

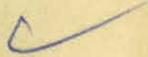
S-3424 c.1

Informe Técnico 46



Evaluación de la resistencia de los paneles de madera a cargas horizontales

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL



28 MAYO 1974-



INFOR

INSTITUTO FORESTAL

Agustín M.

*EVALUACION DE LA RESISTENCIA
DE LOS PANELES DE MADERA
A CARGAS HORIZONTALES*

BIBLIOTECA
INSTITUTO FORESTAL

Autor: V. Antonio Pérez G.
con la colaboración de:

Luis Martínez B.
Heinz Leser S.
Oswaldo Román M.
René Zuñiga A.

Sección Construcciones en Madera

(C) INSTITUTO FORESTAL
Inscripción N° 41.687
1973

INSTITUTO FORESTAL
Valenzuela Llanos 260
Casilla 3085
Santiago, Chile



R E S U M E N

Elementos fundamentales de una vivienda son los muros, que al estar constituidos de madera toman el nombre de paneles. Sobre ellos descansa en gran parte la resistencia de la vivienda a la sollicitación de esfuerzos tales como peso propio, viento, nieve, etc. Es importante disponer de un método para evaluar la resistencia de tales paneles a fin de compararlos entre sí y poder decidir cual de ellos es más económico y resistente a la vez.

El presente trabajo expone un método de evaluación de la resistencia y rigidez de paneles de madera sometidos a cargas horizontales. El método propuesto se basa en la definición de un "panel estándar", que comparándolo con diversos paneles origina coeficientes propios de cada uno de tales paneles. Estos coeficientes proporcionan la relación que existe entre un panel determinado y el estándar sirviendo además para establecer una comparación entre dos o más paneles entre sí.

Se complementa el trabajo con la norma chilena de ensayo de paneles sometidos a carga horizontal, con ejemplos de aplicación del método propuesto y con conclusiones y recomendaciones que autores chilenos han derivado de los resultados obtenidos en otros países, mediante el uso de métodos de evaluación similares.

A B S T R A C T

A most important element in a house are its walls, when this walls are built up of timber framing then we call them panels. They are to a great extent responsible of the strength of the building to resist extern loads. It is important to have a method of evaluating the strength and stiffness of panels as a mean of comparing them and to help decide which is the most economic and strong.

This report relates a method of evaluation of the strength and stiffness of timber panels subjected to racking. This method is based on the definition of a "standard panel". Comparing the strength and stiffness of any panel to that of the standard panel it is possible to determine strength and stiffness coefficients which allow the comparison of two or more panels between one another.

This report also contains the Chilean standard on racking resistance tests. Some examples of application of the proposed method are given together with conclusions and recommendations that other Chilean authors have arrived at from the results obtained in other countries using similar methods.



S U M A R I O

	Página
RESUMEN	3
ABSTRACT	3
INTRODUCCION	7
FUNCION DE UN PANEL DE MURO EN LA VIVIENDA	8
Tipos de cargas	8
a) Cargas permanentes	8
b) Carga normal de viento	8
c) Carga de sismo	8
Transmisión de las cargas	9
TIPOS DE SOLICITACIONES EN UN PANEL DE MURO	11
ENSAYOS DE PANELES	11
Ensayo de carga horizontal	12
A. Alcance	12
B. Resumen del método	12
C. Aparatos y accesorios	13
D. Probetas	13
E. Procedimiento	15
F. Informe	16
Clasificación y requisitos	16
A. Alcance	17
B. Terminología	17
C. Clasificación	18
D. Requisitos básicos	21
PANEL ESTANDAR	23
Especificaciones del panel estandar	23
Ensayo realizado sobre panel estandar	25
Resultados obtenidos	25
METODO PARA EVALUAR PANELES DE MURO DE MADERA	31
Panel de características básicas estándares	31
Panel sin las características básicas estándares	32
Ejemplo para la evaluación	32
Datos para la evaluación	33
Requisitos básicos en función del coeficiente de resistencia relativa	38

	Página
CONCLUSIONES FINALES	41
BIBLIOGRAFIA	43
ANEXO	45
Recomendaciones	46



INTRODUCCION

En los últimos años se realizaron grandes esfuerzos para desarrollar el campo de la construcción de viviendas industrializadas.

Un sistema que contribuyó en gran medida al desarrollo de edificios industrializados es el de la vivienda con estructura de madera. La ventaja de este tipo de construcción es la posibilidad de alcanzar distintos grados de prefabricación con los elementos que en él intervienen.

Uno de los elementos que intervienen en una vivienda con estructura de madera es el panel de muro, construido de madera o de materiales derivados de ella. Resulta interesante analizar este elemento pues, además de ser factible de prefabricar, lo cual es una ventaja, desarrolla una función estructural que en la vivienda es de vital importancia.

La finalidad de un estudio sobre paneles de muro de madera es la de establecer las especificaciones de paneles eficientes, entendiéndose como tales los paneles de muro que empleen el mínimo de madera, distribuida de manera que aporten la resistencia necesaria en la función que van a desarrollar.

Otra de las metas de este tipo de estudio es la de proporcionar una metodología de evaluación de los diversos paneles que se emplean en la construcción de viviendas de madera. Esto es importante por cuanto en el campo de la construcción es necesario decidir entre la eficiencia de dos o más tipos de paneles diferentes para un mismo fin. Además, contando con un método de evaluación, es posible establecer el aporte que proporcionan diferentes elementos particulares de un panel, tales como: diagonales, revestimientos dispuestos de diferentes formas, etc.

El procedimiento de evaluación consulta el ensayo de paneles estándares con especificaciones bien precisas y con una resistencia más bien baja. Los resultados que se obtienen de tales ensayos proporcionan las características de resistencia y de deformación del panel estándar. Con tales antecedentes, y para evaluar la resistencia y rigidez de dos paneles cualesquiera y diferentes entre sí, se procede a comparar los resultados obtenidos en cada panel con los del estándar, obteniéndose así los valores característicos para cada panel, que comparados finalmente entre sí, proporcionan la evaluación deseada entre los paneles en cuestión.

De esta manera es posible calificar el aporte de cada elemento estructural que se agrega o se quita al panel estándar hasta conformar un panel de muro resistente y económico. En esto radica la importancia del método de evaluación que se propone en este informe y que ha sido usado con buenos resultados en U.S.A., Canadá, Inglaterra y otros países.

El presente informe contiene, además, un Anexo dedicado a recomendaciones y conclusiones generales a aplicar en la construcción y anclaje de paneles de muro de madera para edificaciones destinadas a viviendas.

FUNCION DE UN PANEL DE MURO EN LA VIVIENDA

Las actuales viviendas debieran construirse con poco material debido principalmente a consideraciones de orden económico. El éxito de estas construcciones livianas depende de un diseño satisfactorio. Por lo tanto, en la construcción de la vivienda de hoy y del futuro debe existir, necesariamente, una etapa de diseño estructural.

Las principales solicitaciones que se deben tener presente en la etapa de diseño son las verticales derivadas del peso propio de la edificación, algunas cargas eventuales y las laterales causadas por viento y sismos. El diseñador debe contemplar el estudio de la resistencia de la edificación como conjunto y de cada una de sus partes constituyentes.

La forma cuadrada y el número de pisos proporcionaban a las edificaciones antiguas una buena resistencia a las fuerzas laterales, pues en ellas era posible ubicar áreas y elementos apropiados para resistir dichos esfuerzos. Tal disposición aumentaba el peso propio de la edificación sobre los muros del primer piso, resultando con ello fuerzas verticales de magnitudes considerables que llevaban al diseño de pilares y columnas con dimensiones considerables.

En la vivienda actual se usan grandes áreas de ventanas y generalmente sólo un piso, con lo cual se obtiene baja resistencia a la deformación causada por las fuerzas laterales y solicitaciones verticales bajas. Por otra parte, las características de construcción de un panel de muro hace que éste tenga buena resistencia a la solicitación de cargas verticales.

De lo anterior se deduce que en el diseño de la vivienda actual, debe tenerse presente las solicitaciones laterales pues tienden a inducir deformación en los elementos resistentes verticales y con ello cambio de forma de los muros en su plano. A este tipo de deformación se le denomina "deformación de cizalle", y generalmente se expresa como el movimiento horizontal y coplanar del extremo superior respecto del extremo inferior del muro o panel. (Ver figura 1).

TIPOS DE CARGAS

Las cargas que pueden solicitar la estructura de una vivienda son:

- a) **Cargas permanentes.**- Entre las que se incluyen el peso propio de los elementos, sobrecargas y cargas del usuario.
- b) **Carga normal de viento.**- Cuya intensidad varía con la localidad de acuerdo a la exposición y a la probabilidad de ocurrencia de intensidades mayores a las cargas normales de diseño.
- c) **Carga de sismo.**- Fuerzas que se generan por la inercia de la masa de una estructura en los movimientos horizontales y verticales de la corteza terrestre. La magnitud de estas fuerzas varían directamente con la masa de la estructura, por lo cual es menos crítica para las construcciones de madera en comparación con las construcciones de albañilería o de concreto. En el hecho los esfuerzos resultantes sobre la estructura son comparables a los correspondientes a las cargas provenientes de la acción del viento.

La acción completa es más compleja que lo descrito; depende de la amplitud del movimiento de la corteza, de su aceleración y de los efectos amortiguadores del estrato local.

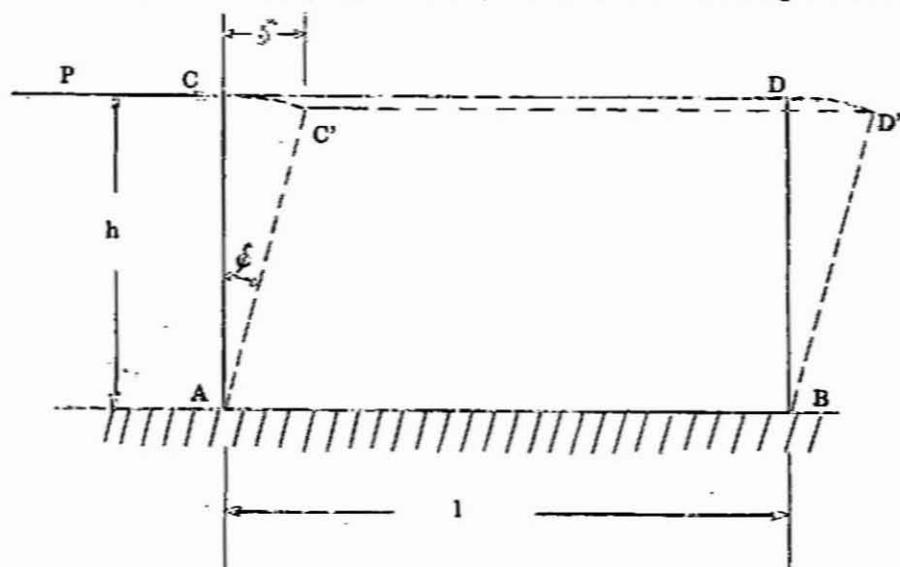


Figura 1.- Panel empotrado en su base y solicitado por una carga horizontal aplicada sobre su extremo superior.

P = carga horizontal aplicada - ϕ = ángulo de giro de los elementos verticales del panel
 δ = desplazamiento horizontal de la solera superior del panel

NOTA: Las deformaciones de cizalle provocan un acortamiento de la diagonal BC (compresión) y un alargamiento de la diagonal AD (tracción).

TRANSMISION DE LAS CARGAS

Una vivienda puede considerarse como un conjunto de diafragmas estructurales, cada uno de los cuales debe ser capaz de soportar cizalle en su plano y tener suficiente rigidez como para limitar las deformaciones de cizalle.

Los muros o paneles forman los diafragmas verticales y los pisos y techumbres (aun cuando sean curvos o de dos aguas) formarán los diafragmas horizontales. Todos actúan en conjunto con el fin de resistir los diferentes tipos de cargas que solicitan la estructura de la vivienda.

Tanto las cargas normales de viento como las fuerzas provenientes del sismo pueden actuar en cualquier dirección, pero se les considera como fuerzas uniformemente distribuidas que actúan en dirección perpendicular a las superficies exteriores de la estructura. Esta consideración produce la condición de carga más desfavorable, pues al considerarlas actuando en forma oblicua a dichas caras las componentes, normales a las superficies exteriores, resultarán de menor magnitud.

La figura 2 ilustra un esquema de vivienda solicitada por una carga horizontal y en ella se indican las deformaciones que dicha fuerza induce a la estructura.

En este esquema el edificio tiene 4 muros y la techumbre es un diafragma horizontal simple.

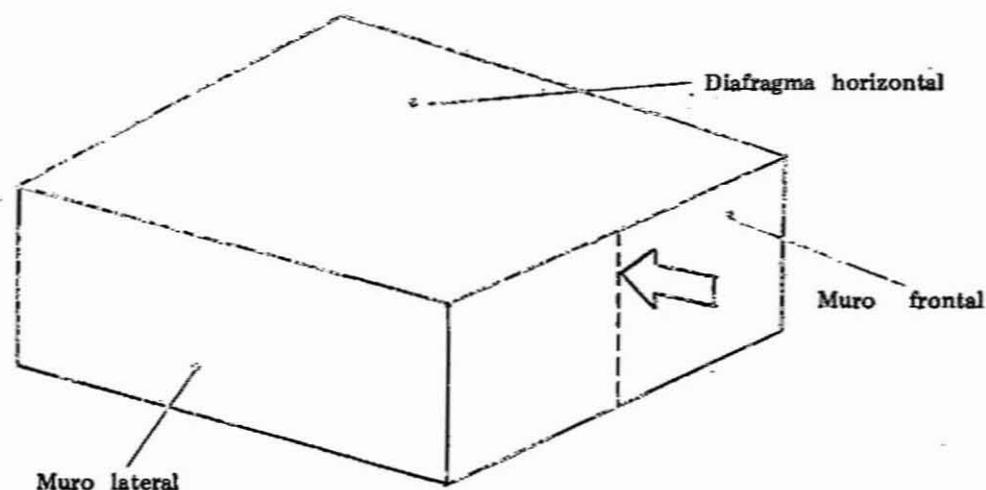


Figura 2.- Esquema de una vivienda sometida a carga horizontal

El análisis de la transmisión de carga consulta tres etapas:

- La carga horizontal (ej, viento) se aplica al muro frontal, es decir, a aquel que recibe la carga, el cual se deforma produciendo reacciones sobre el diafragma de techumbre y sobre los muros laterales.
- El diafragma horizontal actúa como un elemento rígido absorbiendo carga del muro frontal y transmitiéndolo a los muros laterales.
- Las cargas de cizalle provenientes tanto del muro frontal como del diafragma de techo provocan deformaciones oblicuas de los muros laterales.

Obviamente, la acción se ha considerado más simple de lo que realmente es. Para cargas de sismo, cada elemento se someterá a cargas de inercia de modo que la fuerza de inercia que se origina en los muros laterales se transmite al diafragma de techumbre, en donde se agrega su propia fuerza de inercia antes de transmitirla a los muros extremos, y así sucesivamente hasta las fundaciones.

Debe tenerse en cuenta, que todos los diafragmas deben ser capaces de soportar cargas laterales, aun cuando estén deformados por la carga vertical aplicada y a pesar de un posible asentamiento local de una fundación.

Un buen panel de muro de vivienda, además de cumplir con requerimientos de habitabilidad, debe satisfacer requerimientos estáticos.

Entre los requerimientos de habitabilidad están los de protección contra la humedad, térmicos, acústicos y de seguridad contra el fuego.

Entre los requerimientos estáticos se cuenta la resistencia a cargas verticales, a cargas horizontales actuando tanto en su plano como perpendicular a él, y en algunos casos, a posibles impactos que sobre él puedan ocurrir.

TIPOS DE SOLICITACIONES EN UN PANEL DE MURO

En el párrafo anterior se mencionó que las solicitaciones que pueden actuar sobre un panel de muro corresponden a las provenientes de cargas verticales, de cargas horizontales y de impacto.

Las cargas verticales producen esfuerzos de compresión sobre el panel pudiendo originarse el pandeo, el que dependerá de las cargas y de la esbeltez del panel. En el caso de paneles de madera, la resistencia a esta solicitación no es crítica, siempre que ellos tengan la esbeltez que evite la aparición del pandeo. La resistencia de los paneles de madera supera con bastante amplitud las solicitaciones verticales normales de una vivienda de madera.

Las cargas horizontales, que actúan perpendicularmente al plano del panel de muro, solicitan a éste por flexión. Este esfuerzo es más crítico que el anterior y se considera especialmente en viviendas sometidas a la acción del viento en forma permanente e intensa. Los diseños que resisten bien las solicitaciones verticales y horizontales en el plano del panel son aptos para resistir los esfuerzos de flexión, provocados por la acción del viento.

Las cargas de impacto provienen de golpes con muebles, u otros artefactos. Un panel de muro debe tener la suficiente resistencia, especialmente su revestimiento, para soportar tales esfuerzos. Esta solicitación es la menos crítica si se considera la resistencia total de la vivienda. Dicho en otra forma, la falla de un panel de muro por impacto probablemente no pondría en peligro la totalidad de la estructura.

Finalmente, las cargas horizontales que actúan en el mismo plano del panel de muro provocan sobre éste esfuerzos y deformaciones de cizalle (Ver figura 1). Este tipo de esfuerzo es al que debe prestarse la mayor atención; el presente trabajo tiene como finalidad dar los elementos necesarios para determinar el efecto que tal solicitación tiene sobre distintos diseños de paneles de muro de madera.

ENSAYOS DE PANELES

La resistencia mecánica que oponen los paneles a los diferentes esfuerzos se puede evaluar mediante el ensayo de laboratorio de tales paneles. El procedimiento que estandariza dichas pruebas se expone en Normas que establecen el método de ensayo y la evaluación de los resultados obtenidos en ellos.

En Chile, el Instituto Nacional de Investigaciones Tecnológicas y Normalización, INDITECNOR, tiene una serie de Normas en este rubro y ellas son:

NCh 801. EOF 70,	Arquitectura y Construcción. Paneles prefabricados. Ensayo de compresión.
NCh 802. EOF 70,	Arquitectura y Construcción. Paneles prefabricados. Ensayo de carga horizontal.
NCh 803. EOF 70,	Arquitectura y Construcción. Paneles prefabricados. Ensayo de flexión.
NCh 804. EOF 70,	Arquitectura y Construcción. Paneles prefabricados. Ensayo de impacto.
NCh 805. EOF 70,	Arquitectura y Construcción. Paneles prefabricados. Ensayo de penetración.
NCh 806. EOF 71,	Arquitectura y Construcción. Paneles prefabricados. Clasificación y requisitos.
NCh 1511. a 71	Muros y Paneles. Ensayo de permeabilidad.

Los ensayos que se realizaron con el panel estándar, que más adelante se describe, se rigieron por la Norma NCh 802. EOF 70. Se estimó necesario transcribir aquí las principales partes de dicha Norma conjuntamente con la NCh 806. c 70, referente a clasificación y requisitos de paneles prefabricados.

ENSAYO DE CARGA HORIZONTAL

Norma NCh 802. EOF 70. Paneles prefabricados.

Esta norma establece el método de ensayo para comprobar la resistencia a las cargas horizontales de los paneles prefabricados.

A. ALCANCE

- A.1. Esta norma establece el método de ensayo para comprobar la resistencia de los paneles prefabricados a las cargas horizontales contenidas en su plano.
- A.2. Esta norma se aplicará a paneles prefabricados destinados a constituir elementos de un edificio, ya sea que estén formados por un sólo material o por diversos materiales unidos para trabajar en conjunto.

B. RESUMEN DEL METODO

- B. 1. **Principio.** Consiste en someter un panel elegido como muestra a la acción de car-



gas que se incrementan gradualmente y medir las deformaciones producidas por cada incremento hasta la fluencia del material. Luego, sin medir deformaciones, llevar las cargas hasta la ruptura del panel.

- B. 2. **Significado.** Basándose en las lecturas efectuadas durante el ensayo se podrá dibujar un gráfico que establezca la relación carga-deformación. Este gráfico permitirá determinar entre otras cosas la carga de trabajo admisible y el respectivo coeficiente de seguridad, ya sea respecto a la resistencia o a la deformación del elemento estudiado. Igualmente, se podrá determinar el límite de fluencia y detectar otros fenómenos que se produzcan durante el ensayo, tales como alabeo, daños locales o ruptura.

Este ensayo pretende reproducir las condiciones reales de trabajo del panel.

C. APARATOS Y ACCESORIOS

- C. 1. Los aparatos y accesorios se montarán como se indica en la figura 3 y se ajustarán a los requisitos que se especifican en C. 2. a C. 4.
- C. 2. En la figura 3, el deformómetro 1 mide cualquier levantamiento del panel. El deformómetro 2 registra cualquier desplazamiento del panel. El deformómetro 3 mide el total de los otros dos desplazamientos más la deformación del panel.
- C. 3. El sistema de anclaje está compuesto de tensores anclados a la base de apoyo, placas repartidoras de cargas y rodillos de acero, que se montan tal como se muestra en la figura 3. Este sistema debe restringir al mínimo posible todo levantamiento de la base del panel, para no dificultar la deformación longitudinal de éste. El panel estará apoyado sobre una viga de base.
- C. 4. Debe dotarse al mecanismo de un bastidor o elemento rígido que, dotado de rodillos u otro sistema similar, impida el desplazamiento lateral de la solera superior del panel durante el ensayo.

D. PROBETAS

- D. 1. **Muestra.** Los ensayos se harán sobre una muestra mínima de 3 paneles iguales en tamaño, material y procedimiento constructivo.
- D. 2. **Comprobaciones.** Antes de efectuar el ensayo se comprobará la rectitud de los paneles y la planeidad de sus caras, como se indica en la norma NCh 806. EOF 71.
- D. 3. **Dimensiones.** Las probetas tendrán altura, ancho y espesor igual al elemento en uso.
- D. 4. **Edad.** El fabricante establecerá la edad de la muestra a la que se realizará el ensayo.
- D. 5. Las probetas serán representativas del sistema constructivo a que pertenecen, tanto en el material como en la forma de fabricación.

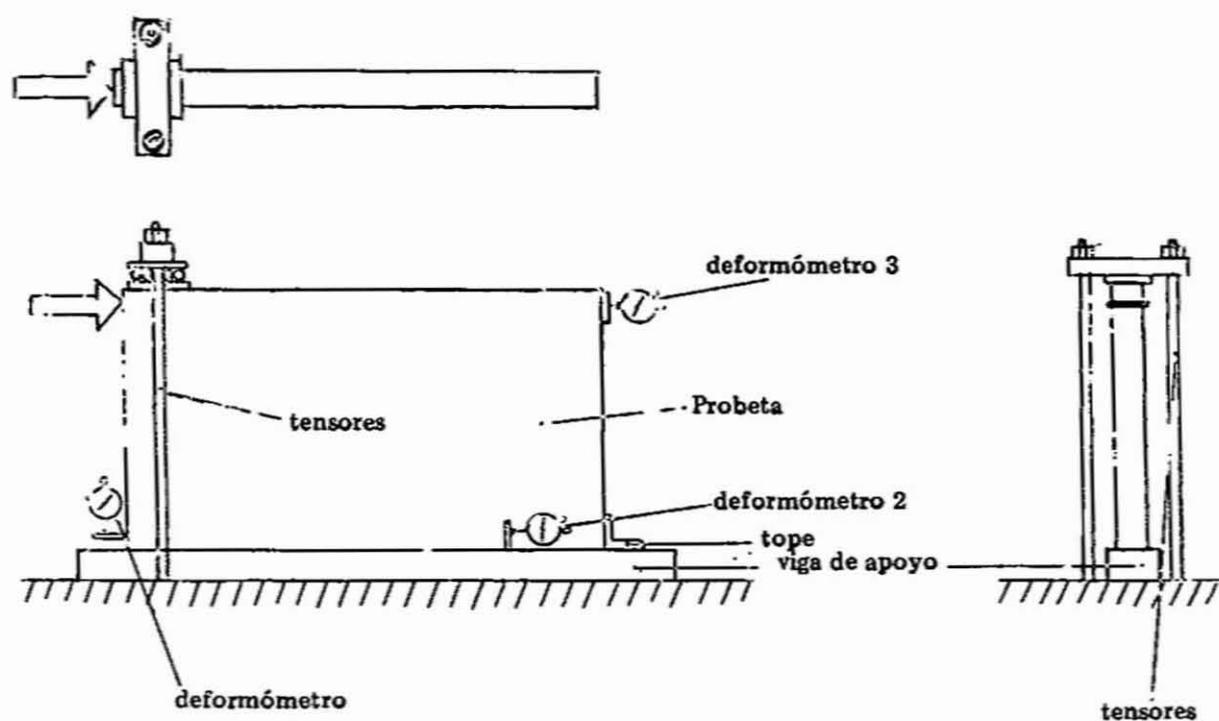


Figura 3.- Ensayo de carga horizontal

E. PROCEDIMIENTO

- E. 1. La probeta se sostendrá a lo largo de su base y se colocará un tope en el extremo inferior opuesto al costado de aplicación de la carga para evitar desplazamientos horizontales (Ver figura 3).
- E. 2. Se colocará un sistema de anclaje destinado a impedir el levantamiento del extremo inferior correspondiente al costado de aplicación de la carga. Los tirantes deberán acondicionarse de tal manera que pueda regularse la tensión que sobre ellos se aplica. Estos tirantes se ajustarán de modo que la tensión no exceda de 9 kg en cada uno de ellos con anterioridad a la aplicación de las cargas.
- E. 3. El tope en el extremo inferior opuesto al costado de aplicación de la carga deberá disponer de una superficie de contacto con la probeta de altura igual del panel.
- E. 4. Se aplica una carga horizontal en la dirección del largo del panel sobre una superficie cuadrada medida desde el canto superior de la probeta.
- E. 5. Se leerán los tres deformómetros simultáneamente: antes de la aplicación de la carga, cuando la carga está aplicada y cuando la carga haya sido retirada.
- E. 6. Se harán observaciones parciales en cada estado de carga para detectar las fallas locales, alabeos, desprendimientos, etc.
- E. 7. Se registrará la carga que produjo la rotura, la carga máxima observada o la carga que produce una deformación de 10 cm y se anotarán las características de la falla.
- E. 8. Las cargas se aplicarán por incrementos aproximadamente iguales con una tolerancia de $\pm 10\%$ de la carga. Se medirá la deformación producida por cada incremento de carga. Los incrementos se elegirán de modo que permitan obtener un número suficiente de puntos para trazar la curva carga-deformación en forma precisa. El número mínimo de incrementos será de cinco y el valor de cada incremento inferior a la quinta parte de la carga supuesta del panel.
- E. 9. La velocidad nominal de aplicación de la carga será de 5 mm/min., con una tolerancia de $\pm 10\%$.
- E. 10. Se iniciará el ensayo con una pequeña carga o sin carga. Si se aplica una pequeña carga inicial se registrará ésta y la deformación correspondiente. La carga se llevará al primer incremento y se anotará la deformación. A continuación, la carga se llevará a la carga inicial o cero, según corresponda, y se registrará la deformación residual permanente observada. Se aumentará la carga en dos incrementos anotándose la deformación y nuevamente se volverá al estado inicial, donde se registrará la deformación residual observada.
- E. 11. Cuando a juicio del laboratorio las deformaciones indiquen que el panel se aproxima a su límite de fluencia se abandonará la secuencia descrita en E. 10, se retirarán los instrumentos de medición y se llevará la carga hasta la rotura, carga máxima o hasta que el panel se haya deformado 10 cm.

16.

- E. 12. Para cada dial indicador u otro aparato de medición, el desplazamiento se calculará como la diferencia entre la lectura cuando la carga está aplicada y la lectura inicial.
- E. 13. La deformación residual será la diferencia entre la lectura cuando la carga se haya retirado y la lectura inicial.
- E. 14. La deformación horizontal y la deformación horizontal residual permanente del panel se calculará como la lectura del dial del extremo superior opuesto al costado de aplicación (deformómetro 3) de la carga menos la suma de las lecturas de los otros dos.

F. INFORME

- F. 1. Se hará una descripción de las dimensiones, materiales y características constructivas de los paneles ensayados. En paneles de madera se registrará el contenido de humedad de los elementos estructurales y de los recubrimientos de acuerdo a NCh 176. OF 53.
- F. 2. Los resultados de los ensayos se expresará en gráficos. Las cargas en kg/ml se colocarán en ordenadas y las deformaciones en mm, en las abscisas.
- F. 3. En el gráfico aparecerán las curvas de carga y deformación (residual) permanente de cada uno de los paneles ensayados.
- F. 4. Los puntos que representan deformación bajo carga se dibujarán de manera diferente de aquellos que representan deformación residual permanente.
- F. 5. Se establecerán dos curvas promedio para todo el ensayo, una para la deformación bajo carga y otra para la deformación residual permanente. La expresión gráfica de las dos curvas será diferente, de modo que se distingan claramente una de la otra.
- F. 6. Se registrará la carga de rotura, la carga a la que se interrumpió el ensayo o la carga que produjo la deformación de 10 cm, indicándose cuál de éstas se consideró.
- F. 7. Se informará sobre cualquier falla local, alabeos, desprendimientos, etc., observados durante el ensayo y se señalará en qué etapa de carga se produjeron.
- F. 8. El panel se considerará satisfactorio cuando cumpla con las exigencias de la norma de requisitos, NCh 806. EOF 71.

CLASIFICACION Y REQUISITOS

Norma NCh 806. c 70. Paneles Prefabricados.

A. ALCANCE

- A. 1. Esta norma establece:
- una clasificación de los paneles prefabricados según su construcción, materiales y resistencia mecánica, y
 - requisitos a los materiales, fabricación, características físicas, geométricas y otros.
- A. 2. Esta norma se aplicará a paneles prefabricados destinados a constituir elementos de una vivienda, ya sea que estén formados por un sólo material o por diversos materiales unidos para trabajar en conjunto.

B. TERMINOLOGÍA

Los términos siguientes, empleados en esta norma, tienen el significado que se expresa:

- B. 1. **Panel.** Componente prefabricado de un edificio o vivienda, en el que la menor de sus dimensiones es a lo menos 10 veces superior a su espesor, manejable como una pieza que es posible montar con facilidad. Generalmente, cuando se coloca vertical su altura corresponde a la altura del piso.
- B. 2. **Panel a base de entramado.** Aquél en cuyos elementos estructurales predomine notoriamente el largo sobre las otras dos dimensiones.
- B. 3. **Panel monolítico.** Aquél que, ya sea debido a un proceso de vaciado o de fábrica, se pueda considerar como una sola pieza.
- B. 4. **Panel soportante.** Aquél destinado a resistir, además de su propio peso y el de sobrecargas ocasionales, las cargas y sobrecargas del edificio.
- B. 5. **Panel autoportante.** Aquél destinado a resistir sólo su propio peso y sobrecargas ocasionales.
- B. 6. **Panel simétrico.** Aquél que es simétrico con respecto a un plano equidistante de ambas caras. (Ejemplo: panel de entramado de madera con igual revestimiento por ambas caras).
- B. 7. **Panel asimétrico.** Aquél que es asimétrico con respecto a un plano equidistante de ambas caras (Ejemplo: panel de entramado de madera con diferentes materiales de revestimiento en sus caras).
- B. 8. **Planeidad.** Calidad de plano.
- B. 9. **Rectitud.** Condición de un elemento consistente en la rectangularidad de sus ángulos.



- B. 10. **Junta.** Unión o encuentro de forma variable conformado y limitado por los extremos adyacentes de dos paneles o de un panel y sus elementos adyacentes.

C. CLASIFICACION

- C. 1. Los paneles prefabricados se designarán según sus características en tipos, clases y grados como se indica en C. 2. a C. 4.

C. 2. **Construcción.**

- C. 2. 1. Según su construcción los paneles prefabricados se clasificarán en los tipos siguientes:

Tipo I	Entramados, con revestimiento despiezado y huecos.
Tipo II	Entramados, con revestimiento despiezado y rellenos.
Tipo III	Entramados, con revestimiento de láminas y huecos.
Tipo IV	Entramados, con revestimientos de láminas y rellenos.
Tipo V	Monolíticos revestidos por una o ambas caras.
Tipo VI	Monolíticos sin revestimiento.
Tipo VII	Mixtos

C. 3. **Materiales.**

- C. 3. 1. Según el material de su estructura los paneles se clasificarán en las clases principales siguientes:

Clase A.	Hormigón
Clase B.	Cerámicos
Clase C.	Madera
Clase D.	Acero
Clase E.	Aluminio
Clase F.	Plástico
Clase G.	Láminas de yeso

C. 4. **Características mecánicas**

- C. 4. 1. Los paneles se clasificarán como se señala de C.4.2. a C.4.4. Se designarán con las iniciales que se indican y el número correspondiente.

C. 4. 2. Resistencia a la compresión (RC)

El ensayo se hará según NCh 801. EOF 70. Los paneles se clasificarán según su resistencia a la compresión en los grados que se indican.

GRADO	GRADO DE ROTURA kg/ml	LIMITE DE PROPORCIONALIDAD kg/ml
RC 1	1000 a 3000	mínimo 500
RC 2	3000 a 8000	mínimo 1500
RC 3	8000 o más	mínimo 4000

GRADO	DEFORMACION ADMISIBLE (1) mm
RC a	14 a 21
RC b	7 a 14
RC c	7 o menos

(1) La deformación considerada es la flecha del panel bajo carga en el límite de proporcionalidad.

C. 4. 3. Resistencia a las cargas horizontales (RH)

El ensayo se hará según NCh 802. EOF 70. Los paneles se clasificarán, de acuerdo a su comportamiento bajo cargas horizontales, en los grados que se indican.

GRADO	GRADO DE ROTURA kg/ml	LIMITE DE PROPORCIONALIDAD kg/ml
RH 1	500 a 1000	mínimo 250
RH 2	1000 a 2000	mínimo 500
RH 3	2000 o más	mínimo 1000

GRADO	DEFORMACION ADMISIBLE (2) mm
RH a	30 a 40
RH b	15 a 30
RH c	15 o menos

(2) La deformación considerada es la deformación bajo carga en el límite de proporcionalidad.

C. 4. 4. Resistencia a las cargas transversales (Flexión) RT

El ensayo se hará según NCh 803 EOF. Los paneles se clasificarán, de acuerdo a su comportamiento bajo cargas transversales, en los grados que se indican.

GRADO	GRADO DE ROTURA kg	LIMITE DE PROPORCIONALIDAD kg
RT 1	500 a 1000	mínimo 250
RT 2	1000 a 1500	mínimo 500
RT 3	1500 o más	mínimo 1000

GRADO	DEFORMACION ADMISIBLE (3) mm
RT a	50 a 100
RT b	25 a 50
RT c	25 o menos

(3) La deformación considerada es la deformación bajo carga en el límite de proporcionalidad.

D. REQUISITOS BASICOS

D.1. Requisitos mecánicos.

D.1.1. Los paneles prefabricados deben cumplir con los requisitos mecánicos que se especifican a continuación. Los ensayos correspondientes deberán hacerse en laboratorios de ensayo competentes y según normas de ensayo NCh.

D.1.2. Resistencia al impacto.

D.1.2.1. La resistencia al impacto se evaluará según NCh 804. EOF 70.

D.1.2.2. Según su resistencia al impacto, un panel se considerará satisfactorio si:

a) bajo un choque de 120 joules el panel no presenta deterioro aparente.
(Ver nota);

b) bajo un choque de 240 joules el panel no se rompe.
(Ver nota)

NOTA: Considerando las características del ensayo NCh 804. EOF 70, 120 joules corresponden a una altura de caída del saco de 0.60 m y de 0.90 m para 240 joules.

D.1.2.3. La deformación residual en la zona elástica en ningún caso deberá exceder del 30 % de la deformación bajo impacto (deformación instantánea).

D.1.3. Resistencia a la penetración.

D.1.3.1. La resistencia de los materiales de las caras de los paneles a la penetración se evaluará según NCh 805. EOF 70.

D.1.3.2. Según su resistencia a la penetración, un panel se considerará satisfactorio si:

a) bajo una carga de 200 kg la penetración es igual o inferior a 2 mm;

b) bajo una carga de 300 kg el material no se fractura.

D.2. Requisitos físicos

D.2.1. Los paneles prefabricados deben cumplir con los requisitos físicos que se especifican a continuación:

D.2.2. Aislamiento acústico.

D.2.2.1. Los paneles deberán satisfacer la norma nacional vigente en este sentido.

D.2.2.2. Deberán evitarse los puntos débiles en las uniones de paneles donde existe riesgo de paso de ruido.

D.2.2.3. Deberá estudiarse la colocación de tuberías o artefactos que puedan producir ruido.

D.2.3. Estanqueidad al agua.

D.2.3.1. Cuando la estanqueidad del panel se obtenga sólo con el paramento exterior de éste, es preciso que el material que componga el paramento sea suficientemente impermeable.

D.2.3.2. Cuando el panel presente superficies que puedan dar lugar a penetración de agua por capilaridad, estas superficies deberán acondicionarse debidamente antes de la colocación del panel.

D.2.4. Resistencia al fuego.

D.2.4.1. Los paneles deberán satisfacer las prescripciones relativas al comportamiento al fuego vigentes para el tipo de construcción proyectado.

D.2.4.2. En los paneles huecos se deberá evitar el efecto de chimenea colocando elementos cortafuego que impidan la propagación vertical del fuego.

D.2.5. Aislamiento térmico.

Los paneles deberán cumplir con los requisitos que se establecen en la norma correspondiente.

D.3. Requisitos geométricos.

D.3.1. Tolerancias de forma.

D.3.1.1. Planeidad de las caras. La separación máxima de una regla de 1 m que se deslice sobre las caras de los paneles en sentido horizontal y vertical no excederá de los 3 mm.

D.3.1.2. Rectitud. Cuando el panel es rectangular el valor máximo de la tangente del ángulo de desviación de la rectangularidad será de 0,004.

D.3.2. Tolerancias dimensionales.

D.3.2.1. En los paneles se aceptarán las siguientes tolerancias sobre las dimensiones nominales:

espesor: $\pm 1,0$ mm

largo : $\pm 0,2$ ‰

altura : $\pm 0,2$ ‰

D.4. Durabilidad.

D.4.1. Los materiales o elementos que componen el panel deben protegerse de los agentes físicos, químicos o biológicos que pudieran afectar sus características.

D.5. Requisitos complementarios.

Deben estudiarse en cada sistema de paneles, unidades que permitan el montaje de artefactos o equipo doméstico de uso frecuente en la vivienda.

PANEL ESTANDAR

A fin de comparar las propiedades resistentes de diversos paneles entre sí, es preciso establecer un número mínimo de características comunes a todos ellos. Ellas podrían ser, por ejemplo: longitud y altura, las cuales tomarán el nombre de "características básicas estándares".

La comparación entre dos paneles resulta más cómoda haciéndola previamente con el panel estándar. Este panel debe tener las características básicas estándares, que son las siguientes:

ESPECIFICACIONES DEL PANEL ESTANDAR

(Ver figura 4)

Nudera.

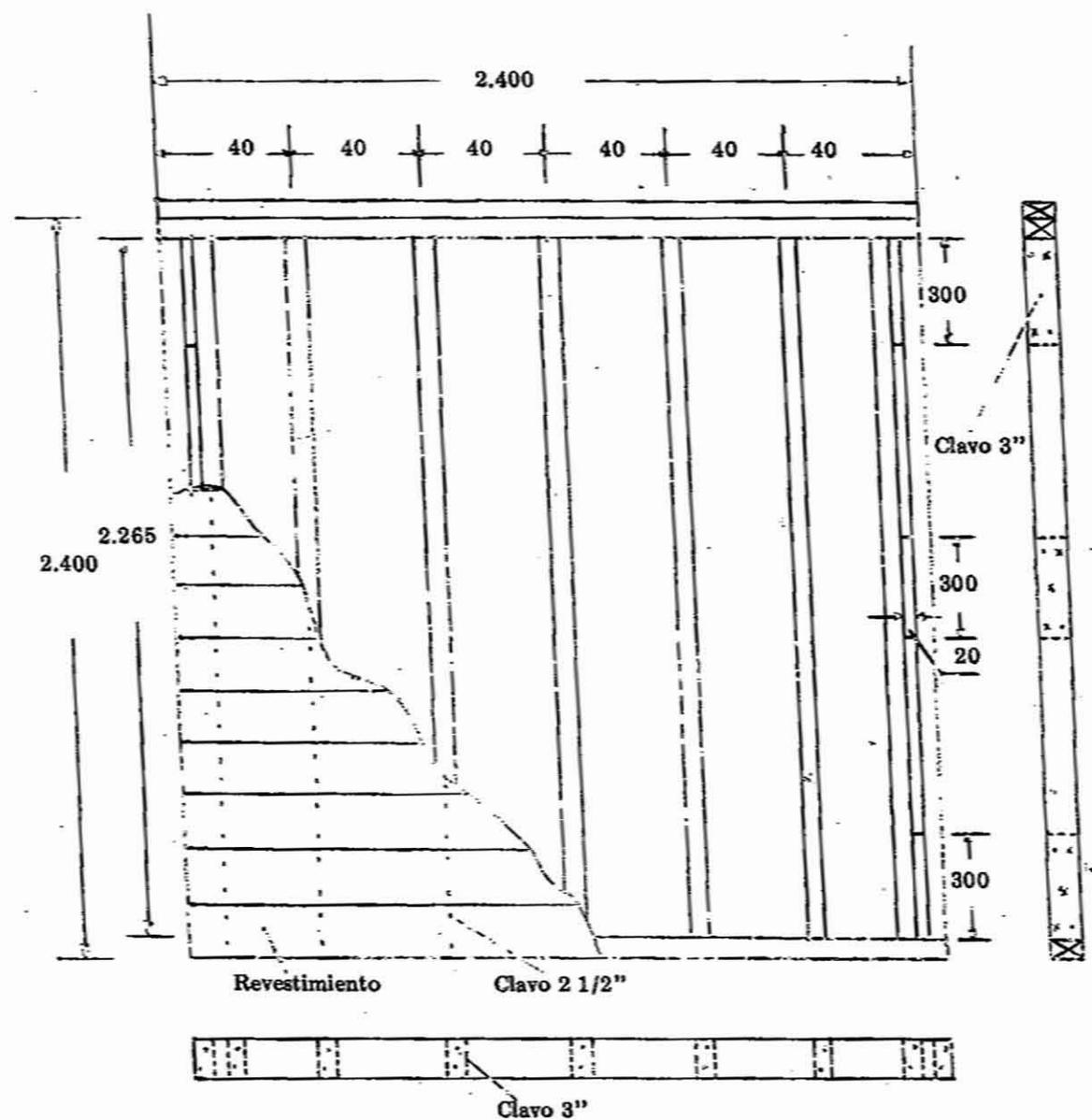
- a) **Estructura.** Será pino insigne de 2" x 4" (45 x 90 cm) cepillado por las cuatro caras. Contenido de humedad comprendido entre 14 - 18 %.
- b) **Revestimiento.** Se ejecutará sólo por un lado del panel con tablas de 20 x 160 mm de pino insigne, cepillado por las 4 caras, sin machihembrado. Se comenzará el revestimiento por el borde inferior, con 15 tablas cepilladas de 160 mm de ancho lo que da un desarrollo de 2.400 mm.

Clavos.

- a) **Estructura.** Se empleará clavos de 3" calibre 10.

Cada nudo tendrá 2 clavos distanciados de los bordes 15 mm, sobre una diagonal. (Ver figura 5).

Los separadores se clavarán con 6 clavos de 3", tres por cada pie derecho lateral y en forma diagonal con un mínimo de 15 mm de los bordes y en tal forma que los clavos de lados opuestos queden en distintos vértices, o sea cruzándolos. (Ver figura 6).



- Pies derechos : 45 x 90 x 2.265 mm
 Soleras : 45 x 90 x 2.400 mm
 Separadores : 20 x 90 x 300 mm
 Revestimiento : 20 x 160 x 2.400 mm
 Madera. : Pino insigne cepillado

Figura 4.- Panel Estándar

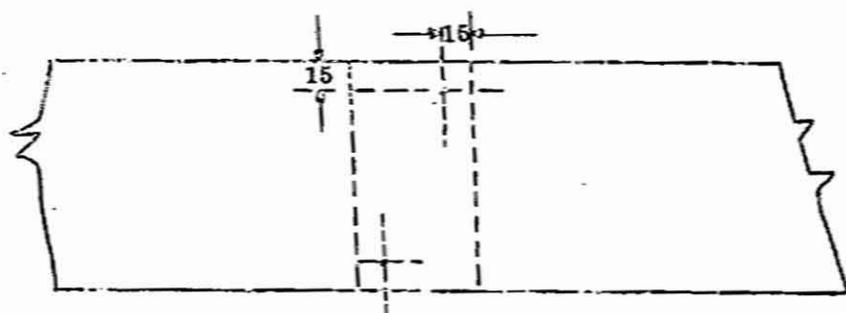


Figura 5.- Unión de pie derecho con solera

- b) **Revestimientos.** Los clavos para fijar el revestimiento serán de 2 1/2" colocados a 15 mm del borde de la tabla 2 en cada cruce de tabla con pie derecho. (Ver figura 4).

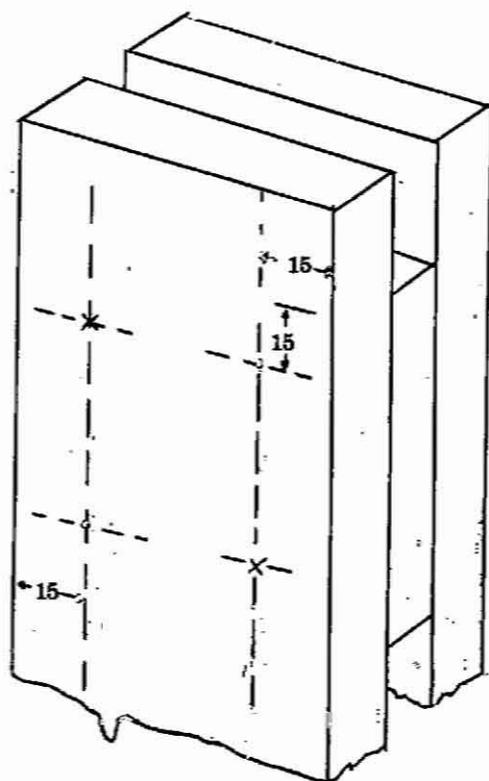


Figura 6.- Separadores entre pies derechos

ENSAYO REALIZADO SOBRE PANEL ESTANDAR

El ensayo consistió en la aplicación de carga horizontal según lo especificado en la norma INDITECNOR NCh 802 EOf 70. Paneles Prefabricados. Ensayo de carga horizontal, descrita en "Especificaciones del panel estándar". Se hizo sobre una muestra de 3 paneles estándares construidos de acuerdo con las especificaciones descritas anteriormente. Los ensayos se realizaron en el IDIEM, Universidad de Chile, utilizando el mecanismo de ensayo de carga horizontal que instaló el Laboratorio de Investigación en Productos Forestales de dicha institución.

Las instalaciones de la máquina usada son básicamente las indicadas en la figura 3.

RESULTADOS OBTENIDOS

En el ensayo de los 3 paneles estándares se usó una carga inicial de 20 kg y un incremento de carga igual a 90 kg. Las deformaciones horizontales se obtuvieron de acuerdo al punto E. 14 de la norma NCh 802 EOf 70.

Los valores de las deformaciones horizontales obtenidos para las diferentes cargas y las cargas que produjeron la deformación máxima de 10 cm, se indican en el cuadro 1 para cada uno de los tres paneles ensayados. En dicho cuadro se da además el valor promedio de las tres curvas para cada una de las cargas escogidas.

Un valor que más adelante será útil es el que corresponde a la carga que provoca una deformación horizontal de 12,5 mm (1/2"). Tal valor se incluye también en el cuadro 1.

Cuadro 1.- RESULTADOS OBTENIDOS EN ENSAYO DE CARGA HORIZONTAL SOBRE PANELES ESTANDARES.

C A R G A		DEFORMACION, EN MM, DE PANEL				OBSERVACIONES
kg	kg/ml	1	2	3	Promedio	
20	8,3	0,00	0,00	0,00	0,00	
90	37,5	1,79	1,93	1,00	1,57	
20	8,3	0,80	1,95	0,00	0,91	
180	75,0	4,86	4,70	4,50	4,66	
20	8,3	1,90	1,83	1,50	1,74	
270	112,5	10,61	9,30	9,00	9,63	
20	8,3	4,69	4,60	4,00	4,43	
300	125,0	12,50	—	—	12,50	(sólo para panel 1)
310	129,0	—	12,50	—	12,50	(sólo para panel 2)
329	129,0	—	—	12,50	12,50	(sólo para panel 3)
360	150,0	17,68	17,48	17,00	17,39	
20	8,3	8,95	9,21	8,00	8,72	
450	187,5	31,47	32,30	31,50	31,75	
540	225,0	50,33	45,59	51,00	48,97	
674	281,0	100,00	—	—	100,00	(sólo para panel 1)
696	290,0	—	100,00	—	100,00	(sólo para panel 2)
696	290,0	—	—	100,00	100,00	(sólo para panel 3)

Los gráficos 1, 2 y 3 muestran las curvas carga-deformación de cada panel y el gráfico 4, la curva promedio de las anteriores.

Estos gráficos indican el comportamiento que los respectivos paneles tienen con carga aplicada. Las curvas con línea continua expresan deformación bajo cargas y las curvas con líneas discontinuas, deformaciones residuales permanentes del panel.

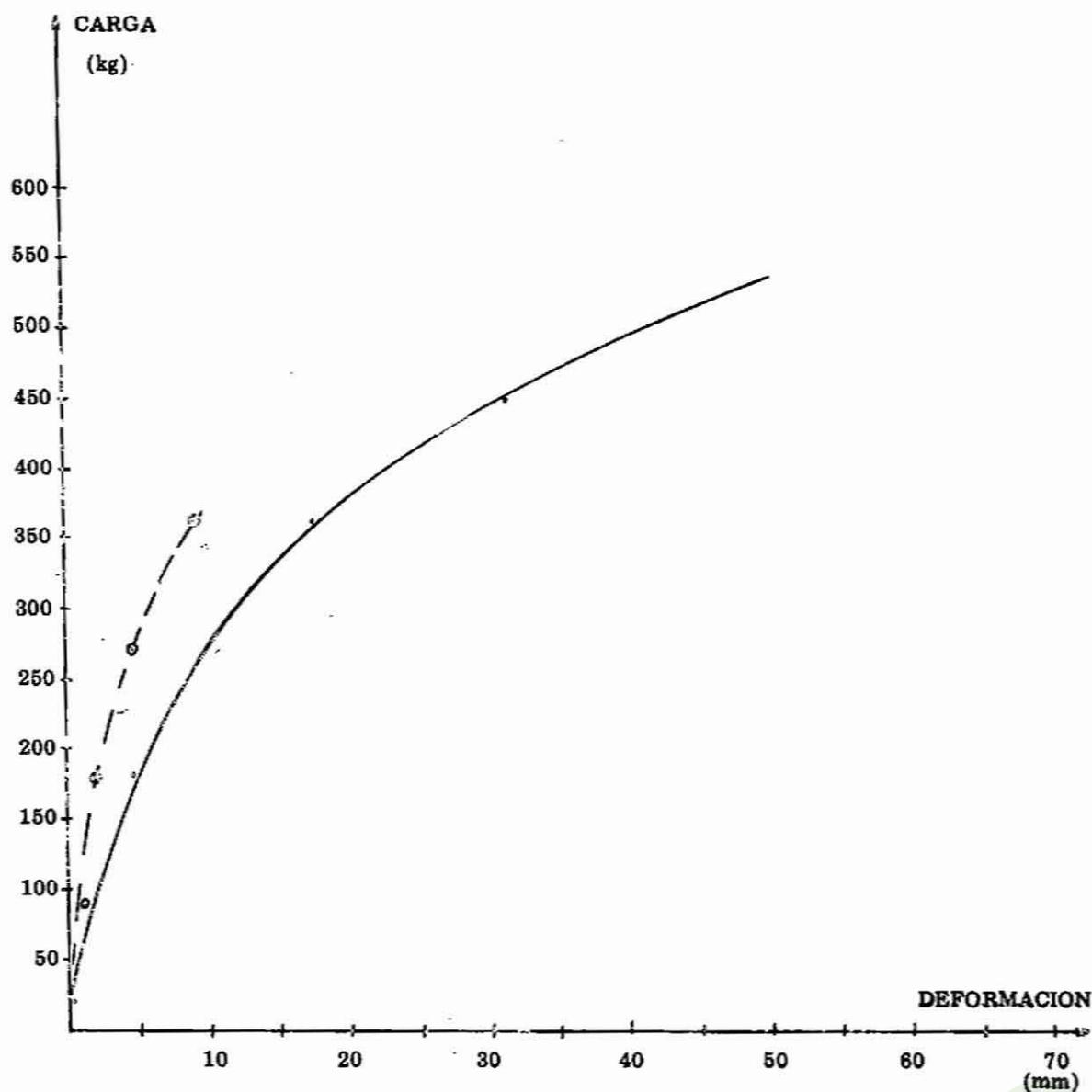


Gráfico 1.- Curva carga-deformación para Panel 1

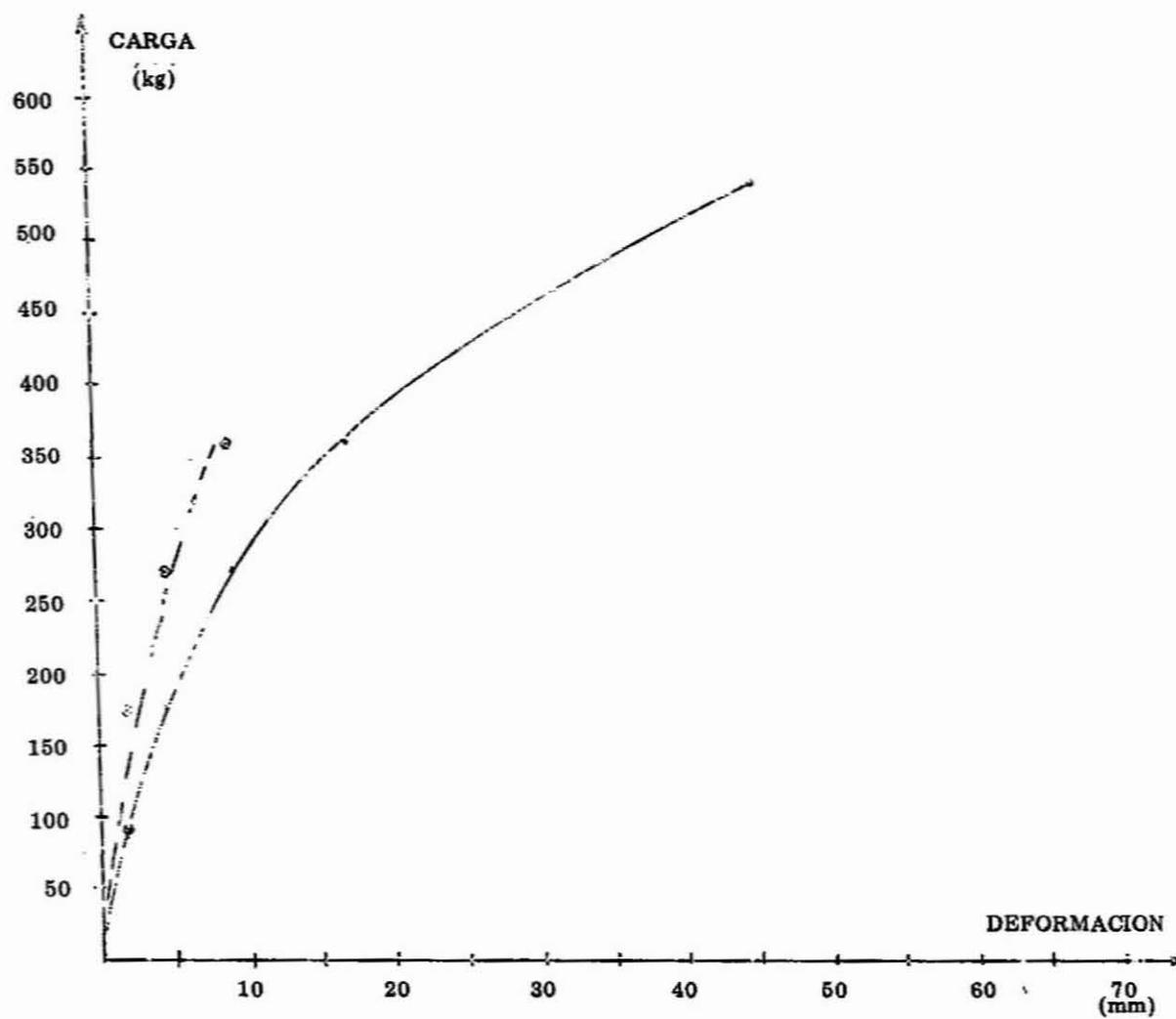


Gráfico 2.- Curva carga-deformación para Panel 2

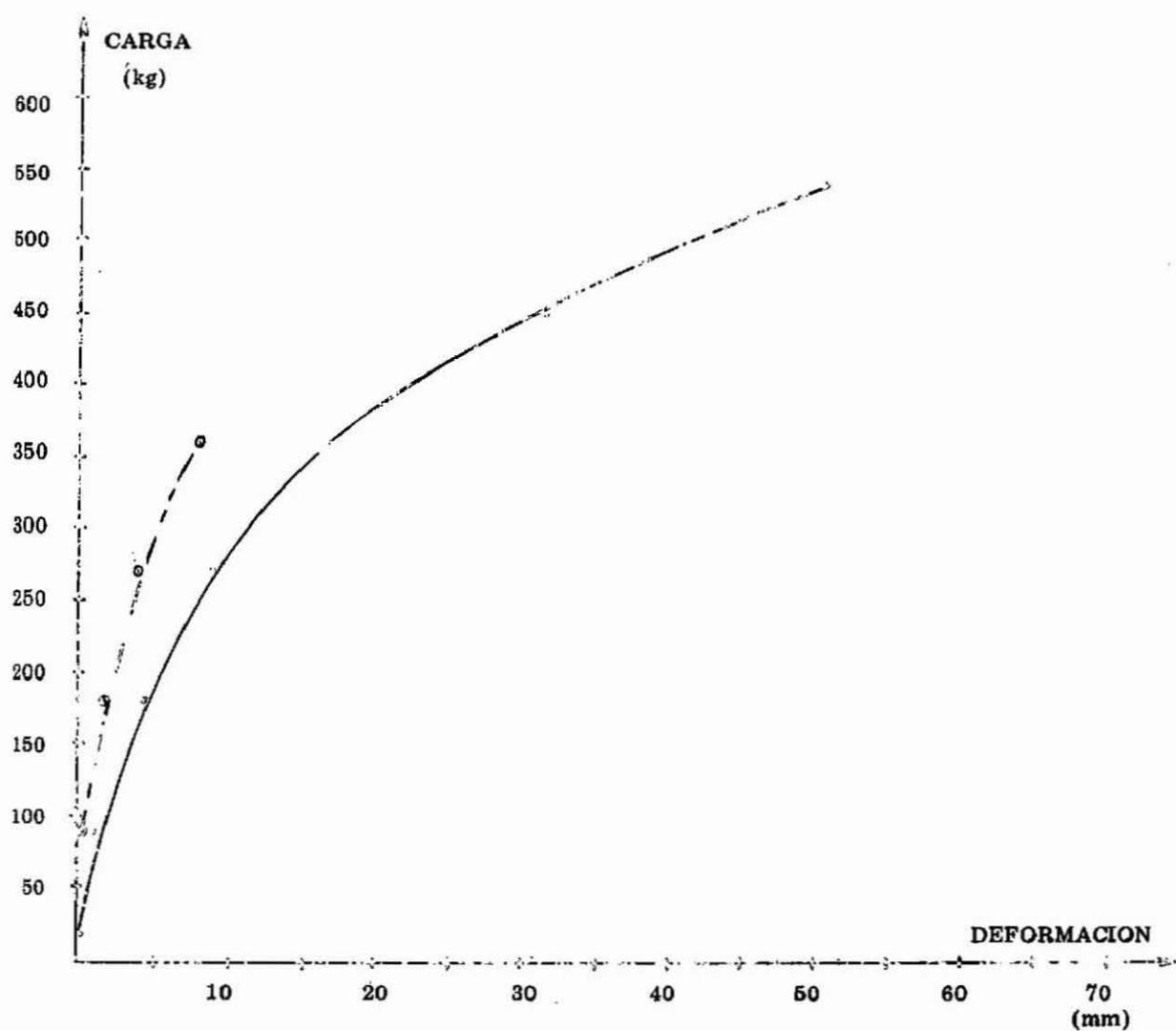


Gráfico 3.- Curva carga-deformación para Panel 3

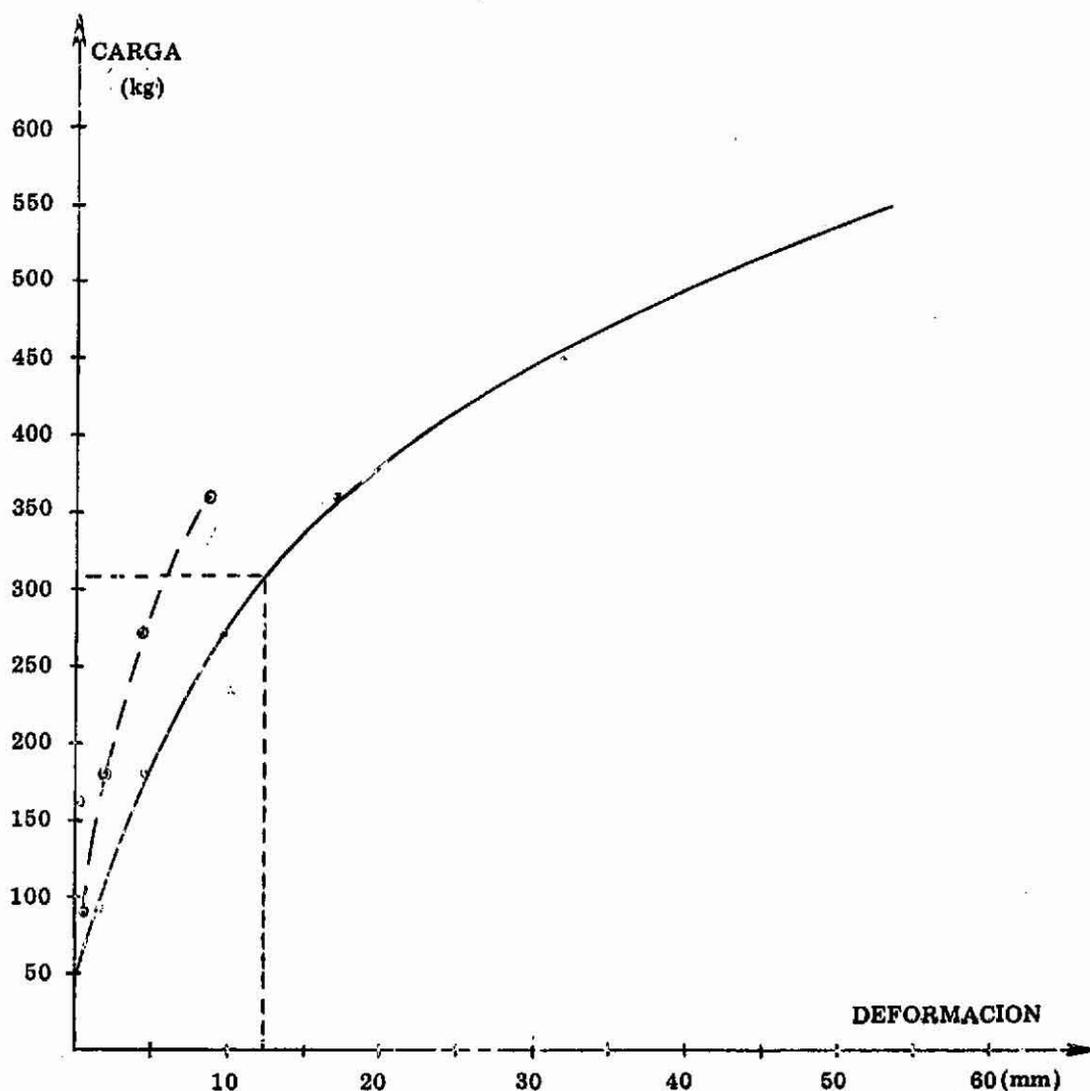


Gráfico 4.- Curva carga-deformación para panel estándar. Curva promedio

Luego, se asignarán para el panel estándar las siguientes características resistentes, deducidas mediante el promedio de los valores obtenidos en los tres paneles para las deformaciones de 12,5 mm y 100 mm respectivamente:

$$P_s = 130 \text{ kg/ml}$$

$$Q_s = 287 \text{ kg/ml}$$

en que:

P_s : carga para deformación de 12,5 mm en el panel estándar

Q_s : carga para deformación de 100 mm en el panel estándar

Estos valores se utilizarán en la comparación de un panel cualquiera con el estándar.

METODO PARA EVALUAR PANELES DE MURO DE MADERA

PANEL DE CARACTERISTICAS BASICAS ESTANDARES

Se consideran dos paneles: uno cuyas características básicas son estándares (altura y longitud) y el panel estándar aquí definido y cuyas curvas cargas-deformación son las que se indican en la figura 7.

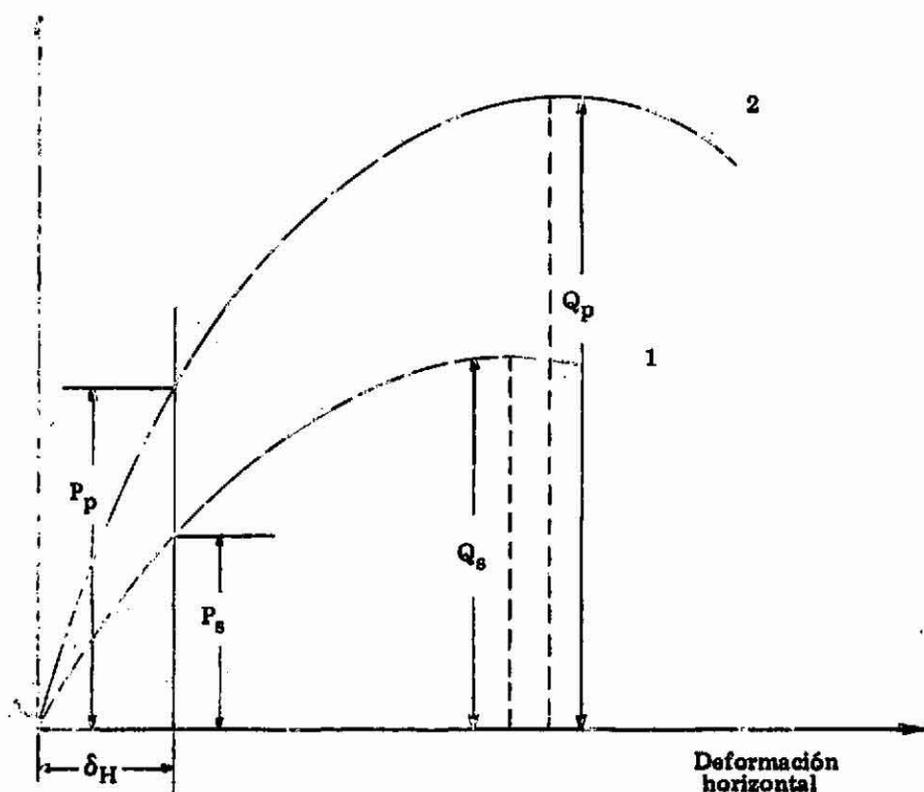


Figura 7.- Curvas de carga-deformación para dos paneles de características básicas estándares: uno cualquiera y otro estándar.

- 1º Panel estándar
- 2 Panel cualquiera de características básicas estándar.

Si para un valor de la deformación horizontal, ($\delta_H = 12,5$ mm), elegido especialmente de modo que caiga dentro del "período elástico" de deformación, se obtienen las cargas P_s y P_p , y si las cargas máximas correspondientes son Q_s y Q_p , se pueden establecer las razones:

$$\rho = \frac{P_p}{P_s} = \text{coeficiente de rigidez relativa}$$

$$R = \frac{Q_p}{Q_s} = \text{coeficiente de resistencia relativa}$$

Al panel estándar le corresponden coeficientes de rigidez y resistencia iguales a la unidad. Los paneles de diversas características pueden compararse a través de estos coeficientes con el panel estándar y, por lo tanto entre sí.

PANEL SIN LAS CARACTERISTICAS BASICAS ESTANDARES

Si el panel en estudio no tiene las dimensiones estándares de altura y longitud, será necesario "reducirlo" al tamaño estándar, a fin de poder compararlo con el panel estándar. Es decir, establecer las cargas que un panel de las mismas características que el panel en estudio, pero de dimensiones estándares, resistiría para un desplazamiento δ_H de la solera superior con respecto a la inferior (P_p) y para la carga máxima (Q_p).

La "reducción" de un panel a las dimensiones estándares se hace aceptando la hipótesis de que en dos paneles similares, pero de dimensiones distintas, las cargas necesarias para producir en ellos un mismo giro son proporcionales a sus longitudes, y que además las cargas máximas ocurren en ambos paneles para un ángulo de giro común.

Si las dimensiones del panel considerado no difieren grandemente de las del estándar, es de suponer que la hipótesis sea admisible; pero si aquellas son bastante diferentes de éstas, o si aparecen algunos factores que produzcan una desviación respecto de la relación lineal carga-longitud, tales como vanos de puerta y ventana, no es posible anticipar hasta qué punto las cargas calculadas pueden ser similares a las que se obtendrán en realidad en el panel de dimensiones estándares.

EJEMPLO PARA LA EVALUACION

A modo de ejemplo tomemos las características obtenidas para tres paneles (A, B y C) mediante un ensayo de carga horizontal realizado en IDIEM, U. de Chile. Aceptemos que sus características son estándares (altura y longitud), a pesar que no lo son, y compárese con las obtenidas en el panel estándar.

Haciendo tales simplificaciones se obtiene el siguiente cuadro:

Cuadro 2.- COEFICIENTE DE RIGIDEZ Y RESISTENCIA RELATIVA PARA LOS PANELES TOMADOS EN EL EJEMPLO

P A N E L		COEFICIENTE DE	
		RIGIDEZ RELATIVA	RESISTENCIA RELATIVA
ESTANDAR	$P_s = 130 \text{ kg/ml}$ $Q_s = 287 \text{ kg/ml}$	1.0	1.0
A	$P = 1.080 \text{ kg/ml}$ $Q = 2.133 \text{ kg/ml}$	8.3	7.4
B	$P = 440 \text{ kg/ml}$ $Q = 1.620 \text{ kg/ml}$	3.4	5.6
C	$P = 414 \text{ kg/ml}$ $Q = 1.188 \text{ kg/ml}$	3.2	4.1

De este cuadro se obtiene que de los tres paneles que se comparan el que mejores resultados da, en cuanto a resistencia a carga horizontal, es el Panel A. Las características y descripción de cada uno de los paneles ensayados se incluye a continuación.

DATOS PARA LA EVALUACION

PANEL A.

Datos: $H = 2,32 \text{ m}$ $e = 4,8 \text{ cm}$
 $L = 0,75 \text{ m}$ $n = 1$

Cuadro 3.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DEL PANEL A

CARGA		DEFORMACION mm	OBSERVACIONES
kg	kg/ml		
20	26,7	0,00	Valor de P (Ver gráfico 5)
360	480,0	7,7	
20	26,7	1,80	
720	960,0	11,3	
20	26,7	1,5	
810	1080,0	12,5	
1080	1440,0	18,3	Carga máxima Q
20	26,7	2,2	
1440	1920,0	28,3	
1600	2133,0	100,0	

El cuadro 3 proporciona la carga aplicada al panel tanto total como repartida, la deformación lograda en él y la carga máxima.

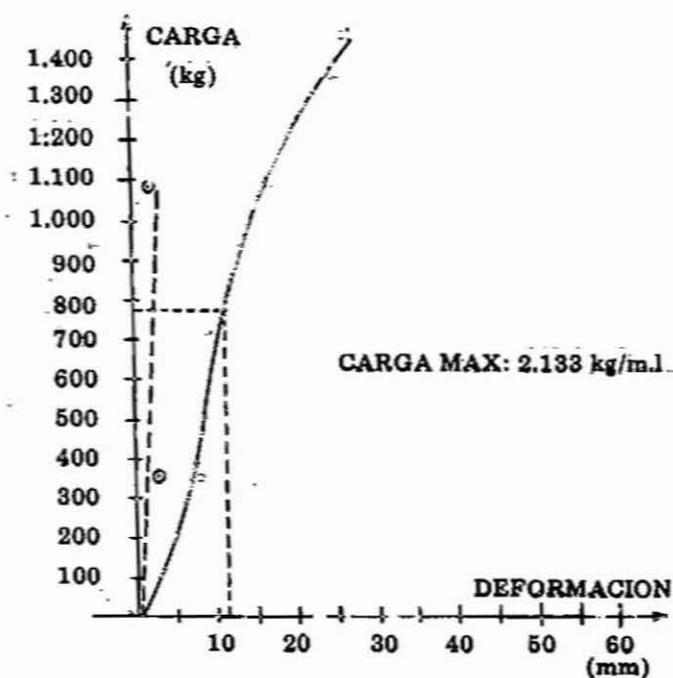


Gráfico 5.- Curva carga-deformación del Panel A

El panel estaba formado por una estructura de álamo, consistente en dos pies derechos laterales de aproximadamente 4,1 x 4,8 cm; dos cabezales de la misma escuadría, un pie derecho central de 4,1 x 9,1 cm y un travesaño horizontal ubicado a media altura, cortado por el pie derecho central.

La estructura estaba revestida por ambos lados con choiguán extraduro de 4 mm de espesor nominal.

El interior del panel estaba relleno con planchas de Aislapol de 40 mm de espesor.

PANEL B

Datos: H = 2,11 m e = 7,8 cm
L = 1,00 m N = 1

Cuadro 4.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DEL PANEL B

C A R G A		DEFORMACION	OBSERVACIONES
kg	kg/ml		
20	20	0,0	Valor de P. (Ver gráfico 6)
360	360	12,4	
20	20	7,2	
440	440	12,5	
20	20	5,2	Carga máxima (Q)
1080	1080	23,5	
20	20	4,9	
1440	1440	32,3	
1620	1620	100,0	

El panel estaba formado por una estructura de pino insigne, consistente en dos pies derechos y dos cabezales, cuya escuadría era de aproximadamente 7,0 x 3,7 cm. Cada uno de los paneles estaba revestido por ambos lados con terciado de 4 mm de espesor clavados a los elementos estructurales del panel. Ver figura 8. El cuadro 4 proporciona la carga aplicada al panel; la deformación lograda en él y la carga máxima.

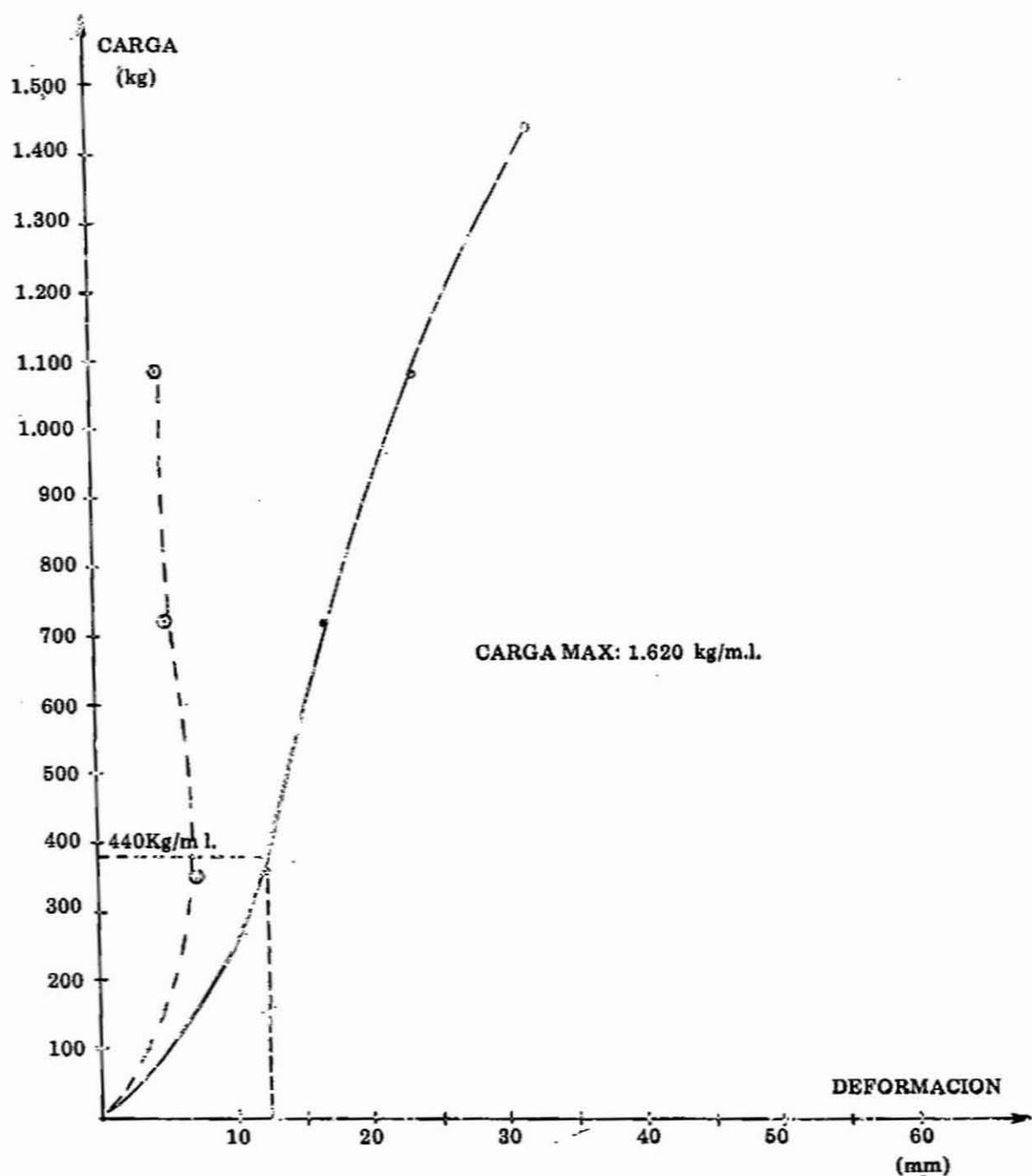


Gráfico 6.- Curva carga-deformación del Panel B

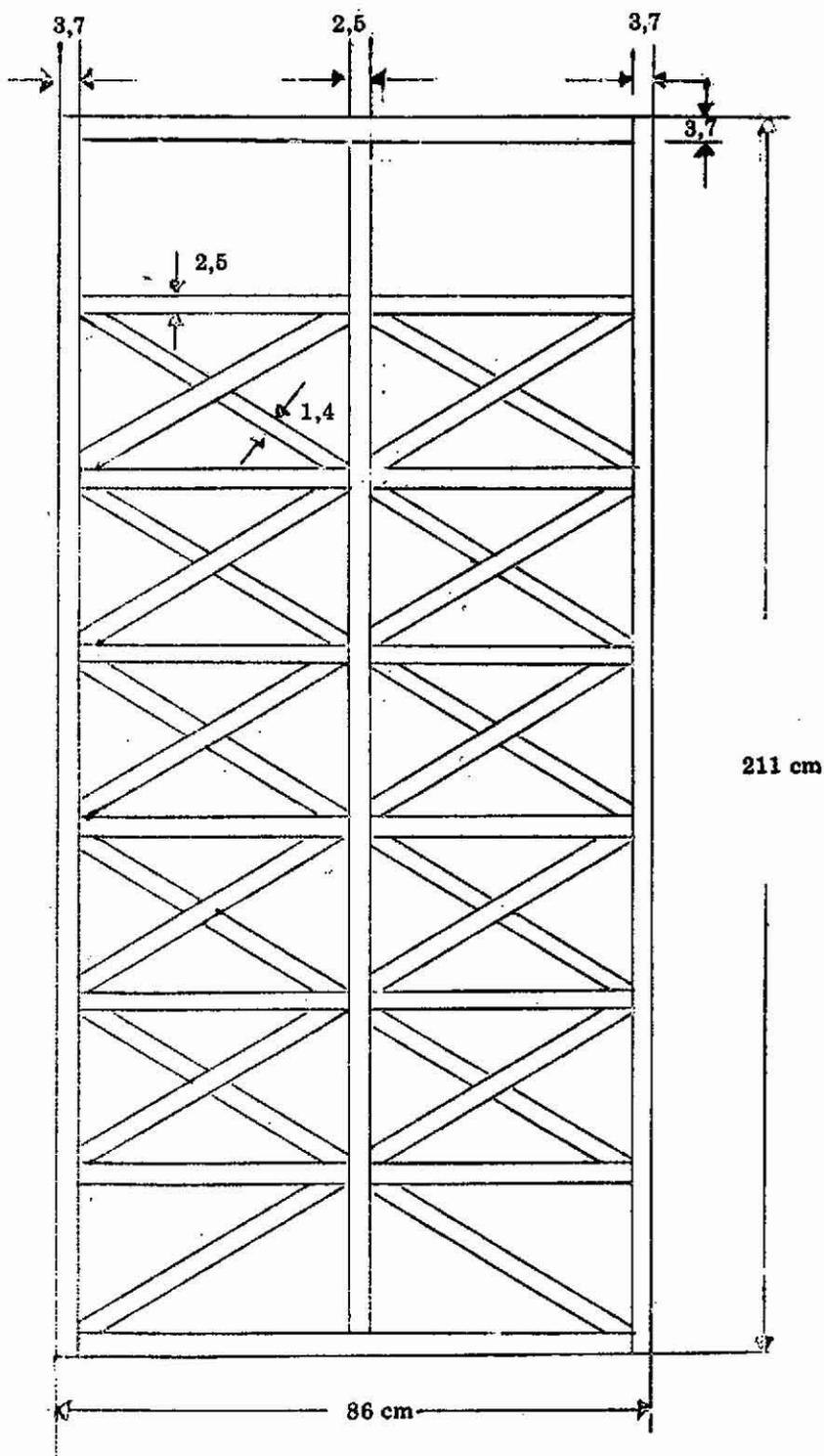


Figura 8.- Esquema Panel B

PANEL C

Datos:	H = 2,40 m	e = 7,7 cm
	L = 1,52 m	n = 1

Cuadro 5.- RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO DEL PANEL C

C A R G ' A		DEFORMACION mm	OBSERVACIONES
kg	kg/ml ²		
20	13,2	0,0	Valor de P (Ver gráfico 7)
360	237,0	6,9	
20	13,2	2,2	
629	414,0	12,0	
720	474,0	15,3	
20	13,2	3,3	
1080	710,5	30,1	
20	13,2	6,2	
1440	888	37,8	
1806	1188	100,0	

El panel estaba formado por una estructura de pino insigne revestido por un sólo lado con terciado de 6,5 mm de espesor. La estructura estaba constituida por 4 pies derechos de 3,6 x 7,0 x 232,8 cm con una separación de aproximadamente 50,6 cm entre sí; por dos soleras, una superior y otra inferior, de 3,6 x 7,0 x 152,0 cm clavados a los pies derechos, y por 3 travesaños horizontales de 3,6 x 7,0 cm de sección transversal, cortados por los pies derechos y con una distancia de aproximadamente 60 cm entre sí. El revestimiento de terciado estaba clavado y encolado a los distintos elementos de la estructura, dando un espesor total para el panel de 7,7 cm. El cuadro 5 presenta la carga aplicada al panel, tanto total como repartida, las deformaciones en él logradas y la carga máxima.

REQUISITOS BASICOS EN FUNCION DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA RELATIVA

Otra utilidad que se puede obtener del concepto de panel estándar es el que se refiere a expresar los requisitos de resistencia a carga horizontal (RH) mediante el **coeficiente de resistencia relativa**.

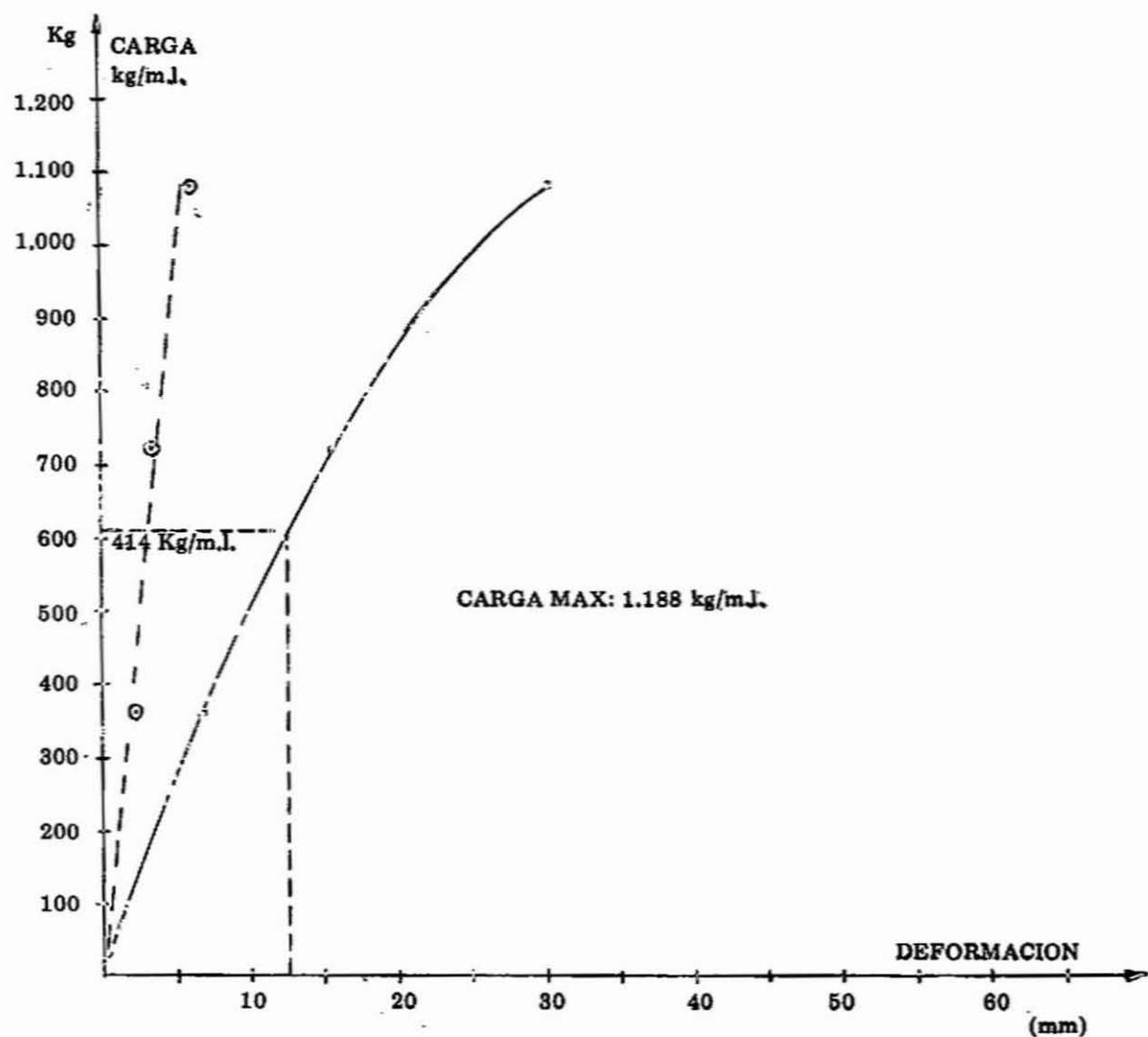


Gráfico 7.- Curva carga-deformación del Panel C

Se obtiene así, en base a los grados descritos en la norma NCh 806. Eof 70, lo siguiente:

Cuadro 6.- COEFICIENTES DE RESISTENCIA RELATIVA PARA LOS GRADOS NORMALIZADOS DE RESISTENCIA HORIZONTAL

G R A D O	CARGA MAXIMA O DE ROTURA (Q)	VALOR DEL COEFICIENTE DE RESISTENCIA RELATIVA*
	VALORES DE NORMA kg/ml	$R = Q/Q_s$
RH 1	500 a 1000	3,8 a 7,7
RH 2	1000 a 2000	7,7 a 15,4
RH 3	2000 o más	15,4 o más

Q_s = carga para deformación de 100 mm en el panel estándar = 287 kg/ml

* Valores calculados mediante el método descrito en "Panel de características básicas estándares"

De esta manera se podrá especificar la calidad resistente de un determinado panel de vivienda en base al coeficiente de resistencia relativa.

Ejemplo. Los muros exteriores de la vivienda serán de madera con un grado de resistencia a carga horizontal igual a RH 2.

Significa que su resistencia relativa debe estar comprendida entre 7,7 y 15,4. De los paneles que se acompañaron como ejemplo en el cuadro 2 del punto "Ejemplo para la evaluación", se observa que sólo el panel A se acerca a tal especificación.

CONCLUSIONES FINALES

A continuación se expresan algunas conclusiones que emanan del análisis del trabajo realizado:

- Poco aportan los resultados extraídos directamente de los ensayos de paneles. Lo adecuado es realizar con ellos un procesamiento posterior y determinar, para cada panel, un valor que, comparado con otros similares, dé una idea del comportamiento del panel. La obtención de tales valores se obtiene considerando la resistencia de un "panel estándar". Relacionando la resistencia de un panel cualquiera con la del panel estándar será posible definir un coeficiente que exprese su resistencia en función de la del estándar. Comparando tal coeficiente con otros coeficientes obtenidos de igual forma, se tendrá una idea de la resistencia de ese panel respecto de los paneles cuyos coeficientes se consideraron en la comparación.
- Los valores que representan las características resistentes del panel estándar sometido a cargas horizontales son:

$$P_s = 130 \text{ kg/ml} = \text{carga para deformación horizontal de } 12,5 \text{ mm}$$

$$Q_s = 287 \text{ kg/ml} = \text{carga para deformación horizontal de } 100 \text{ mm}$$
- Los valores que caracterizarán la resistencia a carga horizontal de cada panel son el coeficiente de rigidez relativa (ρ) y el coeficiente de resistencia relativa (R) los cuales se calculan mediante las expresiones

$$\rho = \frac{P_p}{P_s} \qquad R = \frac{Q_p}{Q_s}$$

en que:

P_p = carga del panel cualquiera para una deformación de 12,5 mm

Q_p = carga del panel cualquiera para una deformación de 100 mm (carga máxima)

- Un panel es eficiente cuando sus valores de rigidez y resistencia relativa son los necesarios para las cargas específicas que va a soportar el panel. Paneles con valores más altos o más bajos que los necesarios pueden corresponder respectivamente a paneles no económicos o no suficientemente resistentes.
- Mediante el método recomendado para la comparación de la resistencia de los paneles a cargas horizontales, (Ver párrafos anteriores), se pueden efectuar dos tipos de estudios:
 - a) Establecimiento de la influencia que sobre la resistencia del panel estándar tienen elementos tales como: diagonales, revestimientos, sistemas de clavados, etc.

42.

- b) Comparación de paneles confeccionados mediante diferentes sistemas constructivos a fin de establecer cuál de ellos se comporta mejor a la acción de cargas horizontales.



B I B L I O G R A F I A

- ALBALA A. Hiram. **Resistencia de paneles de madera a cargas horizontales.** Revista del IDIEM, Santiago, Chile 1(3): 185-201, 1962.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING STANDARD METHODS AND MATERIALS. **Conducting strenght tests of panels for building construction.** ASTM E 72-68, Part 14, Philadelphia, 1970.
- ANDERSON, L.O. **Guides to improved framed wells for houses.** Madison, Wisconsin, Forest Products Laboratory, 1965. (U.S. For. Serv. Res. Pap. FPL 31).
- ICEKSON, A. **The racking resistance of structural panels used in timber house construction.** London, Imperial College, 1966.
- JOHNSON, V.C. **Timber framed houses and their resistance to horizontal forces.** London, Timber Research and Development Association, 1965 (Report N^o 1).
- KUENZI, E.W. **Some theoretical considerations relating to the design criteria for the racking resistance of walls.** Madison, Wis., Forest Products Laboratory, 1951. (Progress Report not for publication).
- NIELSEL, R.H. and GUERRERA, J.F. **Racking strenght of fibreboard sheathing.** TAPPI 39(9): 625-628, 1956.
- POTTER, F.H. **The racking resistance of timber framed walls.** London, Imperial College, Department of Civil Engineering.
-



A N E X O

En base al sistema descrito, en IDIEM, U. de Chile, se ha realizado un estudio (1) de procesamiento de datos, tomando los resultados obtenidos de ensayos realizados en instituciones norteamericanas: Forest Products Laboratory (F. P. L.) y Housing and Home Finance Agency (H. H. F. A.). Algunas de las principales conclusiones que se obtuvieron de tal estudio fueron:

- a) El revestimiento doble resulta mejor que el simple, dependiendo ésto de los elementos constitutivos de estos tipos de revestimiento. Así por ejemplo, el doble de tablas es, aproximadamente, el doble mejor que el revestimiento simple de tablas; el revestimiento doble de tabla y yeso (*) es levemente mejor que el revestimiento simple de yeso; el revestimiento doble de tabla y yeso fue varias veces mejor que el revestimiento simple de tablas. En estos ejemplos se nota el aporte preponderante del yeso a la rigidez del panel.
- b) Los paneles llenos resultaron algo superiores a los paneles con un vano de ventana, y entre 1,4 y 7,3 veces superiores a aquellos que tenían un vano de puerta y otro de ventana. Los paneles con un vano de ventana fueron aproximadamente el doble más rígidos que aquellos que tenían un vano de puerta y otro de ventana.
- c) Las rigideces de paneles con revestimiento diagonal de tablas fueron prácticamente las mismas, ya fuera que las tablas estuviesen comprimidas o traccionadas debido a la acción de la carga horizontal, y resultaron bastante superiores a las de paneles con revestimiento horizontal.
- d) En los paneles revestidos con tablero de fibra o terciado se obtuvieron mejores rigideces cuando las uniones entre las láminas eran verticales.
- e) La rigidez prácticamente no varió cuando se usó como revestimiento tabla de 1" x 8" o tabla de 1" x 6". La tabla de 1" x 8" clavada a los pies derechos con dos clavos de 2 1/2" produjo una rigidez cerca de un 60% superior a la producida por la tabla tinglada de 1/2" x 6" y levemente superior a la producida por la tinglada de 3/4" x 8".
- f) El revestimiento de yeso resultó bastante superior al de tabla horizontal de 1" x 8" con dos clavos de 2 1/2" por pie derecho y por tabla.

* El yeso se aplicó en forma de mortero con arena en la proporción de 1:1 3/4 en peso sobre listoneado horizontal de madera de 3/4" con 1/4" de separación, en dos capas, haciéndose los ensayos una semana más tarde.

- g) La unión de terciado a la estructura mediante un adhesivo produjo rigideces en los paneles bastante superiores a las obtenidas en aquellos casos en que se usaron clavos como elementos de unión.
- h) Cuando se usó en tableros de fibra o terciado (para su unión a la estructura) un clavado igual a doble de otro, la rigidez mejoró entre un 10 0/o y un 50 0/o.

NOTA: En los tableros de fibra se usaron clavos de 2 1/2" a las distancias de 76 mm, 152 mm y 135 mm en los pies derechos exteriores, internos y soleras, respectivamente.

En los terciados de 6 mm de espesor, se usaron clavos de 2" a las distancias tomadas en el mismo orden anterior, de 127 mm, 254 mm y 127 mm, para el clavado simple y de 64 mm para el clavado doble.

- i) Cuando se usaron clavos de 3" en la unión a la estructura de un revestimiento de tablas de 1" x 8", la rigidez mejoró en cerca de un 40 0/o de aquella que se obtuvo al usar clavos de 2 1/2"; al usar clavos de 3 1/4" no se observó una ganancia adicional.
- j) Un panel seco sin tratamiento previo produjo una rigidez superior en un 40 0/o a la de un panel expuesto a la intemperie (sol y lluvia alternados durante un mes), previamente al ensayo.
- k) El uso de suples de 2" x 4" sobre el dintel de puerta, encima del travesaño superior y debajo del travesaño inferior de ventana, en los paneles con un vano de puerta y uno de ventana, mejoró levemente la rigidez del panel.
- l) Un panel con revestimiento horizontal de tablas y con diagonales ensambladas del tipo indicado en la figura resultó ser cerca de un 70 0/o más rígido que la estructura sola, rigidizada con el mismo tipo de diagonales. Ver figura 1 (Anexo).

RECOMENDACIONES

De las conclusiones establecidas en el artículo "Resistencia de Paneles de Madera" de la Revista del IDIEM Vol. 1 N° 3, se formulan, en ese mismo artículo, una serie de recomendaciones de orden práctico, las cuales deben usarse con cautela pues provienen de la interpretación de los resultados en un número limitado de experiencias.

Estas experiencias se realizaron en un medio de recursos tecnológicos superiores a los nuestros, lo cual incide en la calidad de las muestras ensayadas y, por lo tanto, en su resistencia. Para aprovechar bien el método aquí propuesto será necesario construir y ensayar paneles con medios y materiales propios utilizando diseños y recomendaciones ampliamente probadas en países con tecnologías más avanzadas.

Longitud. Los tabiques de madera podrán ser contruidos, si así se desea, de varias secciones agregadas, con tal que los sistemas de unión entre ellos sean eficientes.

Humedad. Es de todo punto de vista recomendable secar la madera antes de armar un panel, ya que el uso de madera verde, aún cuando el panel tenga la posibilidad de secarse subsiguientemente durante un mes, baja notablemente su rigidez.

Efectos climáticos. Los paneles deberán protegerse de la acción directa del sol y la lluvia alternados, pues de lo contrario sus rigideces se verán comprometidas.

Efectos sísmicos. Los paneles de madera respondieron muy eficientemente a la acción de ciclos de vibración de características tales, que permiten inferir un buen comportamiento a la acción sísmica, por lo cual su uso resulta recomendable en países tales como Chile.

Estructura. Es evidentemente ventajoso usar diagonal ensamblada en lugar de cortada en zig-zag, tanto por ser más económico como por mejorar notablemente la rigidez de un panel. Es preferible usar un sistema de arriostamiento con tres diagonales ensambladas (Ver Fig. 1 Anexo) en lugar de dos en forma de V, en la estructura de un panel.

Revestimiento. a) el revestimiento diagonal de tablas es de gran eficiencia, siendo indiferente la orientación que se dé a las tablas.

b) las tablas deberán clavarse a los pies derechos con un número par de clavos, simétricamente dispuestos con respecto al centro de la tabla, lo más cerca posible de los bordes de ella para aumentar así el momento resistente en la unión de tabla-pie derecho.

c) en paneles con revestimientos de tablas clavadas a los pies derechos, se puede aumentar la rigidez, ya sea aumentando el número de clavos o bien usando clavos más largos (hasta 3") obteniéndose mejores resultados con el primero de estos sistemas.

Tableros. a) al revestir un panel con algún tipo de tablero (de fibras o partículas) deberá cuidarse que las uniones sean predominantemente verticales.

b) el terciado es preferible al tablero de fibra, aun cuando los espesores de ellos lleguen a ser 6 mm y 20 mm respectivamente.

c) si se ha de revestir un panel con terciado es preferible usar uno delgado (por ej. 6 mm), en vez de uno grueso (por ej. 16 mm), ya que la rigidez de este último es muy poco superior a la del primero y no justifica el mayor costo.

d) en el clavado de tableros de fibra o terciado a la estructura, las distancias entre los clavos en las distintas partes (pies derechos interiores, pies derechos exteriores y soleas) no convendrá que sean menores que ciertos valores.

e) es mucho mejor unir los revestimientos de láminas a la estructura, con un adhesivo adecuado que con clavos. Pueden usarse ambos medios sirviendo el clavo como elemento de presión en la línea de cola.

Yeso. Si se ha de usar revestimiento de yeso, es preferible que sea simple y no doble (sobre revestimiento horizontal de tablas) ya que la pequeña ganancia en rigidez que representa la última solución, no compensa su mayor costo.

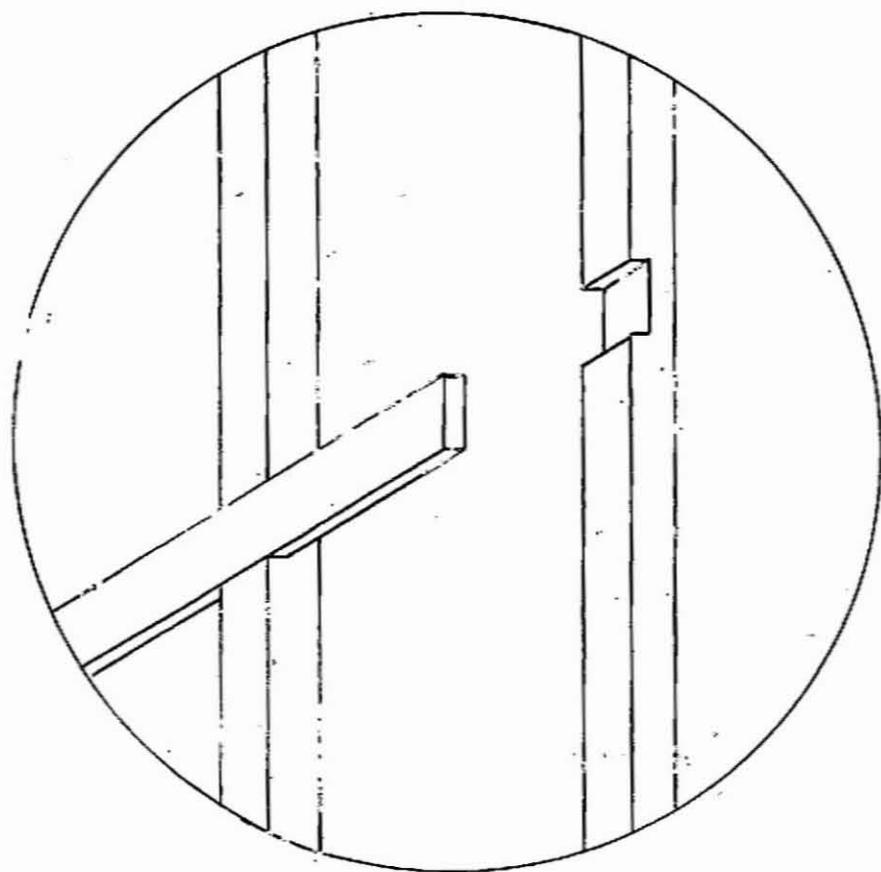
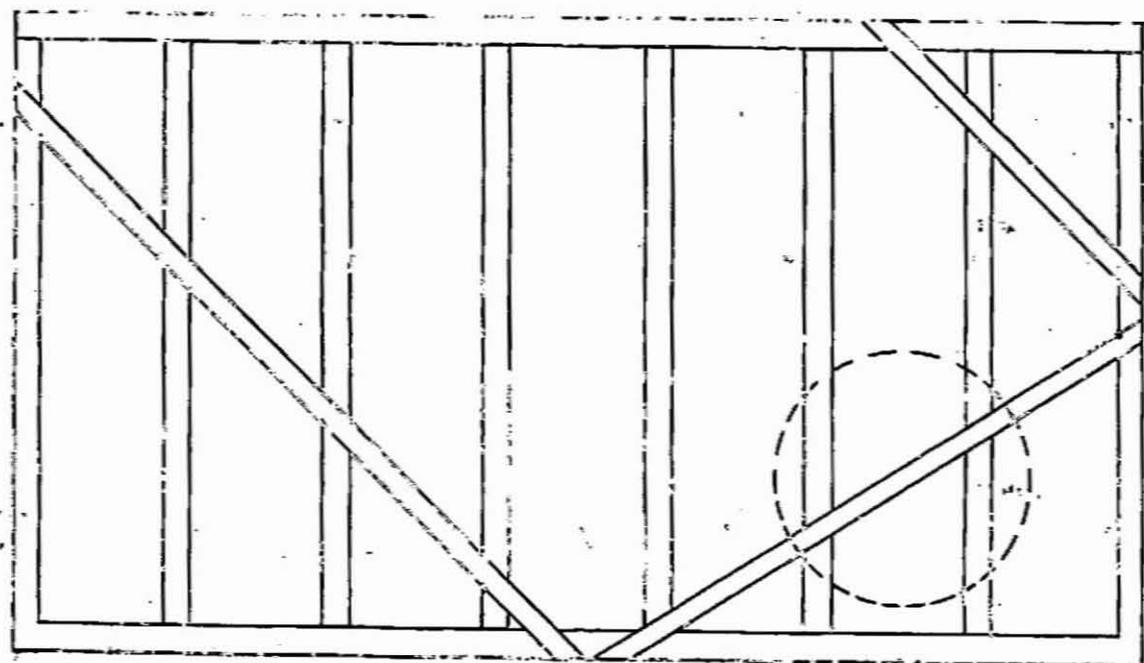


Figura 1.- Panel con diagonales

Comparación entre tabla y tablero. A espesores iguales resulta muy ventajoso el uso como revestimiento de tablero de fibra con junta vertical que de tabla con junta horizontal. El uso de tablero de terciado con junta vertical, como revestimiento es muy superior al de tabla con junta horizontal, aun cuando el espesor del terciado sea bastante inferior a la de la tabla (Ej. terciado de 6 mm y tabla de 1").

Estas recomendaciones y el método de evaluación de resistencia de paneles de muro a solicitaciones horizontales, que aquí se propone pueden configurar un esquema de investigación a seguir en la búsqueda de paneles eficientes para viviendas de madera.

La definición de paneles eficientes es una etapa dentro del proceso de industrialización de la vivienda. Cualquier adelanto que se haga en este rubro será provechoso para diseñar mejores viviendas industrializadas.



**Impreso en los talleres del Instituto Forestal
Valenzuela Llanos 260 — Casilla 3085
Portada, dibujos: Gonzalo Ríos
Comp. texto: Eugenia Guzmán
Impresión: Carlos Duque
Encuad.: Jorge Salinas
Mario Rodríguez
S. Antillanca
D. Mosqueda
Santiago-Chile
Marzo 1974**



PEREZ G., Antonio

Evaluación de la resistencia de los paneles de madera a cargas horizontales. Por Antonio Pérez G. et alii. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1973.

43 ps., illus. (Informe Técnico N° 46).

Se presenta un método de evaluación de la resistencia y rigidez de paneles de madera sometidos a cargas horizontales.

La importancia de esta evaluación es poder decidir cuál de ellos es más económico y más resistente para ser utilizado como muro en viviendas.

PEREZ G., Antonio

Evaluación de la resistencia de los paneles de madera a cargas horizontales. Por Antonio Pérez G. et alii. Santiago, Chile, Instituto Forestal, 1973.

43 ps., illus. (Informe Técnico N° 46).

Se presenta un método de evaluación de la resistencia y rigidez de paneles de madera sometidos a cargas horizontales.

La importancia de esta evaluación es poder decidir cuál de ellos es más económico y más resistente para ser utilizado como muro en viviendas.

PEREZ G., Antonio

Endurance evaluation of the wood panels against horizontal pressure. By Antonio Pérez G. et alii. Santiago, Chile, Forestry Institute, 1973.

43 ps. illus. (Technical Report N° 46).

A method of endurance and strenght evaluation of wood panels, bearing horizontal pressures is presented.

The importance of this evaluation consists on deciding which one is more economic and more resistant to be used as house walls.

PEREZ G., Antonio

Endurance evaluation of the wood panels against horizontal pressure. By Antonio Pérez G. et alii. Santiago, Chile, Forestry Institute, 1973.

43 ps. illus. (Technical Report N° 46);

A method of endurance and strenght evaluation of wood panels, bearing horizontal pressures is presented.

The importance of this evaluation consists on deciding which one is more economic and more resistant to be used as house walls.

