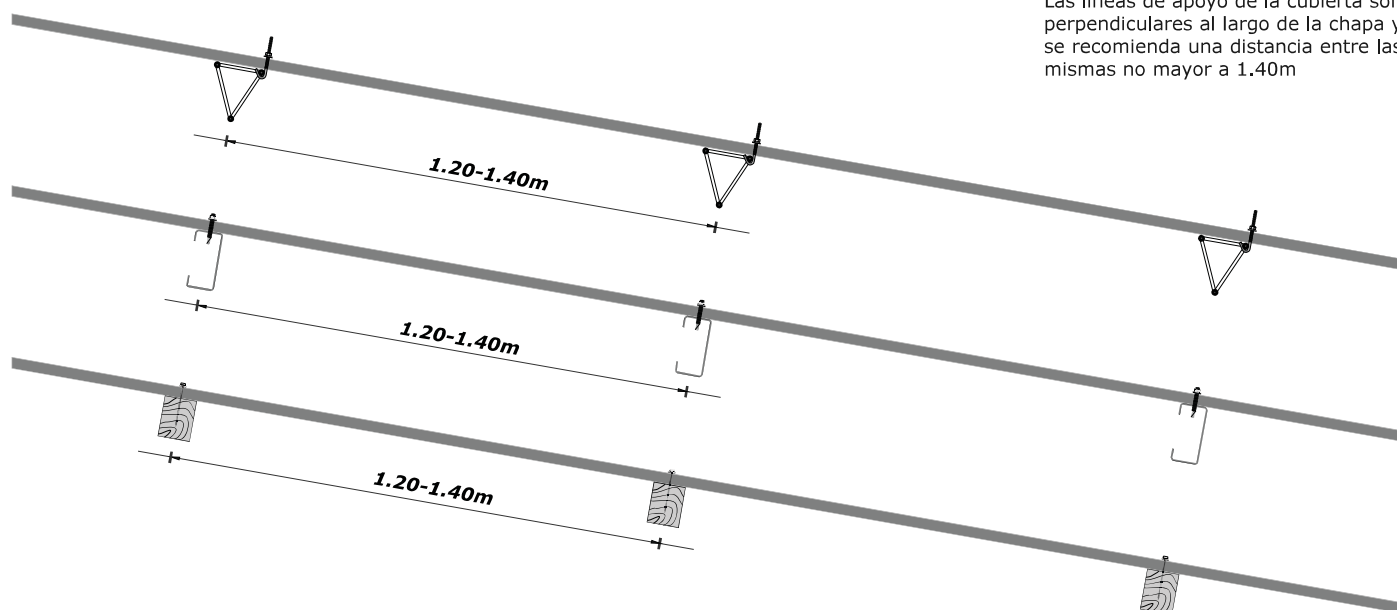
.ancho útil (aproximado)  
0.90 m

.espesores 0.41mm  
0.50mm

.distancia entre apoyos  
1.20 - 1.40m

.pendiente mínima  
15%

.terminaciones  
pre pintada  
galvanizada  
aluzinc



Las líneas de apoyo de la cubierta son perpendiculares al largo de la chapa y se recomienda una distancia entre las mismas no mayor a 1.40m

En el sentido transversal las chapas deben fijarse en sus extremos (solapes laterales) y en una de las ondas interiores.



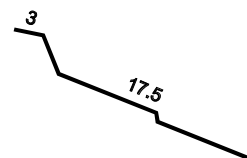
**Nota 1:** La información técnica proporcionada es sólo a título orientativo. Se recomienda en **todos** los casos consultar al Departamento Técnico sobre las condiciones particulares de cada obra para la correcta utilización de los perfiles autoportantes.  
**Nota 2:** Las dimensiones en los esquemas son aproximadas, ya que debido a las variaciones de resistencias del material y otros elementos influyentes en el proceso, dan como resultado pequeñas variaciones en las dimensiones.





## BABETA LISA CONTINUA - LARGOS A MEDIDA

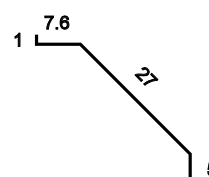
**El producto:** babetas fabricadas en largos a medida, minimiza de forma considerable el riesgo de filtraciones. Su uso es genérico, se utiliza tanto como babetas laterales o de apoyo superior y es el complemento ideal para sus techos **BC18 (acanalados)**, **BC35 (trapezoidales)** y **Chapateja**.



Desarrollo: 0,24m  
Largo: **A medida**  
solape recomendado: 0,20m

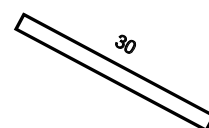
### BABETA LISA CON CRESTA BC35

Desarrollo: 0,406m  
Largo: 0,97m útil



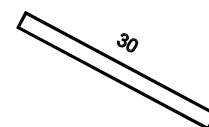
### BABETA PERFILADA BC35

Desarrollo: 0,30m  
Largo: 0,97m útil



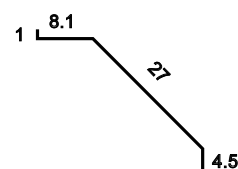
### BABETA PERFILADA BC18

Desarrollo: 0,30m  
Largo: 1,00m útil



### BABETA LISA CON CRESTA BC30

Desarrollo: 0,406m  
Largo: 0,90m útil

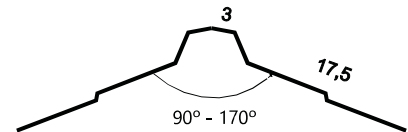


**No se debe utilizar mezcla debido a que la cal afecta seriamente el galvanizado.**

**Nota 1:** La información técnica proporcionada es sólo a título orientativo. Se recomienda en **todos** los casos consultar al Departamento Técnico sobre las condiciones particulares de cada obra para la correcta utilización de los perfiles autoportantes.  
**Nota 2:** Las dimensiones en los esquemas son aproximadas, ya que debido a las variaciones de resistencias del material y otros elementos influyentes en el proceso, dan como resultado pequeñas variaciones en las dimensiones.

## CUMBRERA LISA CONTINUA - LARGOS A MEDIDA

**El producto:** Cumbre fabricada en largos a medida por lo que minimiza enormemente el riesgo de filtraciones. Es una pieza muy versátil de ángulo variable Su uso es genérico siendo el complemento ideal para sus techos **BC18 (acanalados), BC35 (trapezoidales) y Chapateja.**

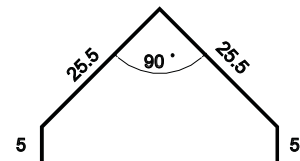


Desarrollo: 0.60m  
Largo: **A medida**  
solape recomendado: 0.20m

### CUMBRERAS DE LARGOS ESTANDAR

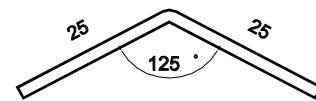
#### CUMBRERA LISA CON CRESTA BC35

Desarrollo: 0.61m  
Largo: 0.97m útil  
Ángulo estándar: 90°



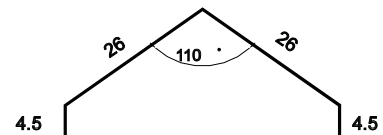
#### CUMBRERA PERFILADA BC18

Desarrollo: 0.50m  
Largo: 1.00m útil  
Ángulo estándar: 125°



#### CUMBRERA LISA CON CRESTA BC30

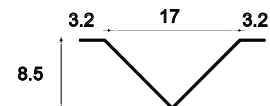
Desarrollo: 0.61m  
Largo: 0.90m útil  
Ángulo estándar: 110°



### LIMAHOYA / LIMATESA

#### L I M A H O Y A

Desarrollo: 0.305m  
Largo: 3.00m  
solape recomendado: 0.20m



#### L I M A T E S A

Desarrollo: 0.406m  
Largo: 3.00m  
solape recomendado: 0.20m

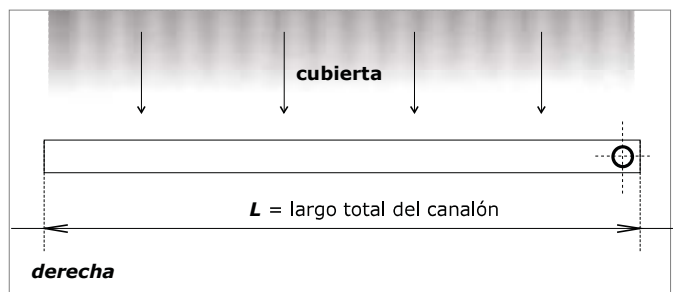
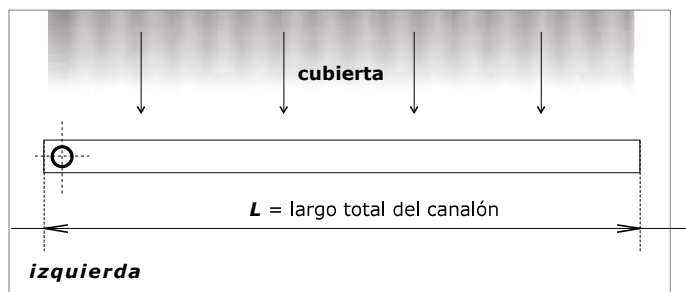
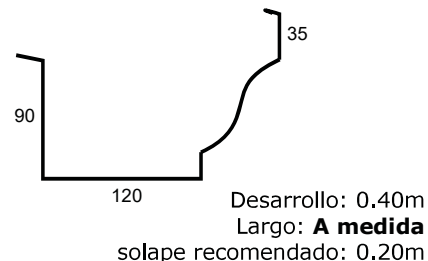


**Nota 1:** La información técnica proporcionada es sólo a título orientativo. Se recomienda en **todos** los casos consultar al Departamento Técnico sobre las condiciones particulares de cada obra para la correcta utilización de los perfiles autoportantes.

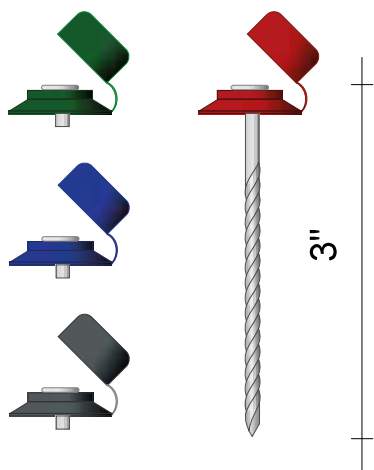
**Nota 2:** Las dimensiones en los esquemas son aproximadas, ya que debido a las variaciones de resistencias del material y otros elementos influyentes en el proceso, dan como resultado pequeñas variaciones en las dimensiones.

## CANALÓN LISO CONTINUO - LARGOS A MEDIDA

**El producto:** Canalón fabricado en largos a medida, reduce las uniones y por ende las perdidas y goteos. Con esta pieza, Becam vuelve a ser pionero y ofrece a sus clientes la posibilidad de obtener un producto moderno, tanto en sus características constructivas como en su diseño

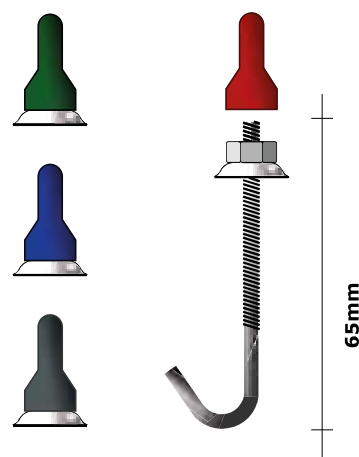


## ACCESORIOS / FIJACIONES CON CAPUCHÓN DEL COLOR DE LA CHAPA



Clavo Roscado

**Conjunto: Clavo, arandela de goma y capuchón**  
Long. rosca: 50mm  
Acabado superficial: electrogalvanizado



Gancho "J"

**Conjunto: Gancho, tuerca, arandela de goma, arandela de metal y capuchón**  
Rosca: 1/4" UNC  
Long. rosca: 40mm  
Acabado superficial: electrogalvanizado

## Las Lanas Minerales en la edificación



**ISOVER**  
Construimos tu Futuro



- Introducción
- Propiedades lanas minerales
- Aislamiento térmico
- Aislamiento acústico
- Protección contra el fuego
- Fabricación
- Logística
- Sostenibilidad
- Salubridad
- Resumen



## Introducción

Los cinco objetivos no visibles en el diseño de un edificio, algo cada vez más sensible al usuario, son:

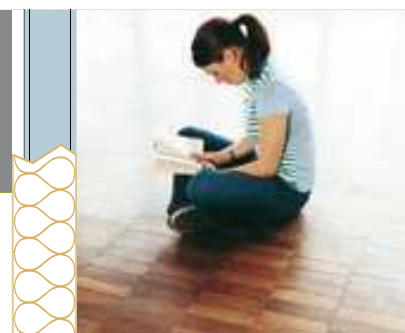
- **Consumir la menor energía posible** • **Ser saludable** • **Ser seguro** • **Ser duradero**
- **Proporcionar confort (térmico y acústico).**

Las lanas minerales son materiales aislantes constituidos por un entrelazado multidireccional de fibras obtenidas en proceso de fusión de minerales inorgánicos, formando una estructura flexible y abierta, que contiene solo aire inmóvil en su interior. Todo ello otorga a estos materiales constructivos alta calidad en sus prestaciones térmicas, acústicas y comportamiento frente al fuego asociadas a las diferentes soluciones constructivas que actualmente está pidiendo el mercado de la edificación.

Existen dos tipos de lanas minerales —lana de vidrio y lana de roca—, siendo Isover líder mundial en su fabricación y comercialización.

3

## Propiedades



Las propiedades fundamentales de las lanas minerales, *lana de vidrio* y *lana de roca*, son:

- **Ahorrar energía:** Mediante aislamiento térmico, gracias al aire inmóvil en su interior, que dificulta el flujo de calor a través del material.
- **Proporcionan confort:** La estructura multidireccional facilita la transformación de energía acústica en otro tipo de energía. Esta elasticidad hace de las lanas minerales productos idóneos para conseguir los niveles de confort requeridos en cada aplicación.

- **Seguros:** Por su carácter inorgánico, no arden, ni producen humos, manteniendo su capacidad de aislamiento térmico incluso a altas temperaturas.

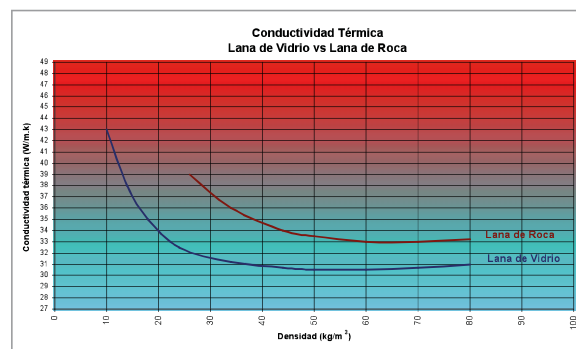
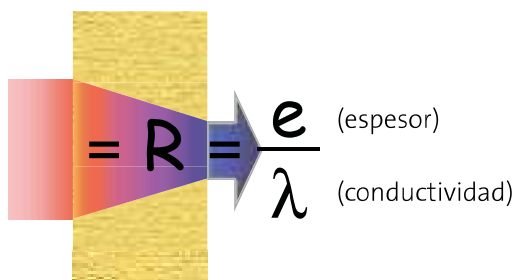
Estas propiedades los hacen productos idóneos para cumplir con los distintos requerimientos del CTE.

Los distintos avances tecnológicos y de desarrollo de productos hacen que Isover ofrezca el mejor asesoramiento para la elección del material más adecuado en cada solución constructiva, dentro de cada aplicación.





## Aislamiento térmico



- Mejor aislamiento cuanto mayor es la resistencia.
- Dentro de las aplicaciones de la edificación, las posibles soluciones para cumplir los requerimientos de aislamiento térmico del CTE (DB-HE1), son más numerosas y más sencillas con lana de vidrio que con lana de roca.
- Un producto de lana de vidrio de 17 kg/m³ en igualdad de espesor aísla más que un producto de lana de roca de 30 kg/m³.
- La ligereza de la lana de vidrio aportará soluciones más sostenibles para cumplir las exigencias del CTE. Lo que nos permitirá ahorrar energía, tanto en el proceso de fabricación como durante la vida del edificio.

5

## Aislamiento acústico

Un material de alta densidad no mejora el comportamiento acústico de la solución pudiendo empeorar dicha aplicación si es excesivamente rígido.

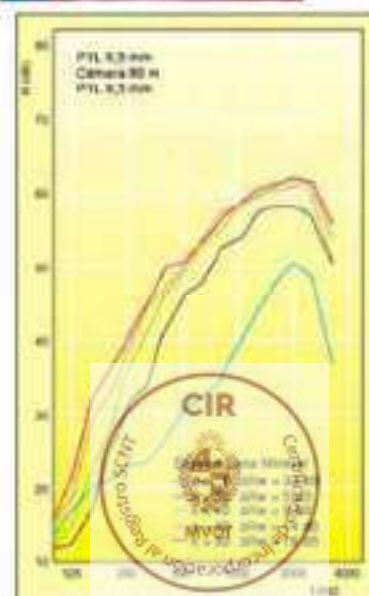
El aislamiento acústico de una solución constructiva dependerá directamente del:

- Mayor espesor de aislamiento.
- Mayor separación entre las hojas.

Isover diseña y colabora en soluciones constructivas, no diseña única y exclusivamente materiales, sino que desarrolla el producto absorbente adecuado dentro de las diferentes soluciones constructivas.

Para el cumplimiento de los valores mínimos de aislamiento acústico del CTE (DB-HR). Existe una mayor gama de productos de lana de vidrio, dentro de la edificación.

La manipulación de los productos ligeros mejorarán el rendimiento en obra para conseguir los mismos resultados dentro de una misma solución constructiva.





## Protección contra el fuego

Las lanas minerales por su naturaleza son materiales incombustibles.

Las lanas minerales sin revestimiento son:

- A1 o A2 (no combustibles).
- $s_1$  no emiten humos.
- $d_0$  no desprenden gotas incandescentes.



7

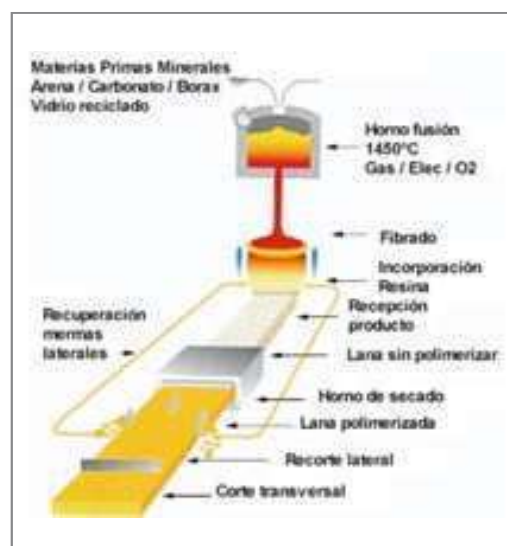
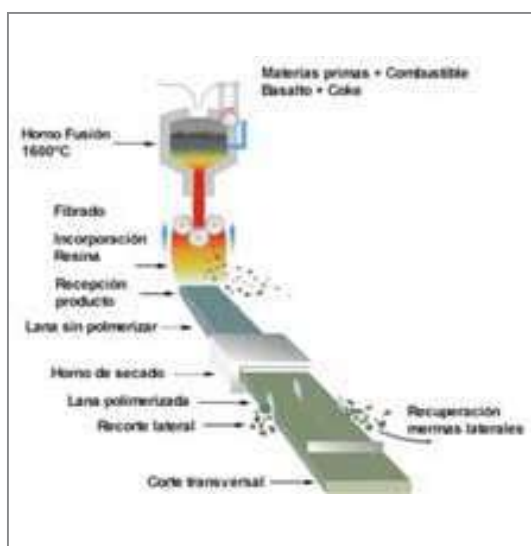


## Fabricación

### Lana de Vidrio



### Lana de Roca



179



## Fabricación

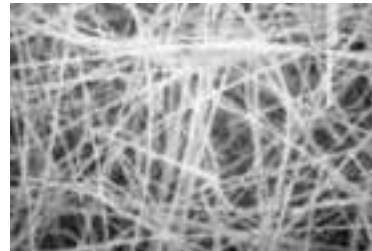
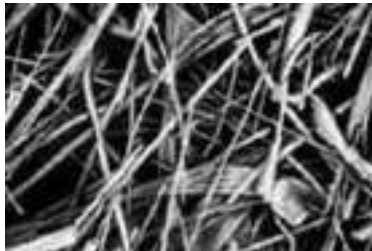
Los productos aislantes están constituidos por un entrelazado de filamentos de materiales pétreos que mantienen aire inmóvil en su interior.

– **Lana de vidrio:** el 100% del vidrio que se funde se transforma en filamentos.

– **Lana de roca:** más de un 5% del vidrio fundido queda como infibrado.

– **A igualdad de densidad la lana de vidrio es más aislante (menor conductividad) que la lana de roca.**

Lana de Roca



Lana de Vidrio

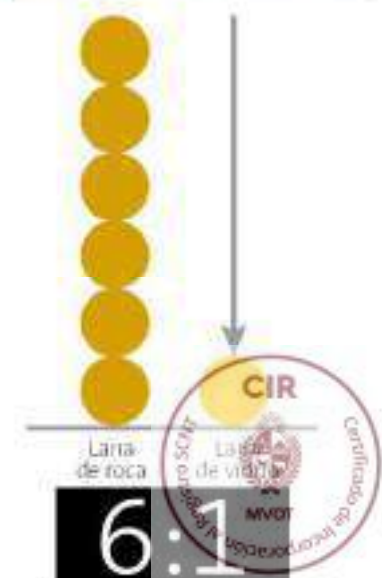
9

## Logística

El grado de compresibilidad de un material aislante nos condicionará de forma muy importante la logística para estos productos.

La lana de vidrio es más elástica y mucho más compresible que la lana de roca la cual hará ahorrar en transporte como en gastos de almacenaje.

La diferencia de compresibilidad puede ser de 5 veces superior.







## Sostenibilidad

La utilización de lana mineral, nos permitirá reducir los consumos de energía en nuestros edificios y reducir las emisiones de CO<sub>2</sub>.

### Beneficios de su utilización

**El aislamiento con 1 metro cuadrado de lana de vidrio (e = 45 mm) permite ahorrar:**

- 170 veces la energía consumida en su fabricación
- 160 veces el CO<sub>2</sub> equivalente emitido durante su fabricación

**El aislamiento con 1 metro cuadrado de lana de roca (e = 45 mm) permite ahorrar:**

- 100 veces la energía consumida en su fabricación
- 70 veces el CO<sub>2</sub> equivalente emitido durante su fabricación



11



## Ciclo de Vida de las Lanas de Vidrio

### Materias primas

Básicamente arenas y más del 75% de vidrio reciclado.



Con 1 m<sup>3</sup> de materia prima se producen 150 m<sup>3</sup> de producto final.

1 : 150 m<sup>3</sup>

### Utilización

1 tonelada de lana de vidrio instalada reduce 6 toneladas de emisiones de CO<sub>2</sub> por año, cumpliendo las actuales normativas en la edificación.



### Instalación

Las lanas minerales son seguras y fácil de instalar.



### Reutilización y reciclaje

Las lanas minerales son productos de origen mineral y están libres de pesticidas y contaminantes químicos, son químicamente neutras e incombustibles.



181

## Salubridad

Todas las lanas minerales que fabricamos, disponen del Certificado EUCEB. Esto significa que:

- Las lanas minerales aislantes amparadas por el certificado de referencia, se consideran “materiales no peligrosos desde el punto de vista de la salud”, pues cumplen las condiciones físico-químicas de biosolubilidad establecidas en la Directiva 97/69/CEE, traspuesta al derecho español por O.M. de 10 de Septiembre de 1998. En este sentido, se deben considerar como productos sin riesgo en su utilización. Esto significa que no tienen ningún carácter cancerígeno.
- EUCEB (European Certification Board for Mineral Wool Products), es un organismo europeo independiente de certificación, que verifica el riguroso cumplimiento de dicha Directiva por parte de un fabricante de lana mineral aislante.
- Como garantía pública de esta certificación, todos los embalajes de las lanas minerales que fabricamos, llevan el distintivo EUCEB. El uso del distintivo “EUCEB” en el embalaje de un producto, garantiza al usuario su inocuidad.

13

## Resumen

Para aplicaciones en edificación la lana de vidrio tiene amplias ventajas sobre la lana de roca.

La lana de vidrio ofrece ventajas, tanto para el distribuidor como al instalador, debido a que al tratarse de un material más ligero y compresible permite una facilidad de manipulación, lo que mejorará los rendimientos, y un claro incremento en la capacidad de suministro en obras.

### Aplicaciones en edificación:

	Térmica	Acústica	Fuego	Comportamiento frente al agua	Salubridad	Manipulación y logística
<b>Lana de vidrio</b>						
<b>Lana de roca</b>						

■: Recomendado.





# Resumen

Térmica	Mayor resistencia → Mayor aislamiento
Acústica	Mayor espesor → Mayor aislamiento
Fuego	Incombustibles
Salubridad	Certificado EUCEB
Logística	La lana de vidrio es más elástica, lo que mejora su compresibilidad y manipulación

Lana de vidrio	Lana de roca
	

15

ISOVER

SG-C/06/DBP/2008/LW

9 0 1 3 3 2 2 1 1  
www.isover.net  
isover.es@saint-gobain.com

comunicación impresa, s.l. - Depósito legal: M-20236-2008

Saint-Gobain Cristalería, S.A.  
División Aislamiento - Isover  
Paseo de la Castellana, 77  
28046 Madrid





## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE MATERIALES

### 1. IDENTIFICACIÓN DEL PRODUCTO Y DE LA EMPRESA

**Nombre genérico del producto** : LANA DE VIDRIO

**Campo de utilización** : Aislación térmica y acústica para aislaciones en general

**Información del fabricante** : **Saint-Gobain Argentina S.A., División Isover**  
 Bouchard y Enz (1836) Tel.: 54 11 42 39 52 00  
 Lavallol, Pcia. de Buenos Aires Fax: 54 11 42 39 52 08  
 Email: cicat@saint-gobain.com

**Teléfonos para emergencias** : Centro de Intoxicaciones (las 24 hs) : 4658 7777  
 Hospital Nacional oftalmológico : 4582 1278

### 2. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

**Riesgos más importantes** : No hay ninguna declaración de peligros asociados a este producto

**Riesgos específicos** : No se aplica

### 3. COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN SOBRE LOS COMPONENTES

Sustancia	Nº C.A.S. (2)	Porcentaje en el producto (%)	Clasificación y etiquetado (Reglamento (CE) Nº 1272/2008)	Clasificación y etiquetado (Directiva europea 67/548/EEC) <sup>(4)</sup>
Vidrio <sup>(1)</sup>	65997-17-3	85 – 98%	No clasificado <sup>(3)</sup>	No clasificado
Aglomerante		00 – 15%	No clasificado	No clasificado

(1): Fibras de vidrio artificiales (silicato) con orientación aleatoria cuyo contenido ponderado de óxido alcalino y óxido de tierra alcalina (Na<sub>2</sub>O + K<sub>2</sub>O + CaO + MgO + BaO) sea superior al 18% en peso.

(2): C.A.S. : Servicio de Resúmenes Químicos (Chemical Abstract Service).

(3): Sin calificar H351 "sospechosos de causar cáncer". Las fibras de vidrio no se puede calificar cancerígenos según la nota Q de la Directiva 97/69/EEC y el Reglamento n° 1272/2008 (página 335 de la JOCE L353 de 31 de diciembre 2008)

(4): Para las sustancias clasificadas, de conformidad con el Reglamento (CE) Nº 1272/2008 durante el período comprendido entre su entrada en vigor hasta el 1 de diciembre de 2010, que la clasificación puede ser añadido en la hoja de datos de seguridad junto con la clasificación de conformidad con la Directiva 67/548/CEE. Del 1 de diciembre de 2010 hasta el 01 de junio 2015, las fichas de seguridad para las sustancias debe indicar la clasificación de acuerdo tanto la Directiva 67/548/CEE y el Reglamento (CE) no 1272/2008 (art. 57 del Reglamento (CE) 1272/2008, Official Journal L353, p. 27)

**Posibles materiales de revestimiento:** Papel Kraft, polipropileno, foil de aluminio, foil de aluminio con hilos de refuerzo, velo de vidrio, malla hexagonal de alambre galvanizado.



#### 4. MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

**Vías principales de entrada:** Inhalación, contacto con la piel y ojos.

- **Inhalación** : Retirar al individuo a una zona de aire libre. Inducir el estornudo para provocar la eliminación del polvo.
- **Contacto con la piel:** Lavar primero con abundante agua y luego con jabón y agua limitando las fricciones.
- **Contacto con los ojos:** No frote sus ojos. Límpielos bien con agua corriente durante al menos 15 minutos.
- **Ingestión** : Infrecuente. Beba mucha agua si se ingiere accidentalmente.

En caso de observar alguna reacción adversa deberá efectuar la consulta médica.

#### 5. MEDIDAS ANTI-INCENDIOS

**Medios de extinción adecuados:** La lana de vidrio es incombustible.  
Algunos materiales de envasado o los revestimientos pueden ser combustibles.

**Medios de extinción adecuados:** agua, espuma y el polvo seco.

#### 6. MEDIDAS EN CASO DE LIBERACIÓN ACCIDENTAL

- Precauciones individuales** : Ver sección 8.
- Precauciones para la protección del medio ambiente** : No aplicable
- Método de limpieza** : Aspiración o métodos húmedos.

#### 7. MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

##### Manipulación

- **Medidas técnicas** : ninguna medida específica.
- **Precauciones** : Ver sección 8.
- **Advertencia para la manipulación segura** : Evitar la manipulación innecesaria del producto sin envasar. Vea sección 8

##### Almacenamiento

- **Medidas técnicas** : Ninguna en particular.
- **Condiciones convenientes de almacenamiento** : al resguardo de la intemperie y en lugar seco.
- **Incompatibilidad con otros materiales** : Ninguna
- **Material de embalaje** : El almacenamiento debe efectuarse en embalaje de origen. Evitar los manejos abusivos.



**8. CONTROL DE LA EXPOSICIÓN / PROTECCION INDIVIDUAL**

Control de la exposición : LD<sub>50</sub>: No aplicable  
LC<sub>50</sub>: No aplicable  
CMP: 10 mg/m<sup>3</sup>

Equipos de protección individual (EPP)

- Protección respiratoria : Cuando se trabaja en la zona sin ventilación o durante las operaciones que pueden generar emisiones de polvo, usar mascarilla desechable. Se recomienda el uso de máscara parcial N95 o superior, tipo 3M 8710 ó 9900.
- Protección de las manos : Guantes.
- Protección ocular : En caso de manipuleo en espacios confinados o cuando se ejecuten operaciones puntuales que den lugar a cantidades importantes de polvo, se recomienda el uso de anteojos de protección.
- Protección de la piel : Cubra la piel expuesta con ropa amplia con mangas y pantalones largos.
- Medidas de higiene : lavar primero con abundante agua y luego con jabón y agua limitando las fricciones.

Ver recomendaciones en la etiqueta del producto.

**9. PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS**

**Estado físico** : sólido

**Forma** : rollo, panel o sección rígida.

**Color** : amarillo o blanco

**Olor** : Ninguno

**pH** : No aplicable

**Punto de ebullición** : No relevante

**Flash point** : No relevante

**Inflamabilidad** : No relevante

**Propiedades explosivas** : No relevante

**Densidad** : de 8 a 130 Kg/m<sup>3</sup>

**Solubilidad en agua** : químicamente inerte e insoluble en agua

**Coefficiente de distribución de agua en aceite** : Ninguno

**Otros datos**

**Diámetro medio aproximado de fibra:** 2,8 a 6 µm/5g

**Orientación de las fibras** : al azar

\*: Regulación (EC) 1272/2008, nota R

Fecha de emisión: 17 de noviembre de 2015

página : 3/5



**10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD**

<b>Estabilidad</b>	:	<b>Para la construcción:</b> Estable en condiciones normales de uso <b>Para usos de alta temperatura:</b> El polímero puede empezar a descomponerse alrededor de los 200°C.
<b>Reacciones peligrosas:</b>	:	Ninguna en condiciones normales de uso.
<b>Productos de descomposición peligrosa</b>	:	<b>Para la construcción:</b> Ninguna en condiciones normales de uso. <b>Para usos de alta temperatura:</b> La descomposición del polímero en torno a los 200°C produce dióxido de carbono y otros gases traza.

**11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA**

**Efectos agudos** : El efecto mecánico de las fibras en contacto con la piel puede causar irritación temporal.

**12. INFORMACIÓN ECOLÓGICA**

No se espera que este producto cause daño a los animales o plantas en condiciones normales de uso.

**13. CONSIDERACIONES SOBRE SU DISPOSICIÓN**

<b>Materiales de desecho</b>	:	Desechar de acuerdo con las normas vigentes en el país de uso o eliminación.
<b>Envases sucios</b>	:	Disponer de acuerdo con las regulaciones locales.
<b>Nota:</b> la lana de vidrio no es considerada un residuo peligroso y/o especial de acuerdo a la Ley Nacional N° 24051 y a la ley Pcia de Buenos Aires N° 11720. Las piezas pequeñas de lana de vidrio deberán presentarse embolsadas para evitar su dispersión en el medio ambiente.		

**14. INFORMACIÓN SOBRE TRANSPORTE**

**Normativa Internacional** : Ningún reglamento específico

**15. INFORMACIÓN REGLAMENTARIA**

Todos los reglamentos nacionales y/o locales aplicables a la utilización, transporte o eliminación de este producto deben ser observados.

**16. OTRAS INFORMACIONES**

El IARC (International Agency for research on Cancer), en la reunión de Lyon de este organismo (Oct/2001), concluye después de numerosos estudios realizados, que “no hay evidencia de carcinogenicidad en las personas por causa de las lanas minerales aislantes” (lana de vidrio aislante, de roca y lana de escoria). De este modo, clasifica a estos materiales dentro del grupo 3 **“no clasificable como carcinógenos en humanos”**. (Véase la Monografía Vol. 81, <http://monographs.iarc.fr/>)





La Directiva Europea 97/69/CE sustituido por el Reglamento (CE) n° 1272/2008 relativo a la clasificación, etiquetado y envasado de las sustancias y las mezclas no clasifica a las fibras de Lana de Vidrio como peligrosas, si están de acuerdo con la nota Q del presente Reglamento.

La nota Q especifica que no se aplica la clasificación como carcinógenas si:

- un ensayo de biopersistencia a corto plazo por inhalación, justifica que las fibras de más de 20µm tienen una vida media inferior a 10 días,
- o
- biopersistencia a corto plazo de prueba intra-traqueal de una instilación ha demostrado que las fibras cuya longitud es de 20 µm, tienen una vida media ponderada inferior a 40 días,
- o
- una prueba intraperitoneal adecuada no ha mostrado ninguna evidencia de carcinogenicidad excesiva,
- o
- una adecuada prueba de inhalación a largo plazo ha demostrado ausencia de efectos patógenos relevantes o cambios neoplásicos.

Las fibras de Lana de Vidrio de este producto están exoneradas de la clasificación cancerígenos de acuerdo con la Directiva 97/69/CE Europea y el Reglamento (CE) 1272/2008 si cumplen uno de los criterios de la nota Q de estos textos.

La lana de vidrio fabricada por Saint Gobain Argentina S.A., división Isover está certificada por EUCEB.

EUCEB, European Certification Board of Mineral Wool Products - [www.euceb.org](http://www.euceb.org), es una iniciativa voluntaria para la industria de las lanas de vidrio. Es una entidad de certificación independiente que garantiza que los productos están hechos de fibras, que cumplen con los criterios de exoneración de carcinogenicidad (Nota Q) de la Directiva 97/69/CE y el Reglamento (CE) 1272/2008. Para asegurarse de que las fibras cumplen los criterios de exoneración, todas las pruebas y procedimientos de control son realizadas por instituciones independientes, calificados de expertos. EUCEB garantiza que los productores de la lana de vidrio han puesto en marcha medidas de autocontrol.

Los productores de lana de vidrio autorizan a EUCEB a:

- La realización del muestreo y los análisis reconocidos por EUCEB, demostrando que las fibras cumplen con uno de los cuatro criterios de exoneración se describe en la Nota Q de la Directiva 97/99/EC,
- Ser controlado, dos veces al año, cada unidad de producción por un tercero independiente reconocido por EUCEB (toma de muestras y la conformidad con la composición química inicial),
- Establecer procedimientos de autocontrol interno en cada unidad de producción.

Los productos con la certificación EUCEB son reconocidos por el logotipo de EUCEB puesto en los envases en cada unidad de Producción



EUCEB es una asociación con certificación ISO 9001:2008

Esta ficha complementa a las especificaciones del producto y otros documentos técnicos de Saint-Gobain Argentina S.A., pero no los sustituye.

Las informaciones que contiene se basan en el estado actual de los conocimientos relativos a nuestros productos en la fecha indicada. Se dan de buena fe.

Se llama la atención de los usuarios sobre los riesgos eventuales que pueden ocurrir cuando se usa un producto para otro empleo que para el que está destinado.

Esta no dispensa al usuario del conocimiento y la aplicación del conjunto de textos que reglamentan localmente su actividad. Debe tomar bajo su sola responsabilidad las precauciones relativas al uso que hace de un producto.





# Estudio de Asimilación de Resistencia al Fuego de Muro Perimetral

## Informe Final

Informe N° 1428082

23 de Agosto de 2017

**Centro UC de Innovación en Madera  
Pontificia Universidad Católica de Chile**


DICTUC Construcción • Fono: (56-2) 2354 5120 • Vicuña Mackenna 4860, Macul • [www.dictuc.cl/construccion](http://www.dictuc.cl/construccion)





## Unidad Ingeniería de Protección contra el Fuego

<b>Autor(es)</b> <b>Gerente Unidad: Rodrigo Aravena P.</b>	<b>Cuerpo del informe</b> <b>9 hojas</b> (incluye portada)
<b>Contraparte técnica del Mandante</b> <b>Nombre: Felipe Victorero</b> Cargo: Subdirector de Transferencia Centro UC de Innovación en Madera Teléfono: +562 23545549 Correo Electrónico: favictor@uc.cl	<b>Número de Propuesta</b> IPF-P-100-16 Ticket N°2370
	<b>Correlativos Internos</b> IPF-INF-112-17 OT-AS-208/11
<b>Antecedentes del Mandante</b> <b>Razón Social:</b> Pontificia Universidad Católica de Chile <b>RUT:</b> 81.698.900-0 <b>Teléfono:</b> +562 23545549 <b>Dirección:</b> Av. Libertador Bernardo O'Higgins N° 390.	



Ing. Rodrigo Aravena P.

Gerente

Unidad Ingeniería de Protección contra el Fuego  
 DICTUC Construcción

DICTUC Construcción • Fono: (56-2) 2354 5120 • Vicuña Mackenna 4860, Macul • [www.dictuc.cl/construccion](http://www.dictuc.cl/construccion)

Versión 1: 05/09/2014, FI-A.01-DSA-DC

Página 2 de 9

Para verificar este documento ingrese a <http://www.dictuc.cl/verifica> Código vom35p15ca72





## Unidad Ingeniería de Protección contra el Fuego

### Normas Generales

- El presente informe presenta el informe final de un estudio de Asimilación de Resistencia al Fuego de un Muro Perimetral, desarrollado durante Agosto de 2017.
- El presente informe fue preparado por **DICTUC** a solicitud del **Centro UC de Innovación en Madera** de la **Pontificia Universidad Católica de Chile**, para Asimilar la Resistencia al Fuego de un conjunto de paneles, bajo su responsabilidad exclusiva.
- Los alcances de este estudio están definidos explícitamente en la Sección 3 del presente informe. Las conclusiones de este informe se limitan a la información disponible para su ejecución.
- La información contenida en el presente informe constituye el resultado de una asesoría, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido certificados por **DICTUC**.
- La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de **DICTUC** mediante un Contrato de Uso Comercial de Marca.
- El **mandante** podrá manifestar y dejar constancia verbal y escrita, frente a terceros, sean estas autoridades judiciales o extrajudiciales, que el trabajo fue preparado por **DICTUC**, y si decide entregar el conocimiento del presente informe de **DICTUC**, a cualquier tercero, deberá hacerlo en forma completa e íntegra, y no partes del mismo.
- El presente informe es propiedad del **mandante**, sin embargo, si **DICTUC** recibe la solicitud de una instancia judicial hará entrega de una copia de este documento al tribunal que lo requiera, previa comunicación por escrito al **mandante**.
- El monto de los honorarios por la ejecución de este Informe, así como la cancelación de dichos honorarios, es independiente a los resultados del mismo. Del mismo modo el **mandante** acepta expresamente que los resultados del Informe encomendado pueden en definitiva, no serles favorables a sus intereses particulares.
- La adulteración y/o alteración total o parcial de los informes, reportes, ensayos y asesorías proporcionadas por **DICTUC**, al igual que su reproducción no autorizada, constituye una conducta susceptible de delito que será sancionada conforme a la normativa legal vigente.
- El **mandante** declara conocer y aceptar los términos y condiciones generales para la prestación de servicios, disponibles para todo el público en su sitio web oficial [www.dictuc.cl/tyc](http://www.dictuc.cl/tyc).



DICTUC Construcción • Fono: (56-2) 2354 5120 • Vicuña Mackenna 4860, Macul • [www.dictuc.cl/construccion](http://www.dictuc.cl/construccion)

Versión 1: 05/09/2014, FI-A.01-DSA-DC

Página 3 de 9

Para verificar este documento ingrese a <http://www.dictuc.cl/verifica> Código vom35p15ca72

## 1. Introducción

El Sr. Felipe Victorero, en representación del **Centro UC de Innovación en Madera** de la **Pontificia Universidad Católica de Chile**, solicitó al Área de Ingeniería de Protección Contra el Fuego (IPF) de DICTUC un estudio para verificar la posible asimilación de la resistencia al fuego de un sistema constructivo, en base a los antecedentes de ensayos previos proporcionados.

Este documento contiene el informe final presentado por IPF al mandante con los resultados obtenidos en el estudio realizado.

## 2. Objetivos

Determinar si existen los suficientes antecedentes para asignar clasificación de resistencia al fuego a un panel que constituye una modificación constructiva de otro ensayado previamente.

## 3. Alcance

Las conclusiones obtenidas del presente estudio son sobre la base de la información entregada por el mandante.

## 4. Metodología

**Marco Teórico:** La Resistencia al Fuego se demuestra a través de la ejecución de ensayos de resistencia al fuego, realizados según la norma NCh 935/1 "Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción en general". Esta norma entrega la resistencia al fuego y la clasificación de cada elemento ensayado (F).

La resistencia al fuego se define en la norma NCh 935 como: *"Cualidad de un elemento de construcción de soportar las condiciones de un incendio estándar, sin deterioro importante de su capacidad funcional. Esta cualidad se mide por el tiempo en minutos durante el cual el elemento conserva la estabilidad mecánica, la estanquidad a las llamas, el aislamiento térmico y la no emisión de gases inflamables"*.

Por otro lado, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en su Título IV – Capítulo 3 "De las Condiciones de Seguridad contra Incendios", en el Artículo 4.3.2 indica:

*".....Si al solicitarse la recepción definitiva de una edificación, alguno de los elementos, materiales o componentes utilizados en ésta no figura en el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego y no cuenta con certificación oficial conforme a este artículo, se*

DICTUC Construcción • Fono: (56-2) 2354 5120 • Vicuña Mackenna 4860, Macul • [www.dictuc.cl/construccion](http://www.dictuc.cl/construccion)





*deberá presentar una certificación de un profesional especialista, asimilando el elemento, material o componente propuesto a alguno de los tipos que indica el artículo 4.3.3., de este mismo Capítulo y adjuntar la certificación de éstos en el país de origen....”*

## 5. Criterios de Asimilación de Paneles

Una configuración (A), como la indicada por el mandante, que no disponga de registros de ensayos de resistencia al fuego, es asimilable a otra que si los posea (B), siempre y cuando se cumplan **simultáneamente** al menos los siguientes requisitos:

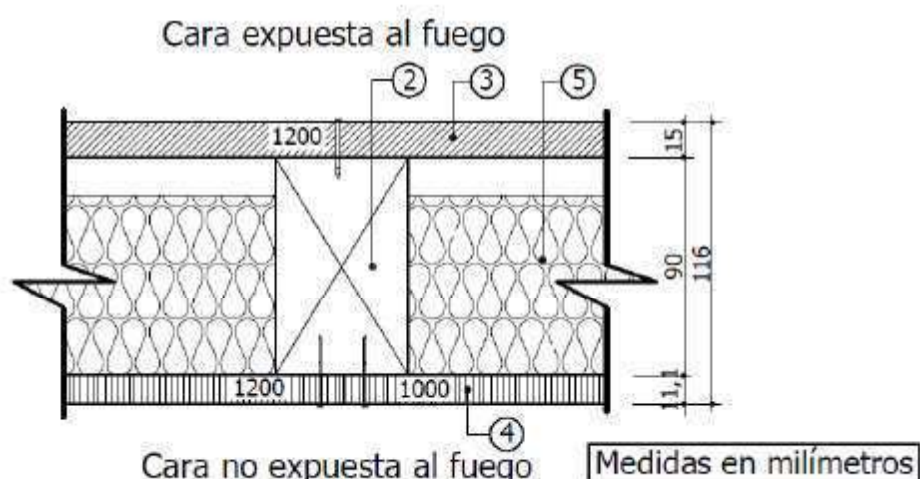
- a. El sistema estructural soportante de (A) es del mismo tipo (material) que el de (B).
- b. Las dimensiones de la sección de los perfiles soportantes en (A) son todas mayores o iguales que las de (B).
- c. La separación entre los montantes estructurales de la configuración (A) sea menor o igual que la de (B).
- d. La aislación interior de (A) es del mismo tipo y un espesor mayor o igual a la de (B).
- e. La cantidad de placas de revestimiento en cada una de las caras es mayor o igual en (A) que en (B).
- f. El espesor de placas de revestimiento en cada una de las caras es mayor o igual en (A) que en (B).
- g. El tipo y posición de placas de revestimiento en cada una de las caras es el mismo en (A) que en (B).
- h. El sistema de soporte de las placas (tornillos u otros) es del mismo tipo, dimensiones y espaciamiento, o bien los espaciamientos son menores en (A) que en (B).
- i. El tipo de tratamiento de juntas de (A) es el mismo tipo que el de (B).
- j. El espesor total del panel (A) es igual o mayor que el de (B).

El hecho de cumplir, o superar sólo alguno de los requisitos no es suficiente para poder realizar la asimilación, deben cumplirse todos.



## 6. Ensayos Existentes

Existe un registro de ensayos utilizado como referencia para la asimilación: informe de Ensayo Idiem 1.168.829-A/2016, del 06 de enero de 2017, da cuenta de un ensayo RF a un Tabique Perimetral, con la siguiente EETT:



N°	Elemento		Descripción
1	Estructura en madera	Soleras (no mostradas)	Superior e inferior. Placa de madera de Pino radiata cepillado de escuadría (90 x 33) mm y 2,2 [m] de longitud.-
2		Pies derechos	Pieza de madera Pino radiata cepillado de escuadría (90 x 33) mm y 2,33 [m] de altura, distanciados a eje 0,4 [m] y fijados a soleras con clavos de 4".-
3	Cara expuesta al fuego		Plancha de yeso-cartón "Gyplac ERH" de 15 [mm] de espesor, fijada a la estructura con tornillos cabeza de trompeta punta fina #6 x 1 5/8" cada 0,3 [m]. Sello en unión de planchas con cinta de fibra de vidrio más pasta a base de yeso "Romeral®".-
4	Cara no expuesta al fuego		Placa de "OSB" de 11,1 [mm] de espesor, fijada con clavos de 2 1/2" cada 0,1 [m] en perímetro y unión de placas, pero 0,2 [m] en interior. Sin sello en unión de placas.-
5	Aislación		Lana de vidrio "Romeral®" de 80 [mm] de espesor y 11 [kg/m³] de densidad nominal.-

Este panel obtuvo una clasificación de ensayo F-60.

## 7. Elementos a Asimilar y Comparación

Según lo indicado por el mandante, el panel en evaluación de asimilación tiene los siguientes componentes:

- Soleras: superior e inferior, piezas de madera de pino radiata cepillado de escuadría de **35 x 90 mm**.
- Pies derechos: piezas de madera de pino radiata cepillado de escuadría de **35 x 90 mm**, distanciados a eje cada 0,4 m, fijados a soleras con clavos de 4".
- Revestimientos:
  - o Cara expuesta al fuego: Plancha de yeso cartón Gyplac **tipo ERH** o bien **ER** de 15 mm de espesor, fijada a la estructura con tornillos auto perforantes punta fina #6 x 1 5/8" separados cada 0,3 m. Sello en unión de planchas con cinta de fibra de vidrio más pasta a base de yeso Romeral.
  - o Cara no expuesta al fuego: Placa de OSB de 11,1 mm de espesor, fijada con clavos de 2 1/2" separados cada 0,1 m perímetro y cada 0,2 m en interior. Sin sello en unión de placas.
- Aislación: Lana de vidrio Romeral de 80 mm de espesor y 11 kg/m<sup>3</sup> de densidad nominal, dispuesta entre pie derechos en forma continua.

Los cambios respecto a lo ensayado son:

- El aumento en la sección de los pies derechos y estructura perimetral. Esta condición es consistente con los criterios de asimilación listados en el punto 5 del presente informe.
- El cambio<sup>1</sup> a placa tipo ER. Al respecto el Informe de Asimilación DICTUC No. 1428039 del 23 de agosto de 2017 concluye, mediante el análisis de los resultados de 6 ensayos de paneles F-60, que para paneles F-60 es posible realizar el cambio de placas tipo ER por tipo ERH y asimilar.

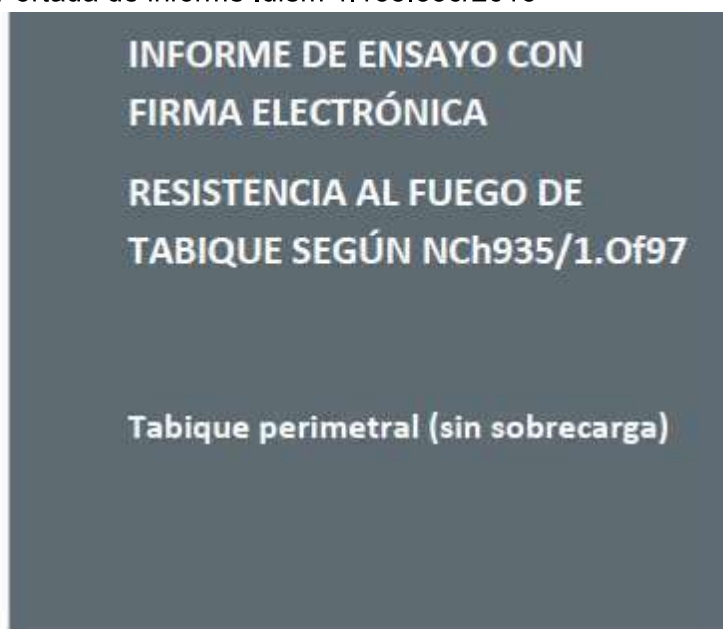
## 8. Conclusiones

Se cumplen todos los criterios para la asimilación de paneles, por lo que, el panel descrito en el punto 7 del presente informe **puede ser asimilado a la clasificación F-60**.

<sup>1</sup> En el caso de un panel con placa tipo ERH no hay cambio respecto a lo ensayado.

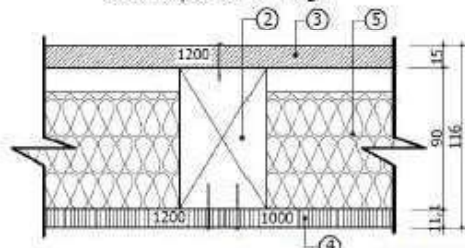
## 9. Anexos

- Portada de informe Idiem 1.168.830/2016



División Estructuras y Materiales (DEM)		
Unidad de Ensayos – Fuego y Habitabilidad		
Ejemplar N° 01	N° Páginas 14	Revisión N°1
Informe N° 1.168.829-A/2016		Ref.: PR.DEM.2016.2002-V2 TB1
NOMBRE		FECHA
Validado por:	Victoria Garrido V.	06/01/2017
Aprobado por:	Andrés Santis A.	
Destinatario:	Daniel Olea. PUC – Centro UC de innovación en madera.	
Este informe anula y reemplaza el informe N°1.168.829 de fecha 06/01/2017		

- Resumen del Ensayo hecho en Idiem:

Resumen				
Ensayo de resistencia al fuego según NCh935/1.Of97				
Empresa solicitante:		PUC - Centro UC de innovación en madera		Dirección:
Solicitado por:		Daniel Oles		Construido en:
Recinto de ensayo:		Laboratorio de Incendios, Salomón Sack 840, Cerrillos.		N° de informe:
				1.168.829-A
				Fecha de ensayo: 20-12-2016
<div><p>Cara expuesta al fuego</p><p>Cara no expuesta al fuego</p><p>Medidas en milímetros</p></div>				
N°	Elemento		Descripción	
1	Estructura en madera	Soleras (no mostradas)	Superior e inferior. Pieza de madera de Pino radiata cepillado de escuadría (90 x 33) mm y 2,2 [m] de longitud.-	
2		Pies derechos	Pieza de madera Pino radiata cepillado de escuadría (90 x 33) mm y 2,33 [m] de altura, distanciados a eje 0,4 [m] y fijados a soleras con clavos de 4".-	
3	Cara expuesta al fuego		Plancha de yeso-cartón "Gyplac ERH" de 15 [mm] de espesor, fijada a la estructura con tornillos cabeza de trompeta punta fina #6 x 1 5/8" cada 0,3 [m]. Sello en unión de planchas con cinta de fibra de vidrio más pasta a base de yeso "Romeral®".-	
4	Cara no expuesta al fuego		Placa de "OSB" de 11,1 [mm] de espesor, fijada con clavos de 2 1/2" cada 0,1 [m] en perímetro y unión de placas, pero 0,2 [m] en interior. Sin sello en unión de placas.-	
5	Aislación		Lana de vidrio "Romeral®" de 80 [mm] de espesor y 11 [kg/m³] de densidad nominal.-	
Ancho del elemento		2,2	[m]	Resistencia al fuego del elemento
Alto del elemento		2,4	[m]	
Espesor total		0,116	[m]	Clasificación
Masa total		287	[kg]	
Nota: De acuerdo a lo señalado en norma NCh935/1.Of97, el resultado obtenido es válido sólo para el elemento ensayado y bajo las condiciones estipuladas en el Informe de Ensayo, ya que el valor de resistencia al fuego puede variar si se cambian los detalles constructivos.				
Nota: Este resumen no reemplaza el informe.				
Fecha de emisión: 06 de enero de 2017				

Este informe anula y reemplaza el informe N°1.168.829 de fecha 06/01/2017







# Estudio de Asimilación de Resistencia al Fuego de Techo

## Informe Final

Informe N° 1428087

23 de Agosto de 2017

**Centro UC de Innovación en Madera  
Pontificia Universidad Católica de Chile**

DICTUC Construcción • Fono: (56-2) 2354 5120 • Vicuña Mackenna 4860, Macul • [www.dictuc.cl/construccion](http://www.dictuc.cl/construccion)



Para verificar este documento ingrese a <http://www.dictuc.cl/verifica> Código cun78a15ca77

**Unidad Ingeniería de Protección contra el Fuego**

<b>Autor(es)</b> <b>Gerente Unidad: Rodrigo Aravena P.</b>	<b>Cuerpo del informe</b> <b>9 hojas</b> (incluye portada)
<b>Contraparte técnica del Mandante</b> <b>Nombre: Felipe Victorero</b> Cargo: Subdirector de Transferencia Centro UC de Innovación en Madera Teléfono: +562 23545549 Correo Electrónico: favictor@uc.cl	<b>Número de Propuesta</b> IPF-P-100-16 Ticket N°2370
	<b>Correlativos Internos</b> IPF-INF-116-17 OT-AS-208/13
<b>Antecedentes del Mandante</b> <b>Razón Social:</b> Pontificia Universidad Católica de Chile <b>RUT:</b> 81.698.900-0 <b>Teléfono:</b> +562 23545549 <b>Dirección:</b> Av. Libertador Bernardo O'Higgins N° 390.	

Ing. Rodrigo Aravena P.  
Gerente

Unidad Ingeniería de Protección contra el Fuego  
*DICTUC Construcción*



Dictuc Construcción • Fono: (56-2) 2354 5120 • Vicuña Mackenna 4860, Macul • [www.dictuc.cl/construccion](http://www.dictuc.cl/construccion)

Versión 1: 05/09/2014, FI-A.01-DSA-DC

Página 2 de 9

Para verificar este documento ingrese a <http://www.dictuc.cl/verifica> Código cun78a15ca77



## Unidad Ingeniería de Protección contra el Fuego

### Normas Generales

- El presente informe presenta el informe final de un estudio de Asimilación de Resistencia al Fuego de un Techo, desarrollado durante Agosto de 2017.
- El presente informe fue preparado por **DICTUC** a solicitud del **Centro UC de Innovación en Madera** de la **Pontificia Universidad Católica de Chile**, para Asimilar la Resistencia al Fuego de un conjunto de soluciones constructivas, bajo su responsabilidad exclusiva.
- Los alcances de este estudio están definidos explícitamente en la Sección 3 del presente informe. Las conclusiones de este informe se limitan a la información disponible para su ejecución.
- La información contenida en el presente informe constituye el resultado de una asesoría, lo que en ningún caso permite al solicitante afirmar que sus productos han sido certificados por **DICTUC**.
- La información contenida en el presente informe no podrá ser reproducida total o parcialmente, para fines publicitarios, sin la autorización previa y por escrito de **DICTUC** mediante un Contrato de Uso Comercial de Marca.
- El **mandante** podrá manifestar y dejar constancia verbal y escrita, frente a terceros, sean estas autoridades judiciales o extrajudiciales, que el trabajo fue preparado por **DICTUC**, y si decide entregar el conocimiento del presente informe de **DICTUC**, a cualquier tercero, deberá hacerlo en forma completa e íntegra, y no partes del mismo.
- El presente informe es propiedad del **mandante**, sin embargo, si **DICTUC** recibe la solicitud de una instancia judicial hará entrega de una copia de este documento al tribunal que lo requiera, previa comunicación por escrito al **mandante**.
- El monto de los honorarios por la ejecución de este Informe, así como la cancelación de dichos honorarios, es independiente a los resultados del mismo. Del mismo modo el **mandante** acepta expresamente que los resultados del Informe encomendado pueden en definitiva, no serles favorables a sus intereses particulares.
- La adulteración y/o alteración total o parcial de los informes, reportes, ensayos y asesorías proporcionadas por **DICTUC**, al igual que su reproducción no autorizada, constituye una conducta susceptible de delito que será sancionada conforme a la normativa legal vigente.
- El **mandante** declara conocer y aceptar los términos y condiciones generales para la prestación de servicios, disponibles para todo el público en su sitio web oficial [www.dictuc.cl/tyc](http://www.dictuc.cl/tyc).

DICTUC Construcción • Fono: (56-2) 2354 5120 • Vicuña Mackenna 4860, Macul • [www.dictuc.cl/construccion](http://www.dictuc.cl/construccion)

Versión 1: 05/09/2014, FI-A.01-DSA-DC

Página 3 de 9

Para verificar este documento ingrese a <http://www.dictuc.cl/verifica> Código cun78a15ca77





## 1. Introducción

El Sr. Felipe Victorero, en representación del **Centro UC de Innovación en Madera** de la **Pontificia Universidad Católica de Chile**, solicitó al Área de Ingeniería de Protección Contra el Fuego (IPF) de DICTUC un estudio para verificar la posible asimilación de la resistencia al fuego de un sistema constructivo, en base a los antecedentes de ensayos previos proporcionados.

Este documento contiene el informe final presentado por IPF al mandante con los resultados obtenidos en el estudio realizado.

## 2. Objetivos

Determinar si existen los suficientes antecedentes para asignar clasificación de resistencia al fuego a un conjunto techumbre que utiliza un sistema de cielo ensayado previamente.

## 3. Alcance

Las conclusiones obtenidas del presente estudio son sobre la base de la información entregada por el mandante.

## 4. Metodología

**Marco Teórico:** La Resistencia al Fuego se demuestra a través de la ejecución de ensayos de resistencia al fuego, realizados según la norma NCh 935/1 "Prevención de incendio en edificios - Ensayo de resistencia al fuego - Parte 1: Elementos de construcción en general". Esta norma entrega la resistencia al fuego y la clasificación de cada elemento ensayado (F).

La resistencia al fuego se define en la norma NCh 935 como: *"Cualidad de un elemento de construcción de soportar las condiciones de un incendio estándar, sin deterioro importante de su capacidad funcional. Esta cualidad se mide por el tiempo en minutos durante el cual el elemento conserva la estabilidad mecánica, la estanquidad a las llamas, el aislamiento térmico y la no emisión de gases inflamables"*.

Por otro lado, la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción (OGUC), en su Título IV – Capítulo 3 "De las Condiciones de Seguridad contra Incendios", en el Artículo 4.3.2 indica:

*".....Si al solicitarse la recepción definitiva de una edificación, alguno de los elementos, materiales o componentes utilizados en ésta no figura en el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego y no cuenta con certificación oficial conforme a este artículo, se*



Version 1: 05/09/2014, FI-A.01-DSA-DC

Página 4 de 9

Para verificar este documento ingrese a <http://www.dictuc.cl/verifica> Código cun78a15ca77

*deberá presentar una certificación de un profesional especialista, asimilando el elemento, material o componente propuesto a alguno de los tipos que indica el artículo 4.3.3., de este mismo Capítulo y adjuntar la certificación de éstos en el país de origen....”*

## **5. Criterios de Asimilación**

Una configuración (A), como la indicada por el mandante, que no disponga de registros de ensayos de resistencia al fuego, es asimilable a otra que si los posea (B), siempre y cuando se cumplan **simultáneamente** al menos los siguientes requisitos:

- a. El sistema estructural soportante de (A) es del mismo tipo (material) que el de (B).
- b. Las dimensiones de la sección de los perfiles soportantes en (A) son todas mayores o iguales que las de (B).
- c. La separación entre las piezas estructurales de la configuración (A) sea menor o igual que la de (B).
- d. La aislación térmica de (A) es del mismo tipo y un espesor mayor o igual a la de (B).
- e. La cantidad de placas de revestimiento es mayor o igual en (A) que en (B).
- f. El espesor de placas de revestimiento es mayor o igual en (A) que en (B).
- g. El tipo y posición de placas de revestimiento es el mismo en (A) que en (B).
- h. El sistema de soporte de las placas (tornillos u otros) es del mismo tipo, dimensiones y espaciamiento, o bien los espaciamientos son menores en (A) que en (B).
- i. El tipo de tratamiento de juntas de (A) es el mismo tipo que el de (B).
- j. El espesor total de (A) es igual o mayor que el de (B).

El hecho de cumplir, o superar sólo alguno de los requisitos no es suficiente para poder realizar la asimilación, deben cumplirse todos.



## 6. Ensayos Existentes

Existe un registro de ensayo, utilizado como referencia para la asimilación: informe de Ensayo Idiem No. 1.168.831/2016, del 03 de enero de 2017, que da cuenta de un sistema de cielo (con envigado de madera), con la siguiente EETT:



N°	Elemento	Descripción
1	Viga perimetral	Madera de Pino radiata cepillado seco de escuadría (111 x 33) mm, fijadas con clavos de 3 1/2".
2	Envigado	Madera de Pino radiata cepillado seco de escuadría (111 x 33) mm, fijadas con clavos de 3 1/2", dispuestas cada 0,40 [m].
3	Entramado de cielo	Madera de Pino radiata cepillado seco de escuadría (41 x 20) mm. Piezas dispuestas perpendiculares al envigado separadas cada 0,4 [m] y piezas paralelas al envigado separadas cada 0,8 [m], ambas fijadas con clavos de 2 1/2".
4	Cara expuesta al fuego	Doble placa de yeso-cartón "Gypsol" RF de 12,5 [mm] de espesor, ambas placas fijadas con tornillos cabeza de trompeta punta fina #6 x 1 1/8" y #6 x 1 5/8" respectivamente cada 0,2 [m]. Sello de unión de placas es con cinta de fibra de vidrio más pasta a base yeso "Rumetal", para ambas placas.
5	Aislación	Lana de vidrio "Isover" de 50 [mm] de espesor y 11 [kg/m3] de densidad nominal.
Nota: De acuerdo a lo señalado en norma NCh443/2-060, el resultado obtenido es válido sólo para el elemento ensayado y bajo las condiciones establecidas en el informe de ensayo, ya que el valor de resistencia al fuego puede variar si se cambian los elementos constructivos.		Resistencia al fuego del elemento
		42 minutos
		Clasificación
		F30
Nota: Este resultado no representa el resultado.		Fecha de emisión: 03 de enero de 2017

Este sistema obtuvo una clasificación de ensayo F-30.

**7. Elementos a Asimilar y Comparación**

Según lo indicado por el mandante, el elemento en evaluación de asimilación, es un sistema de techumbre, con los siguientes componentes:

- Vigas: piezas de pino radiata cepillado seco de escuadría **41 x 138** mm, separadas cada 40 cm.
- Distanciadores: bajo las vigas se colocan piezas de pino radiata cepillado seco de escuadría 41x19 mm.
- Sistema de Cielo: doble placa de yeso cartón Gyplac RF de 12,5 mm de espesor, fijadas con tornillo cabeza de trompeta punta fina #6 x 1 ¼" y #6 x 1 5/8" y respectivamente cada 0,2 m. El sellado de unión de placas con cinta de fibra de vidrio más pasta a base yeso Romeral para ambas placas.
- Aislación: Lana de vidrio de 120 mm de espesor y 11 kg/m<sup>3</sup> de densidad nominal
- Revestimiento superior: se agrega una placa arriostrante superior (sobre las vigas) de OSB, de 11,1 mm de espesor.

Los cambios respecto a lo ensayado son:

- Aumento en la escuadría de las vigas.
- Agrega una placa de OSB (sobre las vigas).
- Aumento del espesor del aislante.
- El entramado de cielo perpendicular a las vigas no existe, en su lugar se dispone de separadores de similar dimensión a la cual van atornilladas las placas de cielo. En juicio del profesional firmante este aspecto constructivo no es incidente en la resistencia al fuego (RF) del conjunto, dado que no afecta ni la rigidez del sistema de cielo, ni su capacidad de aislamiento térmico, ambos criterios incidentes en la evaluación de la RF. Todos los demás cambios son consistentes con los criterios de asimilación antes indicados.

**8. Conclusiones**

Dado lo anterior, se cumplen los criterios para la asimilación, por lo que, el sistema constructivo descrito en el punto 7 del presente informe **puede ser asimilado a la clasificación F-30.**

## 9. Anexos

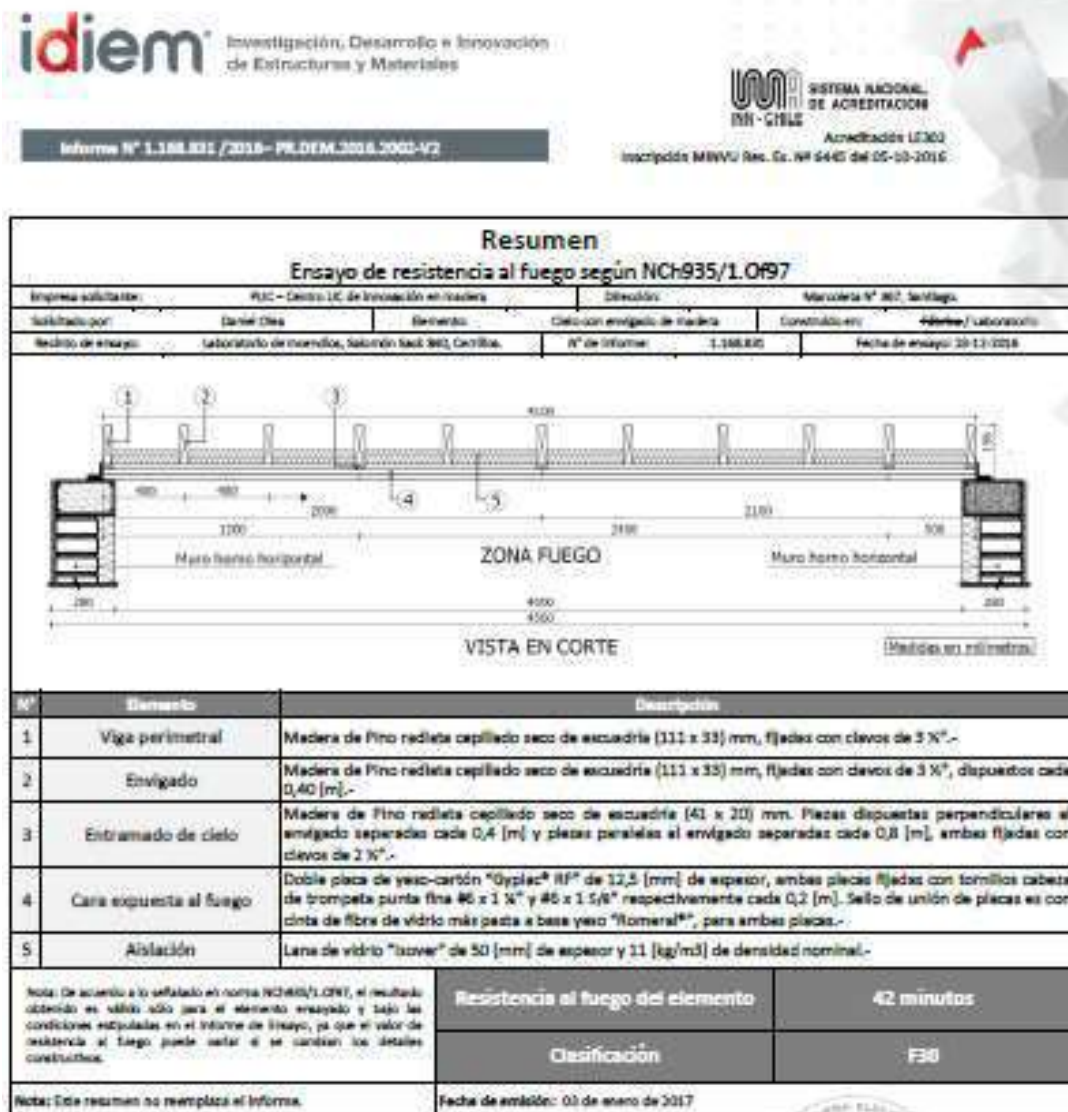
- Portada de informe Idiem 1.168.831/2016, del 03 de enero de 2017



División Estructuras y Materiales (DEM)		
Unidad de Ensayos – Fuego y Habitabilidad		
Ejemplar N° 01	N° Páginas 14	Revisión N°0
Informe N° 1.168.831 /2016		Ref.: PR.DEM.2016.2002-V2 CCT
NOMBRE		FECHA
Validado por:	Victoria Garrido V.	03/01/2017
Aprobado por:	Andrés Santis A.	
Destinatario:	Daniel Olea. PUC – Centro UC de innovación en madera.	



- Resumen del Ensayo hecho en Idiem:



# Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales LATU-JICA (1998-2003)

## Ensayos de Propiedades Mecánicas de *Pinus taeda* Por Seis Métodos No Destructivos

Ing. Agr. OF Alvaro Pérez del Castillo  
Ing. Quim. Raúl de Castro  
Dr. Sadaaki Ohta

Colaboradores:  
Ing. Quim. Silvia Böthig, Per. Agr. Hugo O'Neill,  
Sr. Dilvar Silva, Sr. Luciano Benites, Sr. Javier Doldán

Informe de Investigación N°1  
Mayo 2000





## PRÓLOGO

El presente trabajo da inicio a la serie: "Informes de Investigación", que reunirá estudios realizados como parte del "Proyecto de Tecnología de Ensayo de Productos Forestales" entre el Sector Productos Forestales del LATU y JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón) en Montevideo, Uruguay desde 1998 hasta 2003.

Con esta serie el LATU pretende la difusión tecnológica como una contribución al desarrollo de la industria forestal.

Los autores agradecen al Sr. Toshinari Tanaka (Director del Sector de Características de la Madera, Forestry and Forest Products Research Institute, TSUKUBA, Japón) quien fue enviado por JICA como experto de corto plazo en ensayos no-destructivos y al Sr. Harushi Kobayashi (Coordinador del proyecto) por su invaluable apoyo en este estudio.



## TABLA DE CONTENIDOS

	Página
1. <u>INTRODUCCIÓN</u> .....	1
2. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u> .....	2
2.1. CORRELACIÓN ENTRE MOE Y MOR. ....	2
2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MADERA JUVENIL Y ADULTA. ....	2
2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS 6 MÉTODOS NO-DESTRUCTIVOS UTILIZADOS. ....	6
2.3.1. <u>Flexión estática con pesas</u> .....	6
2.3.2. <u>Vibración Longitudinal</u> .....	6
2.3.3. <u>Vibración Transversal</u> .....	7
2.3.4. <u>Fakopp</u> .....	8
2.3.5. <u>Sylvatest</u> .....	9
2.3.6. <u>Pundit</u> .....	10
3. <u>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</u> .....	12
3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD .....	12
3.2. COMPARACIÓN DE LOS 6 DIFERENTES MÉTODOS NO-DESTRUCTIVOS. ....	13
3.3. RELACIÓN ENTRE EL MOE Y LA DENSIDAD .....	17
3.4. MOE DE MADERA JUVENIL Y MADERA ADULTA. ....	18
3.4.1. <u>Variación del MOE desde médula a corteza</u> .....	18
3.4.2. <u>Variación del MOE entre los 9 árboles ensayados</u> .....	19
4. <u>CLASIFICACIÓN DE <i>P. TAEDA</i> BASADA EN EL MOE SEGÚN NORMAS JAS</u> .....	20
5. <u>CONCLUSIONES</u> .....	21
6. <u>BIBLIOGRAFÍA</u> .....	22
7. <u>ANEXO</u> .....	23



## ENSAYOS DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE *PINUS TAEDA* POR SEIS MÉTODOS NO-DESTRUCTIVOS

### RESUMEN

La posibilidad de aplicación de seis métodos no-destructivos para estimación del módulo de elasticidad (MOE) en flexión fue estudiada en tablas de *Pinus taeda* de rápido crecimiento cultivados en Uruguay.

### 1. INTRODUCCIÓN.

Tanto en Uruguay como en otros países, el *Pinus taeda* es una de las especies de rápido crecimiento más cultivadas y su madera es utilizada para diferentes usos finales. Dentro de estos usos finales la madera para construcción es quizás el más importante. La madera uruguaya de *Pinus taeda* ha sido utilizada con diferentes propósitos. No obstante, la investigación en la clasificación de la calidad de la madera aserrada por sus propiedades mecánicas no ha sido suficiente aún. La madera aserrada de *Pinus taeda* debe ser resistente y duradera para ser utilizada en la construcción. Uno de los objetivos de este trabajo es conocer y categorizar la madera de *Pinus taeda* por su resistencia mecánica.

Para la adecuada utilización de la madera aserrada con fines estructurales, es muy importante desarrollar y establecer métodos para evaluar las propiedades mecánicas de la madera. Es necesario que estos métodos sean confiables, racionales y rápidos, lo que ocurre con los métodos no-destructivos.

Existen muchos métodos para poder estimar la resistencia de la madera a través de varios parámetros no-destructivos (Nakai T. y Tanaka T.,1989; Nagao H. *et al*,1991). Uno de los parámetros más utilizados es el módulo de elasticidad (MOE), el cual se puede obtener a través del método de “cargas muertas” o flexión estática con pesas. El MOE calculado a partir de este método tiene una muy alta correlación con el módulo de rotura en flexión (MOR)(Komatsu K., Nakai T.; Wood Handbook, USDA,1999).

Es por eso que se han investigado métodos factibles y prácticos para medir y estimar el módulo de elasticidad en aserraderos o depósitos de madera. Por consiguiente, se realizó una comparación entre varios métodos no-destructivos. Los valores de módulo de elasticidad fueron obtenidos mediante seis métodos diferentes:

- ⇒ Flexión estática con pesas.
- ⇒ FFT Analyzer (Frecuencia de vibración longitudinal).
- ⇒ FFT Analyzer (Frecuencia de vibración transversal).
- ⇒ PUNDIT (Tiempo de propagación de onda de ultrasonido).
- ⇒ SYLVATEST (Tiempo de propagación de onda de ultrasonido).
- ⇒ FAKOPP (Tiempo de propagación de onda inducida por impacto).

Los métodos de evaluación seleccionados debían de ser simples, rápidos, confiables, no-destructivos y de uso práctico.

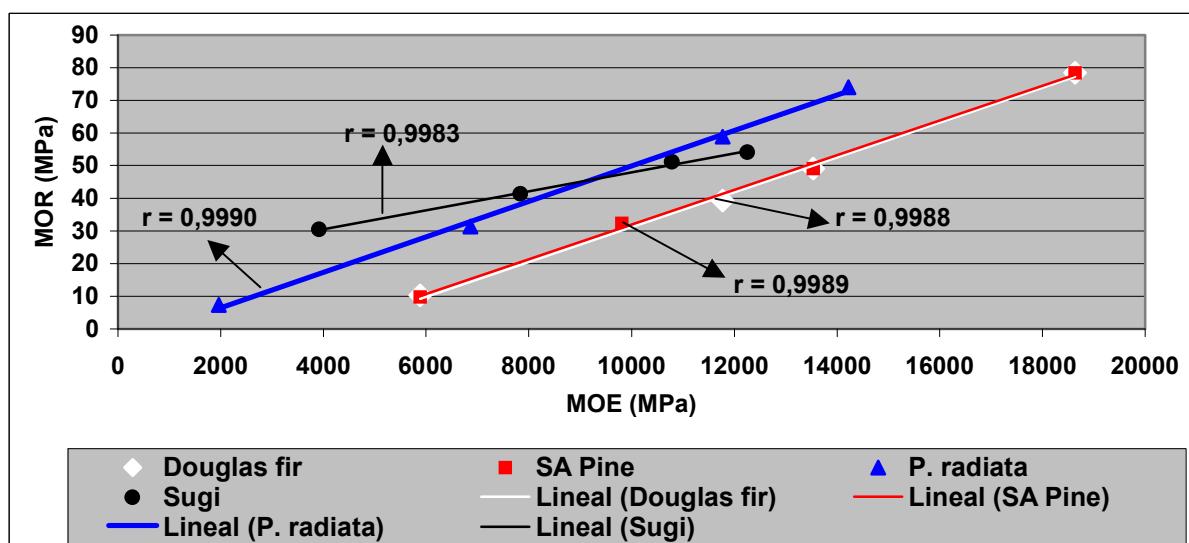


## 2. MATERIALES Y MÉTODOS.

### 2.1. CORRELACIÓN ENTRE MOE Y MOR.

Como se dijo anteriormente, uno de los parámetros no-destructivos más utilizados para estimar la resistencia de la madera es el módulo de elasticidad (MOE) y éste tiene una muy alta correlación con la flexión estática (módulo de ruptura en flexión, MOR).

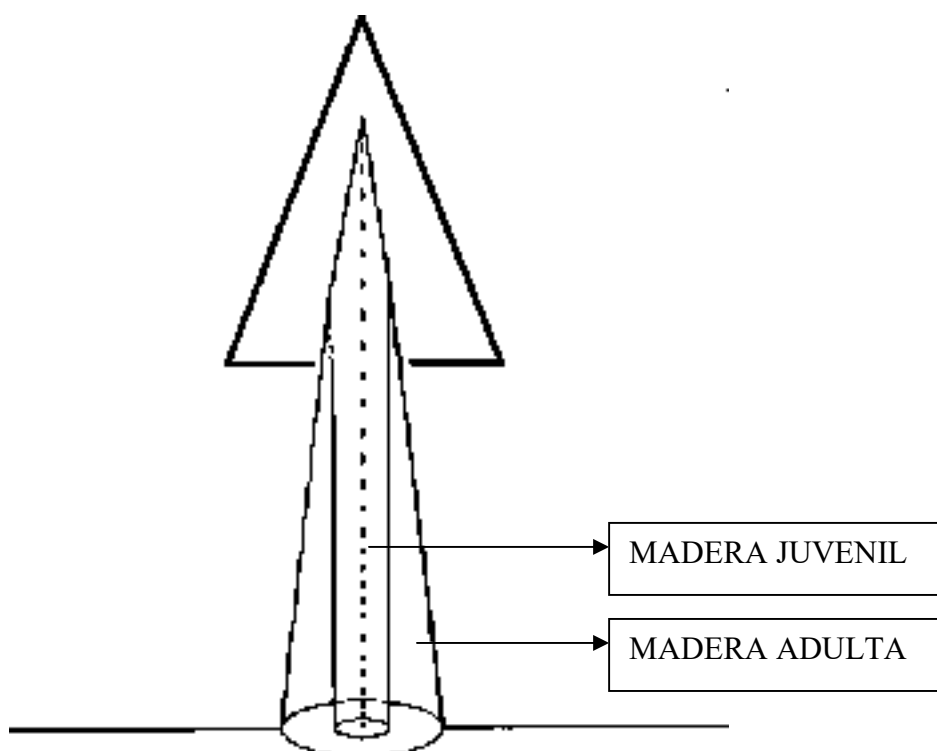
A modo de ejemplo se puede observar en la gráfica N°1, la correlación que existe entre estos dos parámetros para cuatro especies diferentes, observándose correlaciones muy altas y positivas.



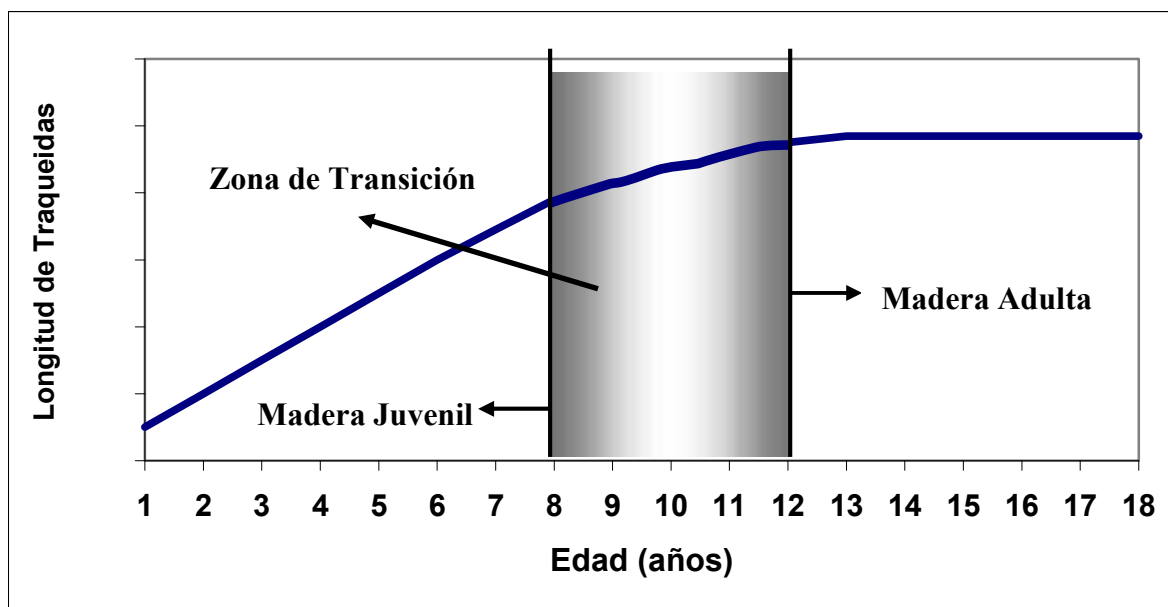
Gráfica N° 1: Correlación entre MOE y MOR

### 2.2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MADERA JUVENIL Y MADERA ADULTA.

En general la madera juvenil se forma alrededor de la médula y se localiza todo a lo largo del fuste (Fig N°1). Esta se define como el material formado desde la médula hasta un anillo determinado, que según la especie, puede ser entre el 5° y 20° anillo. Por ejemplo, Sugi (*Cryptomeria japonica*) y Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*), generan madera juvenil entre 10 y 15 años, representando esto una distancia desde la médula de entre 5 y 6 cm. (Ohta S., Watanabe H., 1968; Matsomuto T. *et al.*, 1964). Estudios en *Pinus radiata* determinaron formación de madera juvenil durante 15 años y la distancia desde la médula fue de 10 cm. (Cown D., 1975; Bamber K. y Burley J., 1983) Distintos índices de calidad de madera de plantaciones de *Pinus taeda* de Uruguay están siendo estudiadas por LATU-JICA, por ejemplo, longitud de traqueidas y densidad básica, para determinar hasta que anillo aproximadamente se produce la formación de madera juvenil. De estos estudios, se observó que la transición entre la madera juvenil y la madera adulta (para los árboles estudiados) ocurre entre los anillos 8 y 12 o sea a una distancia promedio de la médula de entre 11 y 16 centímetros aproximadamente (Gráfica N°2).



**Figura N°1: Esquema de la ubicación de la madera juvenil y adulta en árboles en pie.**



**Gráfica N° 2: Variación de la longitud de traqueidas con la edad.  
Transición de madera juvenil a madera adulta.**





La madera juvenil presenta importantes diferencias en sus propiedades físicas, químicas, mecánicas y anatómicas con respecto a la madera adulta.

En madera libre de defectos (clear), las propiedades que influyen en el comportamiento mecánico son: ángulo microfibrilar, longitud de fibras, densidad, porcentaje de leño tardío, espesor de pared celular y diámetro de lumen celular. La madera juvenil tiene un ángulo microfibrilar alto (ángulo microfibrilar significa el ángulo que forman la microfibrillas de celulosa con respecto al eje longitudinal de la traqueida, generalmente medido en la pared celular secundaria S2), lo que puede producir una contracción longitudinal 10 veces mayor que el de la madera adulta normal. Tanto la madera de compresión como el grano espiralado también ocurren con más frecuencia en la madera juvenil, lo que también contribuye a una mayor contracción longitudinal (Kojima K. *et al*, 1963; Ohta S., 1979).

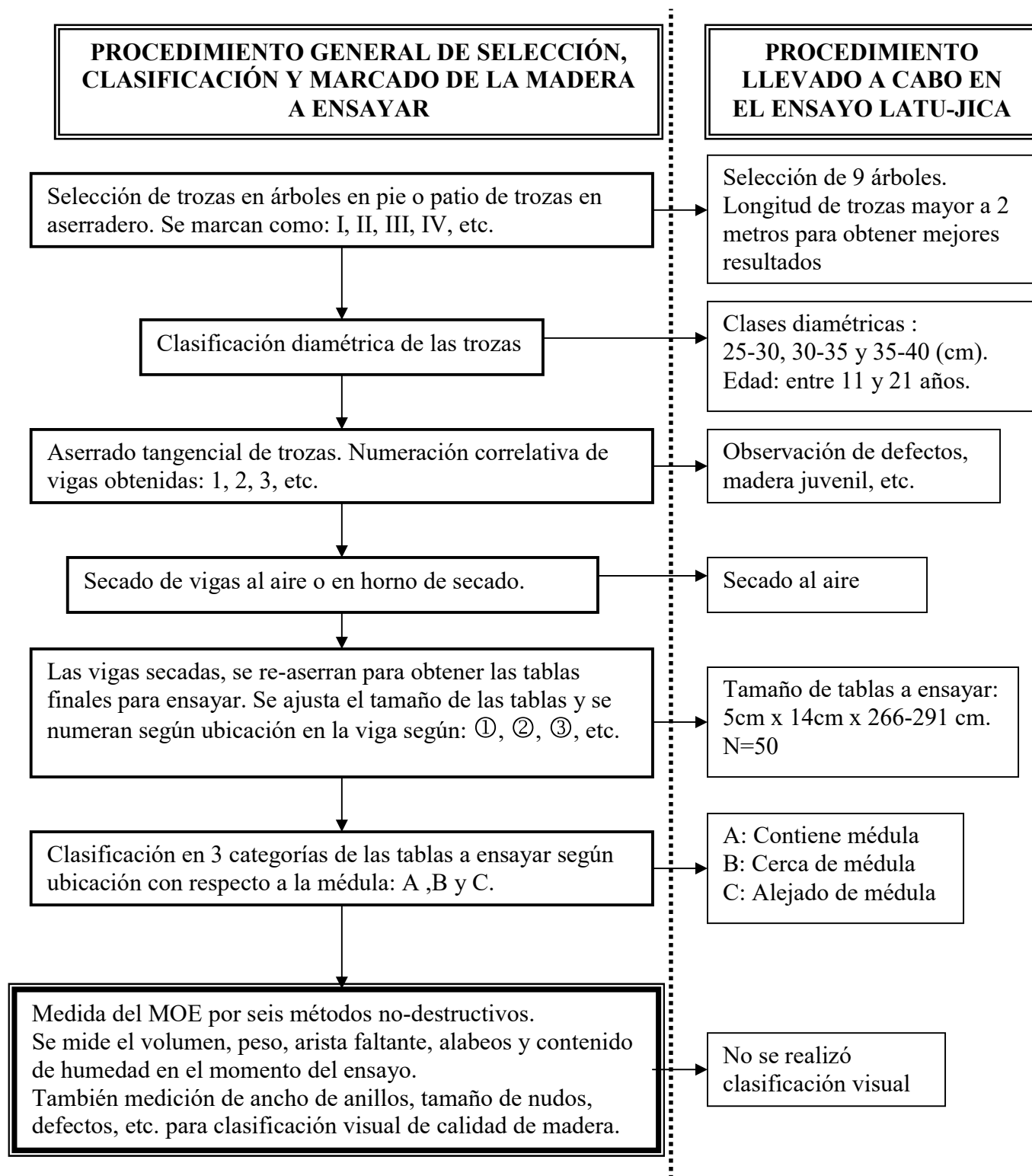
En madera estructural, la relación entre la resistencia de la madera juvenil y madera adulta varía entre 0.5 y 0.9 para módulo de rotura en flexión, 0.5 y 0.95 para la tracción y entre 0.45 y 0.75 para módulo de elasticidad (Wood Handbook, USDA, 1999). La resistencia a la compresión perpendicular al grano, aplicada en dirección radial, varía con el contenido de madera juvenil. Este cambio puede ser hasta 8 veces menor que el sugerido por cambios en la densidad.

La relación madera juvenil / madera adulta es menor para madera de alta calidad (alta resistencia) que para madera de baja calidad, lo que indica que la madera juvenil tiene una importante influencia en la reducción de las propiedades mecánicas de la madera utilizada para la construcción.

Debido a la diferencia que existe entre la madera juvenil y la madera adulta, las tablas a ser ensayadas se clasificaron en tres categorías diferentes: A, B y C. Las tablas categoría A, contenían médula o sea estaban compuestas principalmente por madera juvenil; las categoría B, eran tablas muy cercanas a la médula o sea contenían madera adulta y juvenil; por último las categoría C, eran las alejadas de la médula o sea principalmente madera adulta.

El procedimiento de selección, clasificación y marcado de las tablas se llevó a cabo de la siguiente manera:





Nota: a modo de ejemplo la identificación final de cada tabla fue:

I – 2 - ② - A ⇒ Siendo: I = N° de árbol

2 = N° de viga dentro de troza

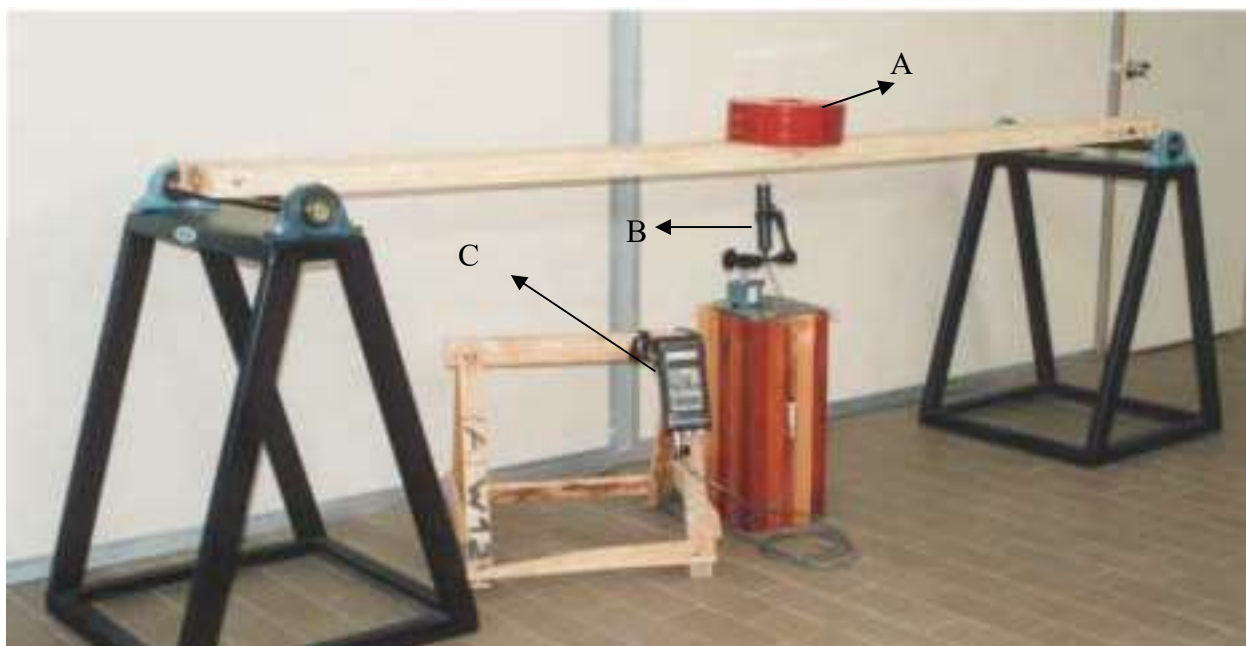
② = N° de tabla dentro de viga

A = Ubicación de tabla con respecto a la médula



## 2.3. DESCRIPCIÓN DE LOS SEIS MÉTODOS NO-DESTRUCTIVOS UTILIZADOS.

### 2.3.1. Flexión estática con pesas.



**Foto N°1. Donde: A⇒ Pesas, B⇒ Transductor, C⇒ Medidor digital.**

Este método permite medir el módulo de elasticidad estático en flexión por carga con pesas. Mediante la aplicación de pesas sobre la tabla en el intervalo elástico y la medición con un transductor de las deformaciones que se producen, se calcula el MOE de la siguiente manera:

$$E_b = (\Delta P * s^3) / (4 * \Delta y * b * h^3)$$

donde:

$E_b$  = módulo de elasticidad

$\Delta P$  : carga de las pesas

$s$  : distancia entre los apoyos de la tabla

$\Delta y$  : deformación para  $\Delta P$

$b$  : ancho

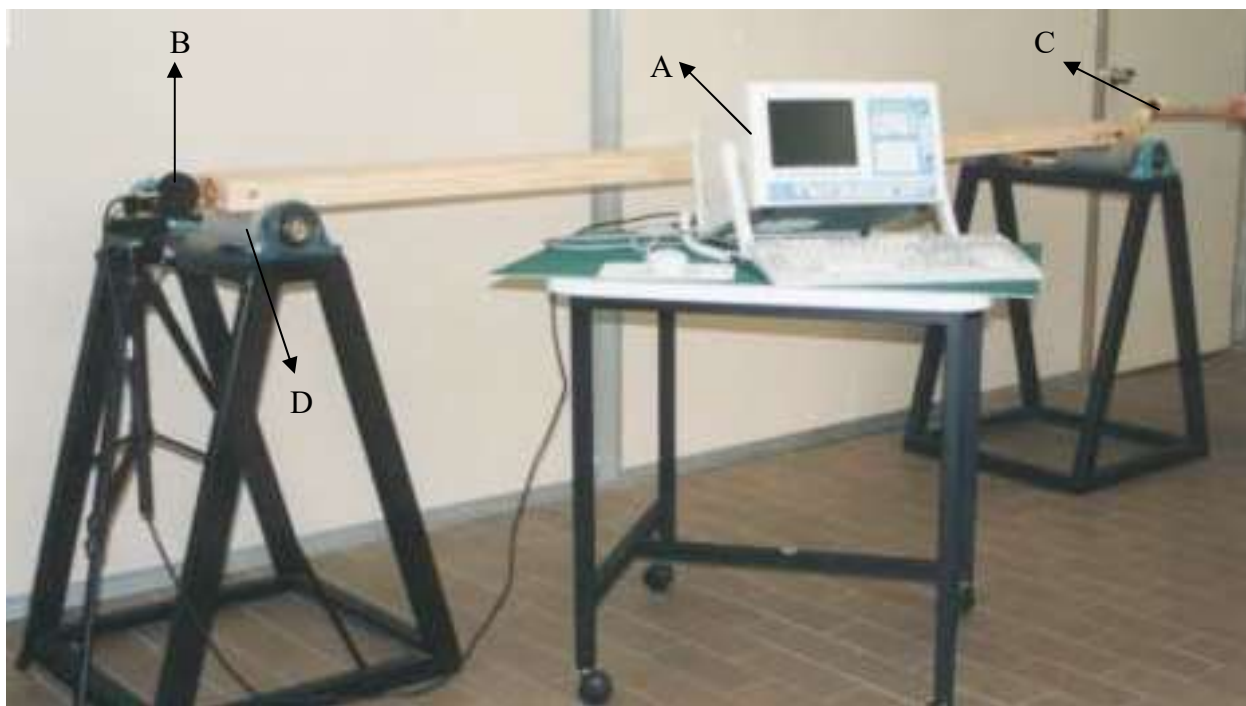
$h$  : altura

### 2.3.2. Vibración Longitudinal.

Este método utiliza un equipo denominado FFT Analyzer, que es un analizador de sonido conectado a un micrófono, donde se mide la frecuencia principal de vibración. Este equipo es de origen japonés, fabricado por la empresa AND Company, Limited.

Para realizar el ensayo se coloca la tabla apoyada sobre dos trozos de poliuretano blando para que pueda vibrar libremente. Se golpea con un martillo la cara de un extremo de la tabla y con el micrófono colocado a 5 cm de la otra cara se capta el sonido producido por la vibración longitudinal. El equipo entrega instantáneamente la frecuencia principal de vibración.





**Foto N°2. Donde: A⇒ FFT Analyzer; B⇒ Micrófono; C⇒ Martillo, D⇒ Poliuretano**

El cálculo del MOE se realiza de la siguiente manera:

$$f-l = (n / 2 * L) * (E_{f-l} * g / \rho)^{1/2}$$

donde :  $E_{f-l}$  = MOE por vibración longitudinal

$L$  = largo de la madera

$f-l$  = frecuencia de la vibración longitudinal

$g$  = constante de aceleración gravitacional

$n$  = n° de modo = 1

$\rho$  = densidad  $\Rightarrow \rho = w / (l * b * h)$  donde  $\Rightarrow$   $w$  : peso de la madera  
 $l$  : largo de la madera  
 $b$  : ancho de la madera  
 $h$  : altura

### 2.3.3. Vibración Transversal.

Dicho método es similar al anterior ya que se utiliza el mismo equipo (FFT Analyzer conectado a un micrófono). En este caso el golpe se realiza transversalmente a la tabla.

El cálculo del MOE se realiza de la siguiente manera:

$$f-t = y_n * (\pi/2) * (E_{f-t} * I * g / (\rho * A) * L^4)^{1/2}$$

donde :  $E_{f-t}$  = MOE por vibración transversal

$L$  = largo de la madera

$f-t$  = frecuencia de la vibración transversal



$g$  = constante de aceleración gravitacional

$\rho$  = densidad aparente

$A$  = área de la sección transversal

$I$  = momento de inercia.  $I = b * h^3/12$  (para piezas cuadradas), donde  $\Rightarrow b$  : ancho  
 $h$  : altura

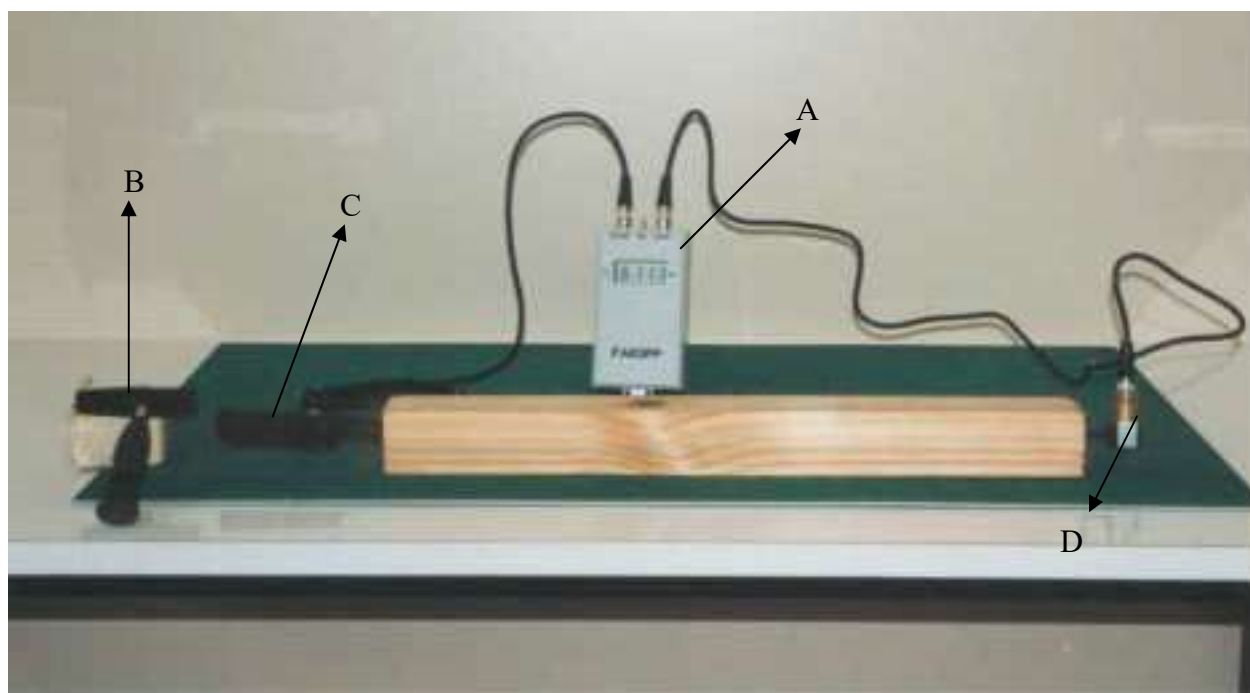
$$y_n = (n+1/2)^2 \quad (n=1)$$

#### 2.3.4. Fakopp.

El equipo para ensayos no-destructivos FAKOPP, mide el tiempo de propagación de una onda inducida por un impacto, en recorrer la distancia entre dos transductores. El nombre Fakopp proviene de la combinación de dos palabras Húngaras: “fa” y “kopp” que significan árbol y golpear. Es un equipo de origen húngaro, fabricado por la empresa ALNUS Bt.

El test consiste en los siguientes pasos:

- $\Rightarrow$  Medición de las dimensiones y del peso de la tabla.
- $\Rightarrow$  Clavar los sensores en los extremos de las tablas y conectarlos al equipo.
- $\Rightarrow$  Efectuar un golpe en el transductor de inicio “start”. El tiempo de propagación (en microsegundos) se lee inmediatamente en la pantalla.
- $\Rightarrow$  Cálculo de la velocidad y evaluación del resultado.



**Foto N°3. Donde: A  $\Rightarrow$  Fakopp, B  $\Rightarrow$  Martillo, C  $\Rightarrow$  Transductor de inicio, D  $\Rightarrow$  Receptor.**



El Módulo de Elasticidad (MOE) se calcula de la siguiente manera:

$$1/t_{-sw} = (E_{t-sw} * g/\rho)^{1/2}$$

donde:

$E_{t-sw}$ : MOE por propagación de onda de impact.

$t_{-sw}$ : tiempo de propagación de la onda por unidad de distancia recorrida

$g$ : constante de aceleración gravitacional

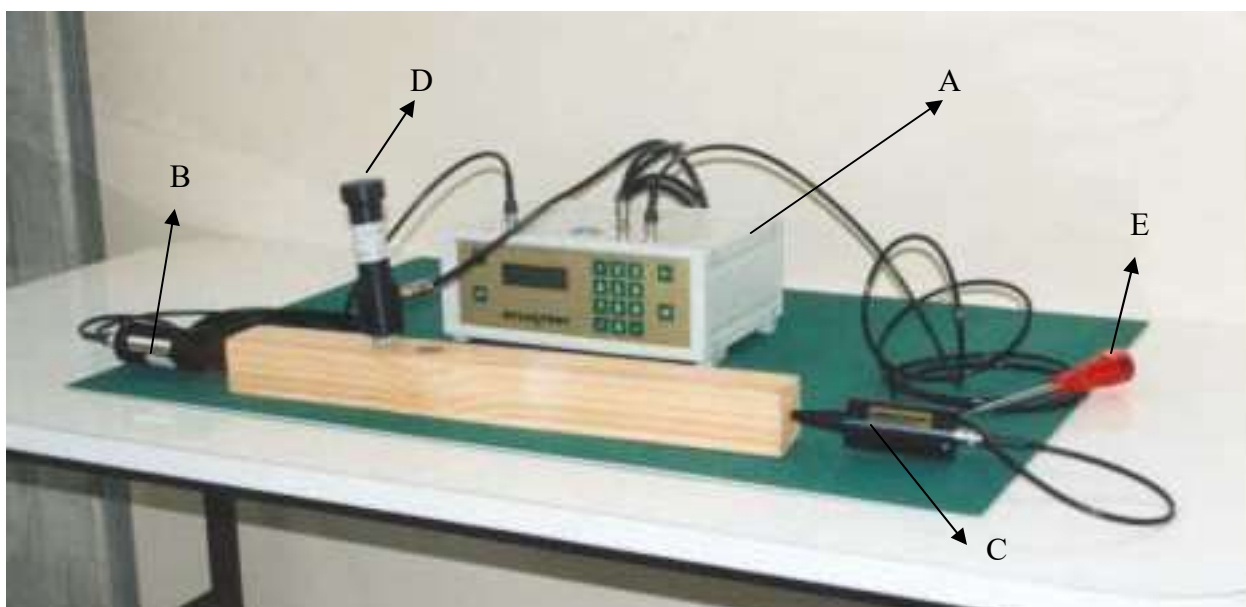
$\rho$ : densidad  $\Rightarrow \rho = w / (l*b*h)$  donde  $\Rightarrow w$ : peso de la madera

$l$ : largo de la madera

$b$ : ancho de la madera

$h$ : altura

### 2.3.5. Sylvatest.



**Foto N°4. Donde: A  $\Rightarrow$  Sylvatest, B  $\Rightarrow$  “Sender”, C  $\Rightarrow$  “Receiver”, D  $\Rightarrow$  Medidor de Temperatura y Contenido de Humedad, E  $\Rightarrow$  Perforador.**

El Sylvatest es un equipo que permite a través del ultrasonido, la clasificación de la madera según sus propiedades mecánicas. Es de origen Suizo y fue desarrollado por IBOIS (Instituto Federal de Tecnología de Suiza).

Este equipo tiene tres cables de prueba (ver Foto N°4). Dos de las salidas consisten en transductores piezoeléctricos, donde uno genera la onda (“sender”) y el otro recibe la onda transmitida (“receiver”). La tercer salida (entre las dos anteriores) proporciona mediciones simultáneas de contenido de humedad y temperatura de la madera. Empleando el microprocesador se pueden realizar las mediciones, y los distintos parámetros (especie, tipo de sección y largo de la tabla) se pueden seleccionar con mucha facilidad.



El proceso de ultrasonido se basa en el principio de la relación física entre la velocidad de propagación de una onda de ultrasonido en la madera y las propiedades mecánicas de la madera en sí misma. Por otra parte, como la velocidad de propagación depende del contenido de humedad y la temperatura de la madera, estos factores también son medidos por el equipo. El instrumento calcula y proporciona la categoría de resistencia de la tabla ensayada, proporciona un valor promedio del Módulo de Elasticidad y sugiere un valor de resistencia a la flexión.

El Módulo de Elasticidad (MOE) se calcula de la siguiente manera:

$$1/t_{-uw} = (E_{t-uw} * g/\rho)^{1/2}$$

donde:

$E_{t-uw}$ : MOE por propagación de onda de ultrasonido

$t_{-uw}$ : tiempo de propagación de la onda de ultrasonido por unidad de distancia recorrida

$g$ : constante de aceleración gravitacional

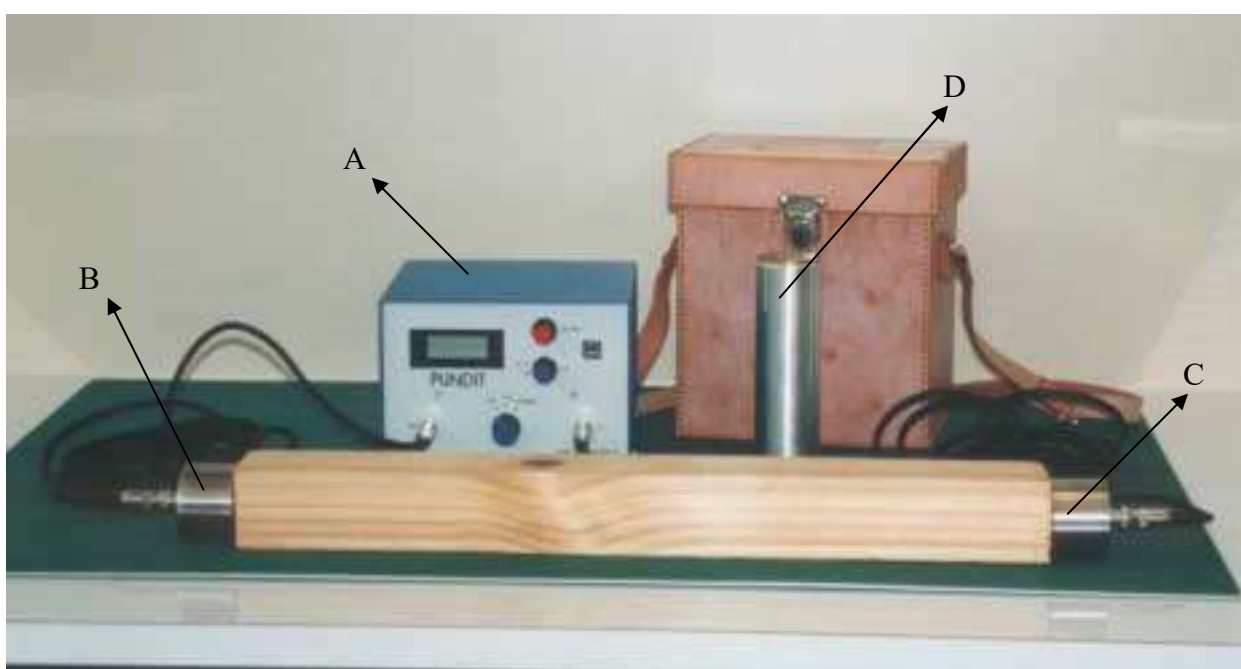
$\rho$ : densidad  $\Rightarrow \rho = w / (l*b*h)$  donde  $\Rightarrow w$ : masa de la madera

$l$ : largo de la madera

$b$ : ancho de la madera

$h$ : altura

### 2.3.6. Pundit.



**Foto N° 5. Donde: A  $\Rightarrow$  Pundit, B  $\Rightarrow$  Transductor de inicio, C  $\Rightarrow$  Transductor de llegada, D  $\Rightarrow$  Calibrador.**

Este equipo genera impulsos de ultrasonido de baja frecuencia y mide el tiempo que tarda en recorrer la distancia entre los dos transductores. Es de origen Inglés, fabricado por C.N.S. Electronics Ltd.

El equipo ha sido diseñado para que sea totalmente portátil, fácil de operar y con un alto grado de precisión y estabilidad.



La velocidad con que impulsos de ultrasonido viajan a través de un material sólido dependen de la densidad y de las propiedades elásticas de ese material.

La calidad de ciertos materiales a veces está relacionada a su rigidez elástica, es por eso que la medición de la velocidad de un impulso de ultrasonido en ciertos materiales puede ser usada para indicar la calidad del mismo, así como para determinar sus propiedades elásticas.

Se debe medir la distancia que los impulsos deberán recorrer a través de la madera para luego determinar la velocidad con la siguiente fórmula:

Velocidad del impulso = Distancia recorrida / Tiempo

Tanto la distancia como el tiempo se deben medir con una precisión del  $\pm 1\%$ .

El método de velocidad de impulso ha demostrado que proporciona medias confiables para la estimación de resistencias en maderas y ha sido usado para ensayar diferentes tipos de productos forestales.

El Módulo de Elasticidad (MOE) se calcula de la siguiente manera:

$$1/t_{-uw} = (E_{t_{-uw}} * g/\rho)^{1/2}$$

donde:

$E_{t_{-uw}}$ : MOE por propagación de onda de ultrasonido

$t_{-uw}$ : tiempo de propagación de la onda de ultrasonido por unidad de distancia recorrida

$g$ : constante de aceleración gravitacional

$\rho$ : densidad  $\Rightarrow \rho = w / (l*b*h)$  donde  $\Rightarrow w$ : peso de la madera

$l$ : largo de la madera

$b$ : ancho de la madera

$h$ : altura



### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

En este capítulo se analizarán los resultados experimentales obtenidos para contenido de humedad en el momento del ensayo de flexión estática. También se discutirán los resultados de módulo de elasticidad obtenidos a través de los seis métodos utilizados sobre probetas de tamaño real de *Pinus taeda*.

#### 3.1. CONTENIDO DE HUMEDAD.

El contenido de humedad de las tablas se tomó en el momento de realizado el ensayo con un xilohigrómetro MOCO modelo HM530. Se tomaron dos medidas por tabla y se calculó el promedio. Dichos valores se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla N°1: Contenido de humedad (CH) en el momento del ensayo de las 50 tablas.**

N° de probeta					CH (%)
1	2	1	A		23
1	3	1	A		21
2	3	1	A		28
2	4	1	A		24
3	3	1	A		21
6	2	1	A		26
6	3	1	A		25
7	2	1	A		27
8	3	1	A		27
11	2	1	A		21
12	3	1	A		19
13	2	1	A		21
Promedio					24
Desviación Std					3,0
Coef. Variación.					13
n					12

N° de probeta					CH (%)
1	1	1	B		27
1	1	2	B		29
1	4	1	B		24
2	2	1	B		24
2	5	1	B		28
3	2	2	B		25
3	2	1	B		24
3	4	2	B		24
3	4	1	B		25
7	1	1	B		28
7	3	2	B		25
7	3	1	B		27
8	2	1	B		21
11	1	1	B		27
11	3	1	B		20
12	2	1	B		22
12	4	1	B		18
Promedio					25
Desviación Std					3,0
Coef. Variación					12
n					17

N° de probeta					CH (%)
1	2	2	C		28
1	3	2	C		30
1	4	2	C		30
1	5	2	C		29
1	5	1	C		28
1	6	1	C		23
2	2	2	C		27
2	3	2	C		28
2	4	2	C		28
2	5	2	C		22
3	1	1	C		26
3	3	2	C		26
3	5	1	C		28
6	1	1	C		24
6	4	1	C		21
7	2	2	C		29
7	4	1	C		22
8	1	1	C		25
8	4	1	C		26
11	1	1	C		24
13	1	1	C		21
Promedio					26
Desviación Std					3,0
Coef. Variación					12
n					21

### 3.2. COMPARACIÓN DE LOS SEIS DIFERENTES MÉTODOS NO-DESTRUCTIVOS.

Para poder comparar los resultados, se calculó el coeficiente de correlación entre los valores de MOE obtenidos utilizando el método de flexión estática con pesas ( $E_b$ ) y con los otros cinco métodos. Los resultados se pueden observar en la siguientes cinco gráficas de la figura N°2:

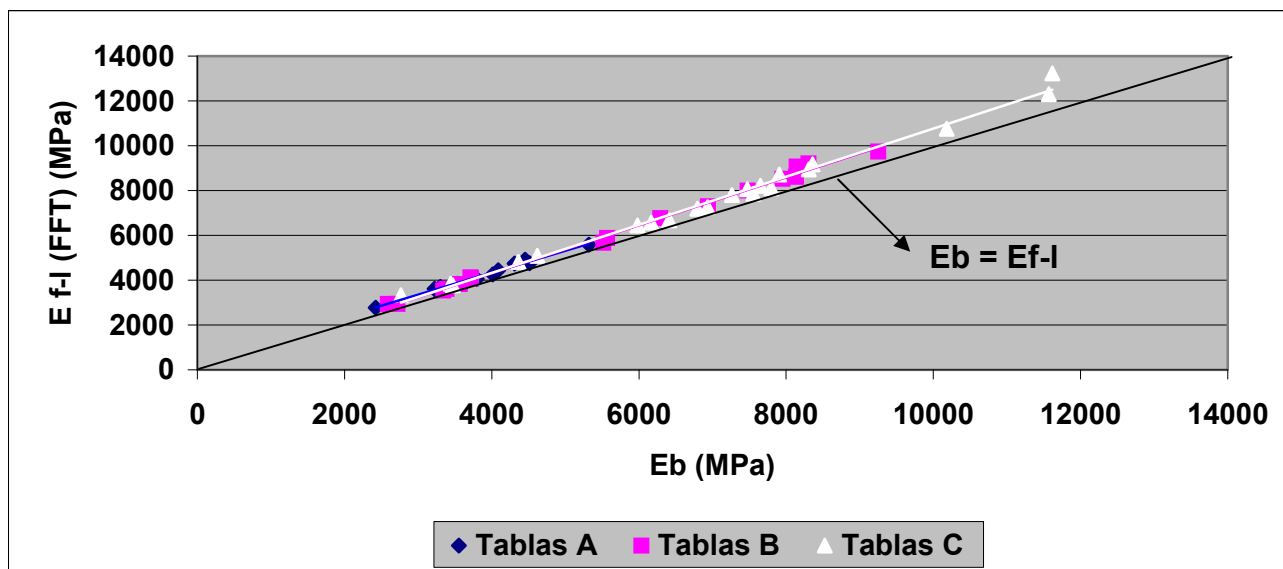


Figura N°2  $\Rightarrow$  Gráfica A: FFT Analyzer (Vibración Longitudinal).

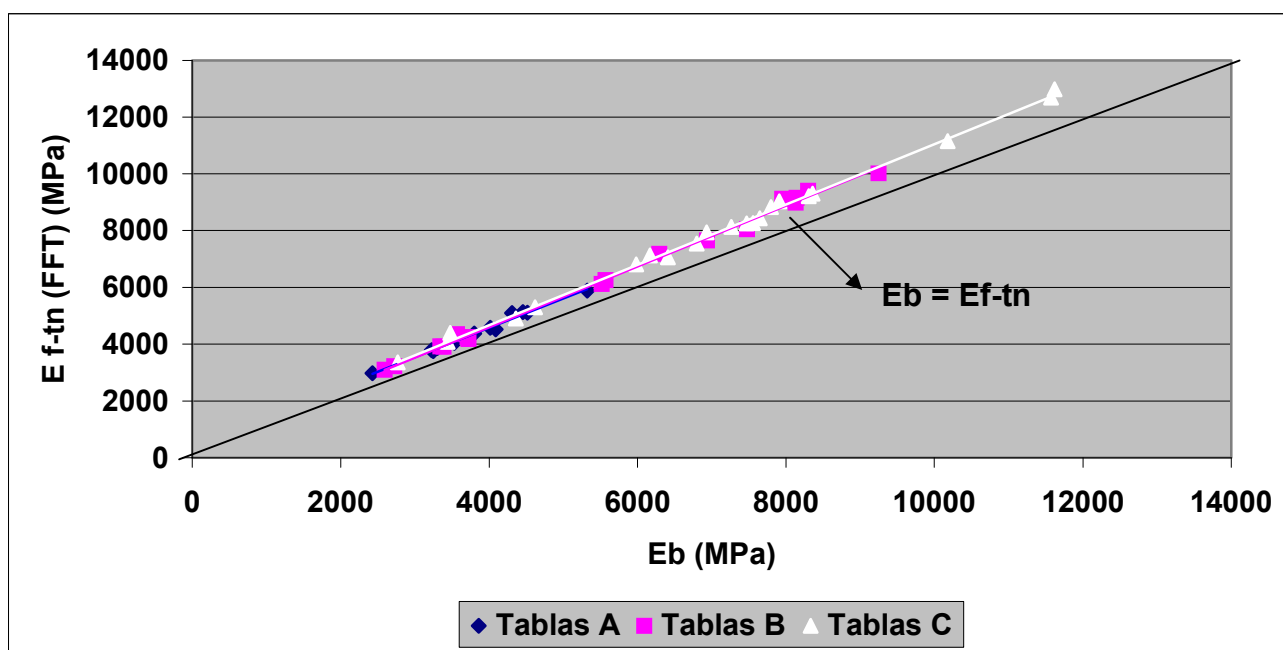
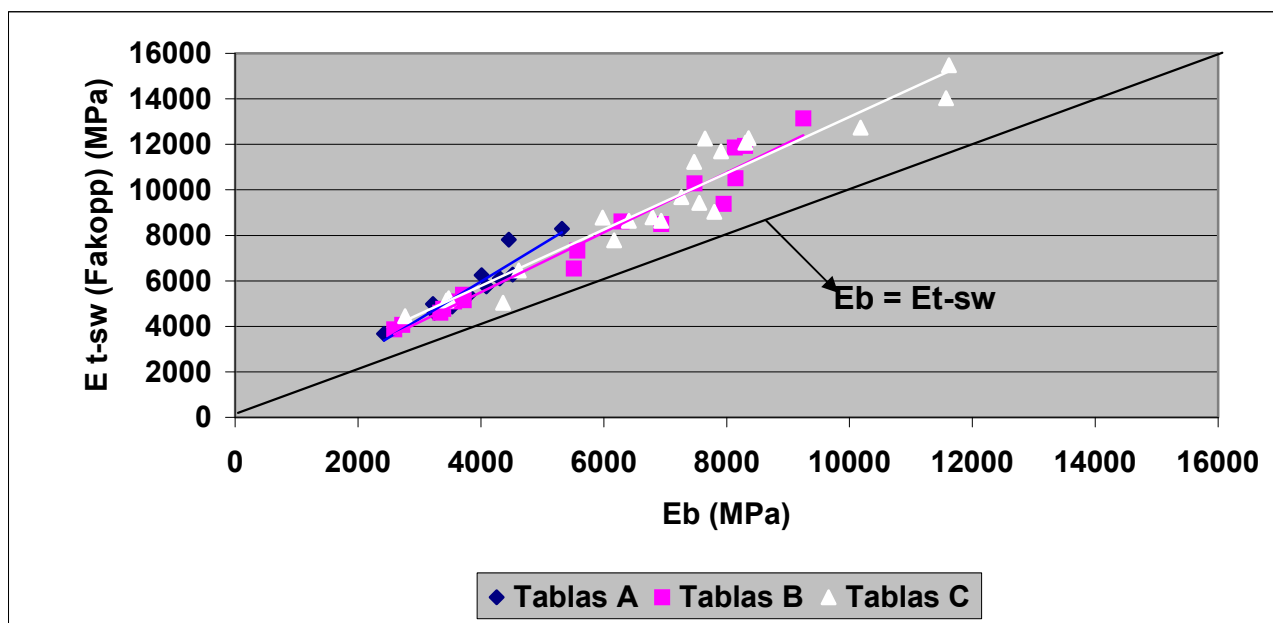
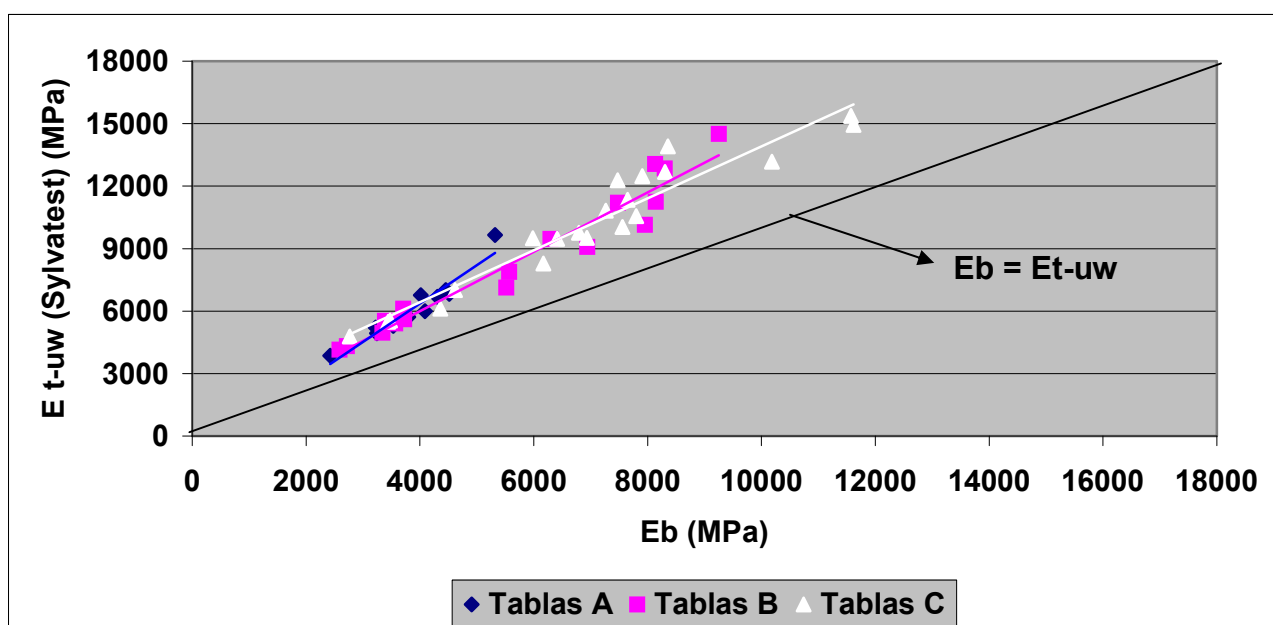


Figura N°2  $\Rightarrow$  Gráfica B: FFT Analyzer (Vibración Transversal).






Figura N°2  $\Rightarrow$  Gráfica C: Fakopp.

Figura N°2  $\Rightarrow$  Gráfica D: Sylvatest.

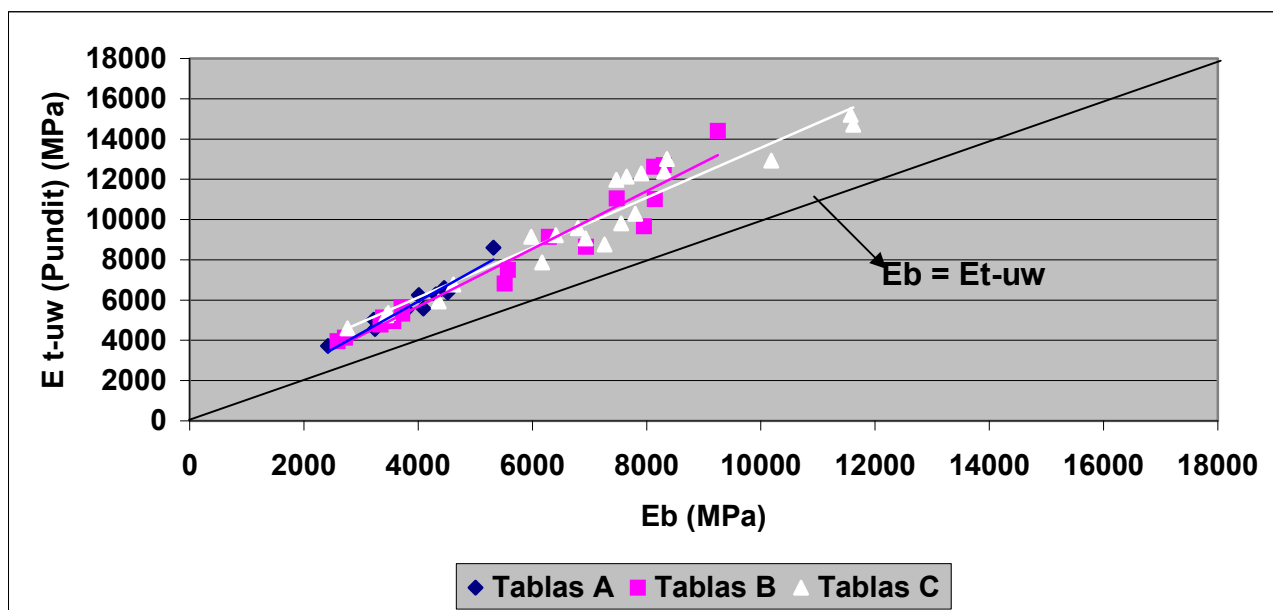


Figura N°2 ⇨ Gráfica E: Pundit

**Figura N°2: Correlación del MOE medido a través del método de Flexión Estática (Pesas). ( $E_b$ ) y el MOE obtenido con los otros cinco métodos utilizados. Influencia de la posición en la troza (A, B y C)**

Los resultados individuales del MOE de cada tabla se pueden observar en el anexo 1, mientras que los coeficientes de correlación del MOE calculado para los cinco equipos con respecto a la flexión estática (Pesas) se pueden observar en la siguiente tabla:

**Tabla N°2: Coeficiente de correlación del MOE calculado para los 5 equipos con respecto a la flexión estática. Influencia de la ubicación en la troza.**

EQUIPO	MUESTRA	n	COEF. CORR.
FFT (Vib. Trans)	A	12	0,994
	B	17	0,998
	C	21	0,999
FFT (Vib. Long)	A	12	0,995
	B	17	0,998
	C	21	0,996
Fakopp	A	12	0,941
	B	17	0,980
	C	21	0,958
Sylvatest	A	12	0,961
	B	17	0,976
	C	21	0,963
Pundit	A	12	0,967
	B	17	0,973
	C	21	0,958



A modo de ejemplo, se puede observar a partir de la figura N°2 y la tabla N°2, el alto coeficiente de correlación que se encontró entre el MOE obtenido por el método de flexión (Pesas) y el MOE calculado a través del FFT (Vibración longitudinal y Vibración transversal).

Del estudio de los coeficientes de correlación para los cinco casos considerados se puede deducir que estos dos métodos mencionados son los más apropiados para la estimación de las propiedades de flexión estática de las tablas.

En los otros tres métodos utilizados (Pundit, Fakopp y Sylvatest), por más que los coeficientes de correlación fueron levemente inferiores que para los métodos anteriores (FFT Analyzer), igualmente se obtuvieron coeficientes altos y positivos.

Es importante observar también, que los valores de las correlaciones entre flexión estática (Pesas) y el FFT (Vibración longitudinal y Vibración transversal), son muy similares entre las distintas clasificaciones de tablas (A, B y C).

Como conclusión de la evaluación de las correlaciones encontradas, los seis métodos utilizados fueron apropiados para estimar las propiedades de flexión en tablas de tamaño real, encontrándose pocas diferencias entre ellos. A pesar de esto, desde el punto de vista del uso práctico, el método de vibración longitudinal es el más apropiado para la estimación del MOE. La razón de esto es que dicho método tiene alta reproducibilidad, es simple y no requiere poner en contacto con la madera ni clavos ni sensores. Además de las ventajas anteriormente dichas, el método por vibración longitudinal, es el método más apropiado para utilizar en tablas más cortas que las ensayadas en este estudio (Nagao H., 1991).



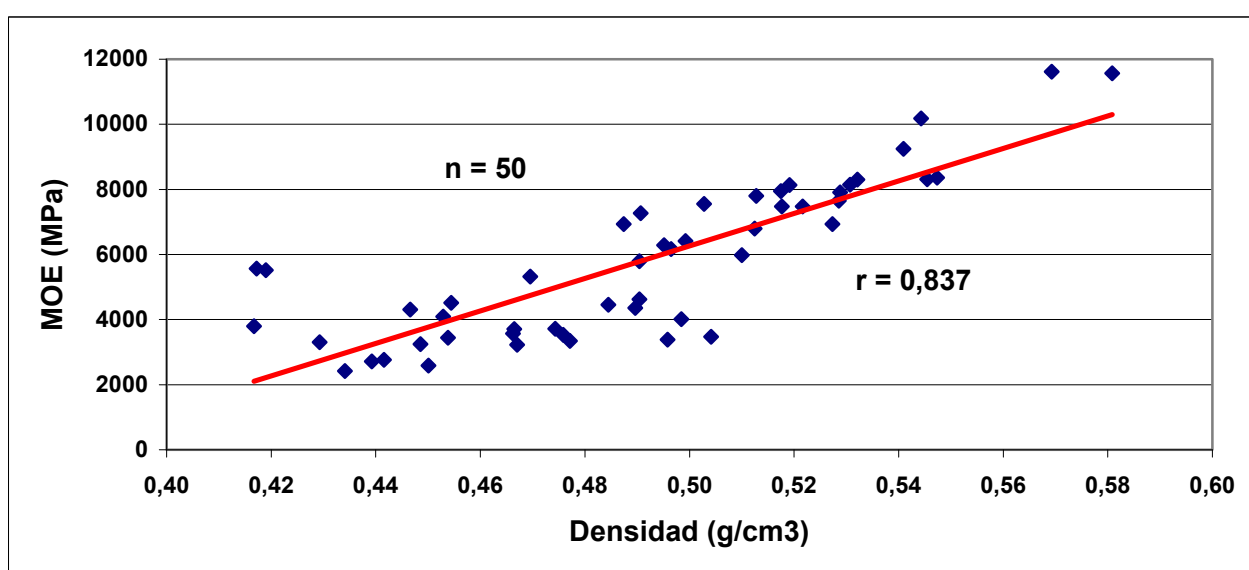
### 3.3. RELACIÓN ENTRE EL MOE Y LA DENSIDAD.

De todas las propiedades de la madera, la densidad es la más significativa para determinar el uso final que se le pueda dar. Tiene una influencia considerable en el rendimiento pulpable, las propiedades físicas, químicas y mecánicas. La relación general entre resistencia y densidad de la madera está bien establecida para muchas especies, sin embargo esta relación no ha sido aún estudiada en plantaciones de *Pinus taeda* en Uruguay.

La relación entre la densidad al momento de realizar el ensayo no-destructivo y el MOE por el método de flexión estática (Pesas) se puede observar en la gráfica N°3. El contenido de humedad de cada una de las tablas ensayadas se observa en la tabla N°1.

El coeficiente de correlación calculado mostró ser alto y positivo ( $r = 0,837$ ,  $n = 50$ ). El contenido de humedad de las tablas osciló entre 18 y 30 % con una media de 25 %.

La densidad se calculó con el contenido de humedad existente en el momento del ensayo, aplicando la fórmula: Densidad: Masa / Volumen.



**Gráfica N° 3: Correlación entre Densidad (g/cm3) y MOE (Método de Pesas)**



### 3.4. MOE DE MADERA JUVENIL Y MADERA ADULTA.

#### 3.4.1. Variación del MOE desde médula a corteza.

En general, la calidad de la madera adulta es superior a la de la madera juvenil, o sea ocurre un incremento gradual o rápido de la calidad de la madera desde la médula hasta las zonas externas del fuste. Este cambio está influenciado por la especie y por las condiciones de crecimiento. Para el caso de los árboles ensayados, la transición de una madera a otra ocurrió entre los anillos 8 y 15 (distancia promedio de la médula de entre 11 y 16 centímetros aproximadamente). Una vez que el árbol comienza a generar madera adulta, la calidad de ésta se mantiene casi constante, encontrándose en esta madera las características genéticas originales de cada árbol. Igualmente, la tendencia de la variación del MOE entre árboles presenta diferentes modelos y valores. Los resultados obtenidos de tablas de 9 árboles diferentes presentaron una gran variación, por lo tanto la variación del MOE en los 9 árboles ensayados se discutirá en este capítulo.

Las tablas A ensayadas, que incluían médula, presentaron valores de MOE menores que las tablas B y C. La importante diferencia encontrada principalmente entre las tablas A y C se debe fundamentalmente al mayor porcentaje de madera juvenil presente en las tablas A.

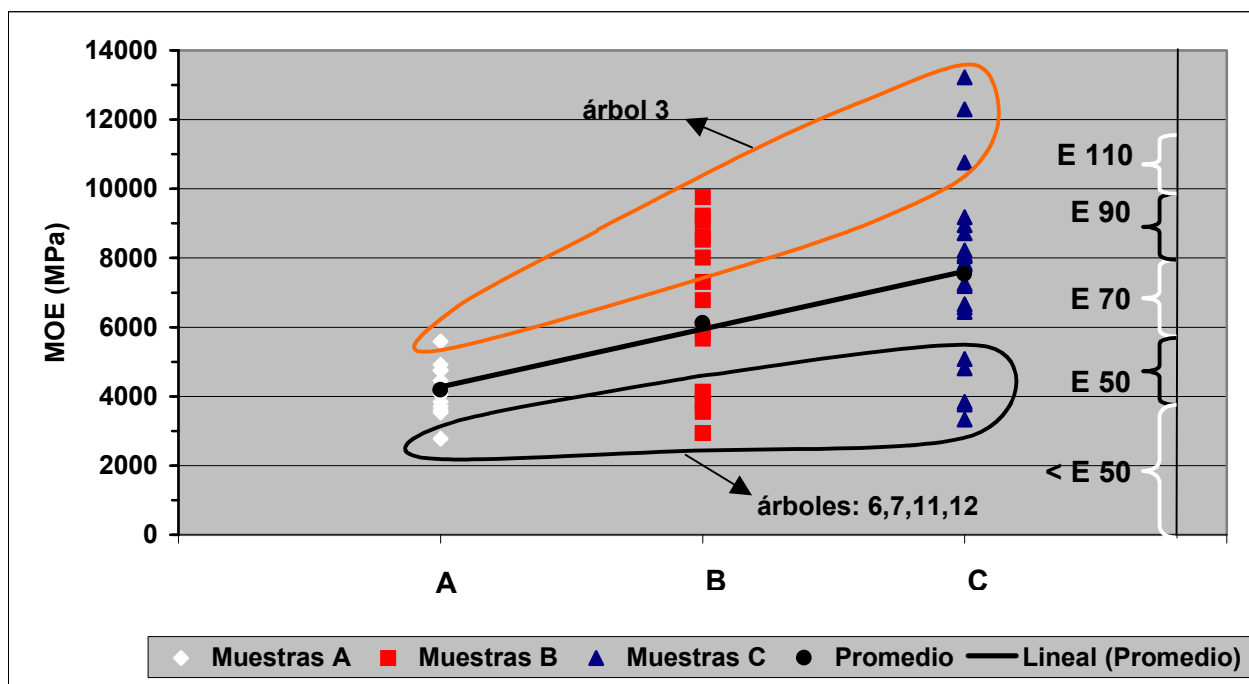
Es importante también observar, que la desviación standard del MOE obtenido para las muestras A fue menor que para las otras dos categorías. Esto se debe a que como se mencionó anteriormente, la transición entre madera juvenil y adulta se observó (estimada a partir de mediciones de largo de traqueidas) entre los 8-15 años, lo que implica que la mayoría de las tablas A presentaban un muy alto porcentaje de madera juvenil, mientras que las tablas B y C el porcentaje era muy variable.

Los valores de MOE promedio, máximo, mínimo y desvío estándar obtenidos del ensayo de flexión estática (Pesas) para las diferentes categorías A, B y C de los 9 árboles ensayados se observan en la siguiente tabla :

**Tabla N° 3: Valores obtenidos de MOE (MPa) por flexión estática (Pesas) según ubicación de las tablas en las trozas.**

	CATEGORÍAS DE TABLAS		
	A	B	C
<b>n</b>	12	17	21
<b>Media (MPa)</b>	4190	6120	7530
<b>Máximo (MPa)</b>	5590	9760	13220
<b>Mínimo (MPa)</b>	2780	2940	3330
<b>Desviación Std.</b>	758	2450	2600
<b>Coef. Variación (%)</b>	18,1	40,0	34,5

### 3.4.2. Variación del MOE entre los 9 árboles ensayados.



**Gráfica N°4: Valores de MOE (Pesas) según su ubicación respecto a la médula.**

Observando la gráfica N° 4, se puede decir que el MOE de los árboles N° 6, 7, 11 y 12 no tuvo un incremento importante desde la médula a la corteza, especialmente esta tendencia se observa en los árboles N° 7, 11 y 12. Por ejemplo, los valores medios de MOE (MPa) para las tablas A, B y C del árbol N°11 son 2420, 2650 y 2760 respectivamente, donde la diferencia entre la media de las tablas A y C es de solamente 300 (MPa). Por otra parte, la media del MOE del árbol N°3, para las tablas A, B y C, fue de 5320, 8290 y 10500 (MPa) respectivamente, siendo la diferencia entre A y C de 5180 MPa.

Teniendo en cuenta que en este estudio, los árboles seleccionados fueron solamente 9 y que además se muestrearon de un solo lugar, no se puede llegar a una conclusión definitiva. Igualmente, considerando que cerca del 50% de los 9 árboles ensayados mostraron un valor de MOE menor que el esperado, se puede decir que las plantaciones de *Pinus taeda* presentan una gran variación entre árboles. Se deberá investigar más y acumular más información de las plantaciones, y se deberá ensayar e inspeccionar la madera según sus usos finales, especialmente para madera estructural sometida a estándares de calidad.





#### 4. CLASIFICACIÓN DE *P. TAEDA* BASADA EN EL MOE SEGÚN NORMAS JAS.

Con los resultados obtenidos de los seis diferentes métodos no-destructivos aplicados en tablas de *Pinus taeda* cultivados en Uruguay, se observó que existe una buena correlación entre ellos, especialmente entre el método de flexión estática (Pesas) y el FFT Analyzer (Vib. longitudinal y transversal). Por lo tanto, se realizó una clasificación por propiedades mecánicas a partir del módulo de elasticidad obtenido por los métodos no-destructivos. En este caso, la clasificación se realizó con los resultados obtenidos con el FFT Analyzer (Vib. Long.).

Los resultados se clasificaron según las normas JAS (Japan Agricultural Standard) para madera estructural y se observan en la siguiente tabla:

**Tabla N° 4: Clasificación de las tablas según normas JAS.**

Clasificación por JAS.	MOE (10 <sup>3</sup> kgf/cm <sup>2</sup> )	MOE (MPa)	N° de Árbol y categoría de tabla
Valores menores que E 50			7(B,C),11(B,C),otras A
E 50	40-60	3920-5880	3(A),6(C),8(C),12(B),13(A)
E 70	60-80	5880-7850	1(B,C),2(B,C),13(C)
E 90	80-100	7850-9810	3(B)
E 110	100-120	9810-11770	3(C)
E 130	120-140	11770-13730	
E 150	140-160	13730-15690	

De los resultados obtenidos se puede decir que los *Pinus taeda* ensayados pertenecen a categorías desde menor que E 50 hasta E 110.

Generalmente, las tablas ensayadas que incluían médula (categoría A) presentaron un valor de MOE muy bajo, con excepción de los árboles N° 3 y 13. Por otra parte, los árboles N° 7 y 11 mostraron un MOE muy bajo a pesar de que las tablas eran categoría B y C. En las tablas que presentaban médula (A), se observó claramente que no alcanzaron un valor de MOE suficientemente alto como para ser usadas con fines estructurales. Esto mismo se puede decir para las tablas que se encuentren muy cerca a la médula (algunas de la categoría B).

Es muy importante también aclarar que se encontró una muy alta variación entre diferentes árboles. Algunos árboles presentaron un MOE muy alto (ej: árbol N°3) mientras que otros presentaron MOE muy bajos (ej: árbol N°11). Esto demuestra que existe la posibilidad de aumentar la calidad de la madera de *Pinus taeda* mediante mejoramiento genético y manejo forestal.

La variación entre árboles y la variación entre las diferentes categorías (A, B y C) se puede observar en la gráfica N° 4 y a su vez como esta variación influye en la categorización según normas JAS.



## 5. CONCLUSIONES.

De la estimación del módulo de elasticidad de las tablas de *Pinus taeda* se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- 1) Los métodos de evaluación del módulo de elasticidad que fueron comparados con el método de la flexión estática (Pesas), presentaron todos ellos coeficientes de correlación (del MOE) altos y positivos.
- 2) El FFT Analyzer (Vibración Longitudinal) se presentó como el método más apropiado para la estimación del MOE, ya que presenta alta correlación, alta reproducibilidad, es simple y no requiere poner en contacto con la madera ni clavos ni sensores.
- 3) Se observó también un coeficiente de correlación alto y positivo entre el MOE y la densidad calculada en el momento de realizado el ensayo.
- 4) La clasificación de las tablas en tres diferentes categorías (A, B y C) demostró la variación del MOE según la ubicación de la tabla dentro de la troza. Es por esto que es muy importante tener en cuenta dónde ocurre la transición entre la madera juvenil y la madera adulta, siendo para este ensayo entre los anillos 8 y 12, ya que las propiedades mecánicas varían mucho entre los dos tipos de madera.
- 5) Mediante la clasificación según las normas JAS de las 50 tablas estudiadas, se determinó que estas abarcan cinco categorías diferentes (<E50, E50, E70, E90 y E110).
- 6) Según la clasificación por las normas JAS, se puede decir que las tablas que presenten alto porcentaje de madera juvenil (tablas A) no podrán ser usadas con fines estructurales. El uso final de las tablas B y C dependerá del porcentaje de madera juvenil que ellas presenten.
- 7) El hecho de que se hayan encontrado árboles con valores de MOE muy superiores que los de más, demuestra que es posible aumentar la calidad de la madera de *Pinus taeda* mediante mejoramiento genético y manejo forestal.
- 8) Se observó una muy alta variación del MOE entre los 9 árboles estudiados, lo que implica que se deberá investigar más y acumular más información de las plantaciones de *Pinus taeda* cultivados en Uruguay.
- 9) Los seis métodos de evaluación utilizados en este estudio resultaron ser simples, rápidos y confiables. Por esto, y por la practicidad de su uso, estos métodos pueden ser recomendados para su uso en la industria forestal.



## 6. BIBLIOGRAFÍA.

1. NAKAI, T.; TANAKA, T. / Non-destructive test by frequency of full-size timber for grading, *Buliding Research and Practice*. 1989, 17 (1).
2. NAGAO, H.; NAKAI, T.; TANAKA, T. / Non destructive evaluation of bending and tensile strength by longitudinal and transverse vibration of lumber, *Eighth International Nondestructive Testing of Wood Symposium, Proceedings*, Washintong State Univ. And USDA Forest Products Lab., 1991: 23-25.
3. KOMATSU, K. / Strength characteristics of sugi wood as a structural material. Proceedings of the symposium for promoting sugi wood as a structural material. *Timber Research Group Meeting*, Japan Wood Research Society, 1998: 9-20.
4. NAKAI, T. / Quality of planted trees. Breeding strength of sugi squares. *Wood Industry*, 1984, 39 (11): 552-556. (Japanese).
5. Agriculture Handbook 72; *Wood Handbook*; Wood as an engineering material, USDA, 1999.
6. WATANABE, H.; TSUTSUMI, J.; MATSUMOTO, T; OHTA S. / Study on juvenile wood, *Japan Wood Research Society*, 1964, 10 (4): 125-130.
7. OHTA, S.; WATANABE, H. / Mechanical properties of juvenile wood- Relationship between dynamic modulus of elasticity and fibril angle of Sugi stems (*Cryptomeria japonica*), *Scientific Report of Experimental Forest of Kyushu University*, 1968, (22): 105-116.
8. OHTA, S.; WATANABE, H. / Mechanical properties of juvenile wood in the stem of Hinoki (*Chamaecyparis obtusa*), *Japan wood Research Society*, 1968, 14 (5).
9. COWN, D. / Variation in tracheid dimensions in the stem of a 26-year-old radiata pine tree, *APPITA* 28, 1975, (28): 237-245.
10. BAMBER, K.; BURLEY, J. / *The wood properties of Radiata pine*, Commonwealth Agricultural Bureaux, Australia 1983.
11. OHTA, S. / The observations of tree ring structure by soft X-ray densitometry(2)- The effects of wind direction on growth and some properties of *Pinus pinaster*, *Japan Wood Research Society*, 1979, 25: 561-566.
12. WATANABE, H.; TSUTSUMI, J.; KOJIMA, K. / Study on juvenile wood(1), *Japan Wood Research Society*, 1963, 9 (6): 225.



7. ANEXO.

## ANEXO 1:

Módulo de elasticidad (MPa) calculado con los seis métodos utilizados para las 50 tablas ensayadas y contenido de humedad (%) de dichas tablas en el momento de realizado el ensayo:

Nº de Tabla				MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LOS DIFERENTES EQUIPOS (MPa)						Contenido de Humedad (%)
				Flex. Estática (Pesas)	Pundit	Sylvates t	Fakop p	FFT Analyzer		
								Vib. Long.	Vib. Trans.	
1	2	1	A	4454	6594	7013	7814	4913	5124	23
1	3	1	A	3222	5019	5209	4970	3606	3771	21
1	1	1	B	7951	9664	10150	9388	8527	9122	27
1	1	2	B	8142	11018	11245	10512	9065	9154	29
1	4	1	B	3708	5641	6111	5384	4130	4250	24
1	2	2	C	7798	10280	10560	9035	8107	8825	28
1	3	2	C	8307	12375	12689	12073	8944	9208	30
1	4	2	C	7648	12132	11343	12264	8215	8428	30
1	5	1	C	7471	11976	12285	11235	8051	8248	28
1	5	2	C	7909	12298	12478	11700	8721	9028	29
1	6	1	C	10183	12931	13172	12742	10761	11154	23
2	3	1	A	4516	6383	6831	6278	4752	5107	28
2	4	1	A	4013	6250	6758	6250	4255	4581	24
2	2	1	B	6937	8657	9078	8496	7307	7653	24
2	5	1	B	6290	9138	9469	8606	6776	7182	28
2	2	2	C	7555	9807	10036	9432	7860	8259	27
2	3	2	C	6409	9224	9465	8634	6665	7052	28
2	4	2	C	6795	9574	9763	8791	7190	7543	28
2	5	2	C	5982	9142	9500	8777	6439	6806	22
3	3	1	A	5320	8610	9647	8284	5589	5884	21
3	2	1	B	8133	12627	13064	11858	8618	8985	24
3	2	2	B	8301	12705	12847	11940	9214	9404	25
3	4	2	B	9249	14402	14515	13138	9748	10021	24
3	4	1	B	7477	11052	11207	10287	8004	8044	25
3	1	1	C	11616	14715	14945	15482	13223	12980	26
3	3	2	C	8358	13003	13912	12268	9177	9304	26
3	5	1	C	11571	15198	15376	14035	12299	12693	28
6	2	1	A	4088	5584	5998	5756	4449	4517	26
6	3	1	A	3302	4857	5061	4708	3706	3871	25
6	1	1	C	6169	7868	8287	7780	6572	7122	24
6	4	1	C	3440	5244	5494	5143	3841	4083	21



N° de Tabla				MÓDULO DE ELASTICIDAD DE LOS DIFERENTES EQUIPOS (MPa)						Contenido de Humedad (%)
				Flex. Estática (Pesas)	Pundit	Sylvatest	Fakopp	FFT Analyzer		
								Vib. Long.	Vib. Trans.	
7	2	1	A	3244	4567	4937	4599	3539	3753	27
7	1	1	B	3342	4779	4972	4598	3546	3925	28
7	3	2	B	3383	5133	5530	4767	3618	3909	25
7	3	1	B	3566	4954	5405	5098	3826	4354	27
7	2	2	C	3471	5351	5546	5227	3763	4389	29
7	4	1	C	4360	5935	6120	5044	4814	4904	22
8	3	1	A	3530	4953	5282	4862	3842	4046	27
8	2	1	B	3721	5321	5616	5145	4079	4182	21
8	1	1	C	6933	9058	9508	8640	7258	7936	25
8	4	1	C	4619	6771	7013	6456	5084	5298	26
11	2	1	A	2423	3722	3859	3667	2775	2979	21
11	1	1	B	2588	3960	4144	3861	2943	3092	27
11	3	1	B	2717	4134	4323	4071	2941	3222	20
11	1	1	C	2765	4599	4787	4453	3334	3357	24
12	3	1	A	3797	5521	5714	5380	4053	4368	19
12	2	1	B	5514	6828	7135	6541	5664	6117	22
12	4	1	B	5568	7507	7887	7327	5888	6260	18
13	2	1	A	4309	6277	6684	6111	4744	5092	21
13	1	1	C	7265	8760	10814	9675	7803	8131	21
n				50	50	50	50	50	50	50
MEDIA (MPa)				5789	8242	8576	7972	6245	6534	25
MAX (MPa)				11616	15198	15376	15482	13223	12980	30
Min (MPa)				2423	3722	3859	3667	2775	2979	18
Desv. Standard				2395	3268	3269	3106	2566	2573	3
Coef. de Variación (%)				41,4	39,6	38,1	39,0	41,1	39,4	12,3



## **Laboratorio Tecnológico del Uruguay Sector Productos Forestales**

Av. Italia 6201- CP. 11500-Montevideo, Uruguay  
Tel. (+598-2)601.3724 Int. 321 Fax:(+598-2)601.8554  
e-mail: rdecas@latu.org.uy





# **PROPIEDADES MECÁNICAS DE** *Pinus elliottii* Eng **DEL NORTE DEL URUGUAY**

## **Informe N° 7** **Grupo Técnico de Madera Aserrada** **de Pino "GT3"**

Dirección General Forestal M.G.A.P.  
Sociedad de Productores Forestales

Asociación de Industriales de la madera

Facultad de Agronomía

INIA - Programa Nacional Forestal

LATU - Departamento de Proyectos Forestales



Marzo 2008

## Organización del Grupo Técnico de Madera Aserrada de Eucalipto

<b>Persona</b>	<b>Institución</b>
Ing. Agr. Peter Baptista	Dirección General Forestal M.G.A.P.
Ing. Agr. Carlos Voulminot	Sociedad de Productores Forestales
Ing. Agr. Carlos Mantero	Facultad de Agronomía
Ing. Agr. Fernando Resquin	INIA Programa Nacional Forestal
Dr. Sadaaki Ohta	LATU Dpto. Proyectos Forestales
Per. Agr. Hugo O'Neill	LATU Dpto. Proyectos Forestales
Tec. Agr. Felipe Tarigo	LATU Dpto. Proyectos Forestales
Ing. Quím. Raúl de Castro	LATU Dpto. Proyectos Forestales
Sr. Dilvar Silva	LATU Dpto. Proyectos Forestales
Sr. Francisco Gatto	LATU Dpto. Proyectos Forestales

<b>Equipo de trabajo técnico</b>
Per. Agr. Hugo O'Neill
Tec. Agr. Felipe Tarigo

### Agradecimientos

Por el apoyo a FYMNSA que suministro el material que hizo posible la realización de este estudio y a Industrias Forestales Puerto Arazatí S.A. por el secado de las vigas.





**Dirección General Forestal M.G.A.P.**



**Sociedad de Productores Forestales**



**Asociación de Industriales de la Madera**



**Facultad de Agronomía**



**INIA – Programa Nacional Forestal**



**LATU - Departamento de Proyectos Forestales**

<http://www.latu.org.uy>

e-mail: [honeill@latu.org.uy](mailto:honeill@latu.org.uy) : [ftarigo@latu.org.uy](mailto:ftarigo@latu.org.uy)



<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>MATERIALES</b>	<b>1</b>
2.1	Muestreo y clases diamétricas de los árboles	1
2.2	Características de el rodal muestreado	2
2.2.1	Datos técnicos del rodal	2
2.2.2	Tratamientos silviculturales (podas y raleos)	3
<b>3.</b>	<b>ENSAYOS EN LAS TROZAS</b>	<b>3</b>
3.1	Clasificación visual de las trozas	3
3.2	Determinación del Contenido de Humedad y la Densidad Aparente Básica	4
3.3	Determinación del Módulo de Elasticidad (MOE) de las trozas, por el método de ensayo no destructivo FFT Analyzer	5
3.4	Aserrado de las trozas para obtención de las tablas 50 x 150 mm (2" X 6")	6
<b>4.</b>	<b>ENSAYOS MECÁNICOS DESTRUCTIVOS Y NO DESTRUCTIVOS EN TABLAS 50 x 150 mm 2" X 6"</b>	<b>7</b>
4.1	Secado de las tabas en horno industrial	7
4.2	Dimensionado de las tablas e inspección visual	7
4.3	Determinación del Módulo de Elasticidad (MOE) en tablas de 2" X 6" por los métodos de ensayo no destructivos FFT Analyzer y Fakopp	8
4.4	Determinación del Módulo de Elasticidad (MOE) y el Módulo de Rotura (MOR) en ensayo de flexión (Máquina Universal) sobre tablas de 2" X 6"	9
4.5	Determinación del Contenido de Humedad y la Densidad Aparente Corriente de las tablas ensayadas	10
<b>5.</b>	<b>ENSAYOS MECÁNICOS EN PEQUEÑAS PROBETAS LIBRES DE DEFECTOS</b>	<b>10</b>
5.1	Determinación del Módulo de Elasticidad (MOE) y del Módulo de Rotura (MOR)	10
5.2	Determinación de la Resistencia al Impacto, ensayo de Flexión Dinámica	11
5.3	Determinación de la dureza Janka	12
5.4	Determinación del Contenido de Humedad y Densidad Aparente Corriente	12
<b>6.</b>	<b>RESULTADO Y DISCUSIÓN</b>	<b>13</b>
6.1	Estudios realizados sobre trozas en estado verde	13
6.1.1	Clasificación visual	13
6.1.2	Contenido de Humedad y Densidad Aparente Básica	13
6.1.3	Contenido de Humedad y Densidad Aparente Básica según ubicación en el radio	13
6.1.3.1	Análisis por altura según ubicación en el radio	15
6.1.4	Contenido de Humedad y Densidad Aparente Básica según ubicación en la altura	15
6.1.4.1	Análisis por ubicación en el radio según altura	16
6.1.5	Módulo de Elasticidad de las trozas	16
6.2	Estudios realizados en tablas secas 50 x 150 mm (2 X 6)	19
6.2.1	Resumen de las propiedades mecánicas en tablas (solo B y C)	19
6.2.2	Relación entre las distintas propiedades mecánicas	21
6.2.3	Relación entre la Densidad Corriente y las propiedades mecánicas	22
6.2.4	Análisis del Módulo de Elasticidad y el Módulo de Rotura según ubicación en el radio	23
6.2.4.1	Análisis por ubicación en el radio según altura	24
6.2.5	Análisis del Módulo de Elasticidad y Módulo de Rotura según ubicación en la altura	24
6.2.5.1	Análisis por ubicación en el radio según altura	24



6.2.6 Relación entre el MOE de las trozas y el MOE promedio de las tablas_____	26
6.2.7 Clasificación de las tablas en categorías estructurales según norma JAS_____	26
6.3 Estudios realizados en pequeñas probetas libres de defectos_____	28
6.3.1 Resumen de las propiedades mecánicas_____	28
6.3.2 Variación de las propiedades mecánicas según ubicación en el radio_____	29
6.3.3 Variación de las propiedades mecánicas en la altura_____	30
6.3.4 Análisis de las propiedades mecánicas por altura según ubicación en el radio0_____	32
6.3.5 Análisis de las propiedades mecánicas por ubicación en el radio según altura_____	34
6.3.6 Relación entre las distintas propiedades en pequeñas probetas libres de defectos_____	35
6.3.7 Relación entre las propiedades mecánicas de la tablas y de las pequeñas probetas libres de defectos_____	36
6.3.8 Coeficientes de variación de las propiedades físicas y mecánicas de trozas, tablas o vigas de tamaño real y probetas libres de defectos_____	38
<b>7. BIBLIOGRAFÍA_____</b>	<b>39</b>
Ficha Técnica de Propiedades Físicas y Mecánicas de <i>Pinus elliottii</i> Eng. del Norte de Uruguay_____	40
Índice de Figuras, Cuadros y Gráficos _____	41



## RESUMEN

En este trabajo se estudiaron las propiedades mecánicas de la madera de *Pinus elliottii* Eng. del departamento de Rivera, al norte de Uruguay.

Se clasificaron visualmente las trozas obtenidas a tres alturas del fuste y se les determinó la densidad básica, el contenido de humedad y el módulo de elasticidad.

A las tablas secas 2" x 6" (50 mm x 150 mm) se les midió el módulo de elasticidad por métodos no-destructivos. Luego se determinó el módulo de rotura mediante ensayo de flexión estática.

De las mismas tablas se confeccionaron y ensayaron pequeñas probetas libres de defectos.

Se estudió la variación de las propiedades físicas y mecánicas en la dirección radial (variación de la médula a la corteza) y en la altura del fuste.

**Palabras clave:** *Pinus elliottii* Eng., módulo de elasticidad, módulo de rotura, densidad, no destructivo

## SUMMARY

In this report wood mechanical properties of *Pinus elliottii* Eng. grown in Rivera department northern Uruguay were studied.

The logs from three heights were visually graded and basic density and moisture content were measured.

Modulus of elasticity and modulus of rupture (static bending) of kiln dried boards 2" x 6" (50 mm x 150 mm) were calculated.

From the same boards, small clear specimens were tested.

The variation of physical and mechanical properties within trees (variation from pith to bark and in the tree height) was analyzed.

**Key words:** *Pinus elliottii* Eng., modulus of elasticity, modulus of rupture, density, non destructive.

## 1. INTRODUCCIÓN

A los efectos de identificar e implementar los estudios faltantes para facilitar la planificación a nivel nacional y a nivel de los productores, para facilitar el acceso a los mercados, en diciembre del 2000, se ha formado un Grupo Técnico de Madera Aserrada de Eucaliptos y Pinos (GT2 y GT3), en el cual participan la Sociedad de Productores Forestales, la Asociación de Industriales de la Madera, la Dirección General Forestal del MGAP y el LATU. En el año 2004 se integraron a este grupo la Facultad de Agronomía y el INIA.

Dado que las maderas nacionales están parcialmente caracterizadas, es necesario profundizar los conocimientos sobre ellas para definir la aptitud para los usos finales y promover su uso racional.

Se ha decidido realizar muestreos de plantaciones de *Eucalyptus grandis* Maiden, *Pinus elliottii* Eng. y *Pinus taeda* L., de las zonas norte, litoral, centro y sur para estudiar las propiedades físicas y mecánicas, con el fin de caracterizar la madera para la construcción y su posterior clasificación.

Consideramos de gran importancia al conocimiento y a la caracterización de nuestras especies forestales para la obtención de madera de buena calidad. Esta séptima publicación pretende colaborar en este conocimiento de la especie *Pinus elliottii* Eng. implantada en el Uruguay, que en la actualidad ocupa un área de aproximadamente 55.000 has. En este caso analizaremos la madera de un rodal del norte de nuestro país, más precisamente del departamento de Rivera, de 23 años de edad.

## 2. MATERIALES

### 2.1 Muestreo y clases diamétricas de los árboles

La selección de los árboles se realizó mediante un muestreo selectivo, en un rodal previamente elegido por especie, edad y manejo, dicho muestreo se realizó en julio del 2003.

Dentro de este rodal, se seleccionaron 25 árboles divididos en tres clases diamétricas (9, 7 y 9 árboles por clase). La selección de los árboles se realizó por diámetro, poca conicidad, rectitud del fuste, sanidad y hábito de ramas (distribución de las ramas, altura, etc).





A cada árbol se le midió el diámetro a la altura del pecho (DAP), altura de la primera rama viva, altura total y altura comercial (15 cm de diámetro).

Se obtuvieron tres trozas de cada árbol, cada una de 4 m de largo, identificándolas con un número compuesto de 2 partes, la primera el número de árbol (correlativos del 1 al 25) y la segunda el número de troza (1ra., 2da. y 3ra. troza), ejemplo la troza 5-2 es la 2da. troza del árbol 5.



**Figura N° 1: Parte de las trozas muestreadas.**

El siguiente cuadro muestra las características de los ejemplares seleccionados:

**Cuadro N° 1: Clases diamétricas de los ejemplares seleccionados.**

Clases diamétricas		Número de Individuos	DAP c/c Medio (cm)	Altura (m)		
Clase	Rango (cm)			Total	Ø = 15 cm	1° rama viva
1	32 – 39	9	36,6	25,7	19,9	9,9
2	40 – 42	7	41,5	25,3	20,8	8,3
3	> 42	9	47,2	25,9	20,8	9,5

## 2.2 Características de el rodal muestreado

### 2.2.1 Datos técnicos del rodal

**Cuadro N° 2: Datos técnicos del rodal.**

<b>Especie</b>	<b><i>Pinus Elliottii</i> Eng.</b>
<b>Localidad / Departamento</b>	<b>La Aurora / Rivera</b>
<b>Año de Plantación</b>	<b>1980</b>
<b>Origen de la semilla</b>	<b>South Africa</b>
<b>Densidad de plantación ( árboles / hectárea )</b>	<b>1000</b>
<b>Tipo de suelos C.O.N.E.A.T.</b>	<b>7</b>



## 2.2.2 Tratamientos silviculturales (podas y raleos)

En los siguientes cuadros se presentan los manejos realizados al rodal muestreado:

**Cuadro N° 3: Podas realizadas.**

Podas			
Número	Edad (años)	Altura (m)	N° de árboles
1	4	1	Todos
2	6	3	Todos
3	8	5	Todos

**Cuadro N° 4: Raleos realizados.**

Raleos		
Número	Edad (años)	Densidad remanente (árb./ha)
1	9	700
2	12	450
3	15	250
4	20	150

## 3. ENSAYOS EN LAS TROZAS

Sobre las 75 trozas verdes se realizaron en el Departamento de Proyectos Forestales del LATU los ensayos que se presentan a continuación:

- **Inspección visual de las trozas.**
- **Descortezado.**
- **Determinación del contenido de humedad.**
- **Determinación de la densidad aparente básica.**
- **Estimación del módulo de elasticidad por métodos no destructivos.**
- **Aserrado para obtención de tablas o vigas 50 x 150 mm (2" x 6").**

### 3.1 Clasificación visual de las trozas

Las trozas fueron clasificadas visualmente, agrupándolas en distintas categorías o grados de acuerdo con su rectitud, diámetro, cantidad y disposición de los nudos.

Los distintos grados se muestran a continuación:

- **Grado I: Troza derecha, sin nudos ni otros defectos, baja conicidad.**
- **Grado II: Troza levemente torcida, con nudos pequeños (poca cantidad), Internudos cortos y conicidad media.**
- **Grado III: Troza que presenta algunas de las siguientes características o varias combinadas: curvas, abundantes nudos o de gran tamaño, otros defectos como alta conicidad, rajaduras, etc.**
- **Grado IV: Troza con severos defectos, muy mala.**

