

# análisis de resistencia en tres tipos de juntas utilizada en la construcción de muebles\*

FEDERICO PICADO \*\*

## RESUMEN

*Se presenta el análisis, evaluación de resistencia y comparación estructural de tres tipos de juntas utilizadas en la fabricación de muebles: juntas con taco, a caja y espiga y de tornillo ("knocked down").*

## INTRODUCCION

En el proceso de fabricación de muebles, el diseño de las juntas es uno de los pasos más importantes para asegurar un mueble de buena calidad. Desde un punto de vista estructural, es en las juntas donde se presentan la mayoría de las fallas productos de uniones débiles. Los tres tipos de juntas evaluadas en este trabajo son ampliamente conocidas y utilizadas en la industria mueblera costarricense. Por esta razón es necesario el desarrollo de métodos científicos que le permitan al diseñador y fabricante de muebles, conocer los procedimientos adecuados para diseñar juntas que puedan soportar las cargas impuestas sobre ellos.

El presente trabajo se orientó hacia la comparación estructural de tres tipos de juntas: con taco, a caja-espiga y knocked-down (tornillo). Las dos primeras de uso común en la fabricación de muebles, la última es de reciente aplicación en la industria costarricense.

## JUNTAS CON TACO

Debido a sus características favorables de costo y producción, este tipo de juntas han sido, por largo tiempo, favoritas en la industria del mueble. Son simples en el diseño y requieren únicamente la

operación de escopleado para formar una junta que pueda ser usada en una gran variedad de ensambles. En nuestro país existe una tendencia a utilizar más las juntas a caja y espiga que con tacos, la causa podría ser por razones culturales debido a un uso tradicional de este tipo de junta.

Las juntas con taco superan a las de caja y espiga en cuanto a rapidez y facilidad de construcción y ajuste y reducen los costos de construcción del mueble respecto a las juntas a caja y espiga. En cuanto a la resistencia, las juntas con taco presentan valores inferiores que las a caja y espiga. Sin embargo, una junta con taco, científicamente diseñada, puede alcanzar los valores de resistencia mínimos necesarios para soportar confiadamente las fuerzas impuestas sobre ella en un mueble en servicio. En otras palabras, con juntas con taco se pueden obtener uniones altamente resistentes, pudiendo en algunos casos, sustituir las juntas a caja y espiga. (3)

## JUNTAS A CAJA Y ESPIGA

En la construcción de muebles las juntas a caja y espiga ocupan un lugar de preferencia por su variabilidad de aplicación, resistencia y durabilidad. Presentan el inconveniente de requerir mayor precisión en los ajustes (lengüeta-caja), mayor consumo de madera y aumento de operaciones, afectando su costo de producción.

En nuestro país existe una tendencia a utilizar más este tipo de juntas, probablemente esta preferencia se debe a razones culturales y obedece a un uso tradicional de las juntas a caja y espiga.

## JUNTAS TORNILLO (KNOCKED DOWN)

Este tipo de junta metálica ha sido probada con éxito desde hace varios años, por los fabrican-

\* Publicación efectuada con el auspicio del Proyecto de Ciencia y Tecnología AID/CONICIT.

\*\* Profesor del Departamento de Ingeniería en Maderas del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

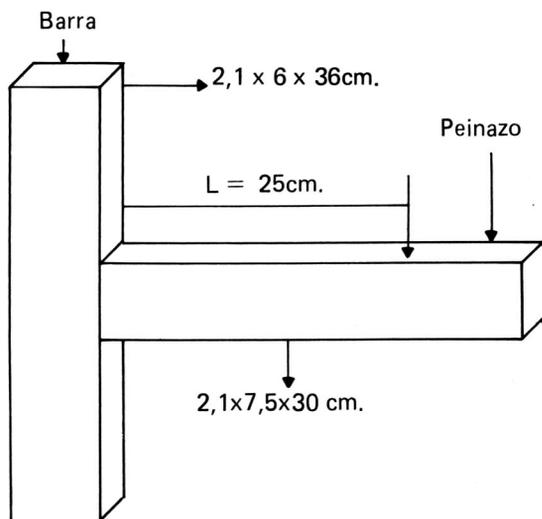
tes de muebles europeos. Es especial para muebles modulares y desarmables, donde se requiere facilidad de armado y embalaje. Asimismo, se pueden obtener juntas resistentes y durables. En algunos casos pueden sustituir las juntas con taco y a caja y espiga, con la ventaja de no necesitar adhesivo cuando se arma el mueble.

## PROCEDIMIENTO

Los ensayos en las juntas se realizaron con madera de fruta dorada (*Virola koschnyi*), a un contenido de humedad promedio del 15<sup>o</sup>/o.

Se construyeron tres clases de juntas: taco, caja y espiga y tuerca y tornillo (knocked down). En la Figura 1, se muestran las dimensiones de las probetas para cada tipo de junta.

Con el objetivo de producir un momento flexionante en la junta se escogió un punto de aplicación de carga (P) a una distancia (L) de 25 cm de la junta.



Dimensiones de las juntas:

Tacos de 2,5 x 5 cm.

Espiga de 1,2 x 5,3 x 4,0 cm.

Tornillo de 0,47 mm x 6,7 cm.

FIGURA No. 1. Geometría de la utilizada en los ensayos.

El adhesivo utilizado fue polivinil acetato (cola blanca). Los ensayos se realizaron en una máquina de ensayos universal, a una velocidad de avance del cabezal móvil de 2,0 mm/minuto. La

probeta se fijó a un aditamiento en forma de T invertida, como se muestra en la figura 2 donde se observa la ejecución del ensayo. En todos los ensayos se anotó la carga de falla para el cálculo del momento flexionante. También se evaluó la forma de falla en cada probeta.

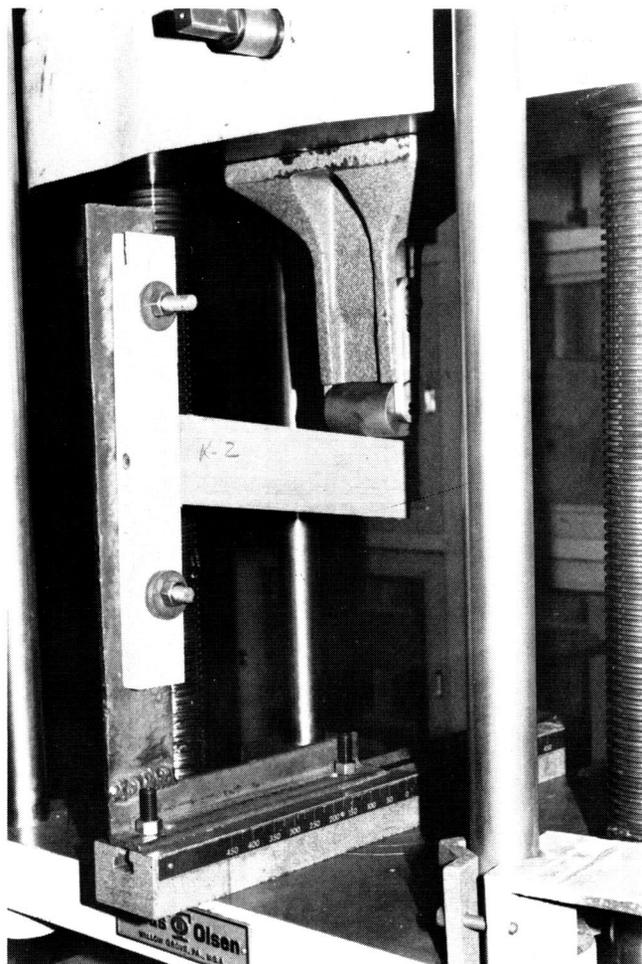


FIGURA No. 2. Acercamiento de un ensayo en junta de tuerca y tornillo. Se muestra también el punto de aplicación de carga.

## DISCUSION DE RESULTADOS

Los valores calculados de carga máxima para las juntas a caja y espiga y taco se obtuvieron a partir de las fórmulas descritas por Eckelman (1) y Picado (3). El momento flexionante de una junta con taco puede ser calculado por medio de la expresión:

$$F_4 = F_2 \times d \text{ (kg-cm)}$$

Ecuación 1

La fuerza de extracción del taco  $F_2$ , se calcula por la siguiente expresión:

$$F_2 = 0,917 \times D \times L^{0,89} (0,955_1 + S_2) A \times B$$

Ecuación 2

El momento flexionante de una junta a caja y espiga puede ser calculado por la expresión:

$$F_4 = 11,431 \times S_1 \times A \times B \times C$$

Ecuación 3

Las variables indicadas se explican en la nomenclatura. El valor calculado (P) de carga máxima se obtiene de la expresión:

$$P = \frac{\text{momento flexionante}}{\text{distancia aplicación de carga}} = \frac{M}{25} \text{ kg}$$

El cuadro 1 muestra los valores experimentales promedios de carga máxima, momento flexionante y esfuerzo en flexión para este tipo de junta.

CUADRO No. 1. Valores experimentales de carga máxima, momento flexionante y esfuerzo en flexión.

	Tipo de Junta		
	Caja y Espiga	Taco	Tornillo y Tuerca
Carga de falla promedio (kg)	100,8	85,4	39,5
Desviac. estándar	15,7	13,5	5,9
5º/o exclusión	76,2	63,3	29,8
Momento flexionante Promedio (kg-cm)	2519	2136	988
Esfuerzo en flexión Promedio (kg-cm)	128	108,5	50,2
No. de probetas	29	29	31

Para las juntas con tornillo y tuerca no se obtuvo el valor calculado de la carga máxima, debido a que no se ha desarrollado la información necesaria al respecto.

En el cuadro 2 se presenta una lista de los valores experimentales y calculados de la carga máxima en las juntas.

CUADRO No. 2. Valores experimentales y calculados de la carga máxima.

Tipo de junta	Carga máxima calculado (kg)	Carga máxima Exp. 5º/o Excl. (kg)	º/o Dif.
Taco	47,2	63,3	34,1
Caja y Espiga	88,8	76,2	-14,1
Tornillo y tuerca	—	29,8	—

En relación con el comportamiento del adhesivo utilizado en la construcción de las juntas con taco y caja—espiga, se puede considerar, en términos generales satisfactorio, como se muestra en la figura 3, donde se observa el tipo de falla que se presentó en una junta con tacos. En esta probeta al alcanzar el nivel máximo de carga cedió la madera y no la línea de cola, producto de una junta altamente resistente.

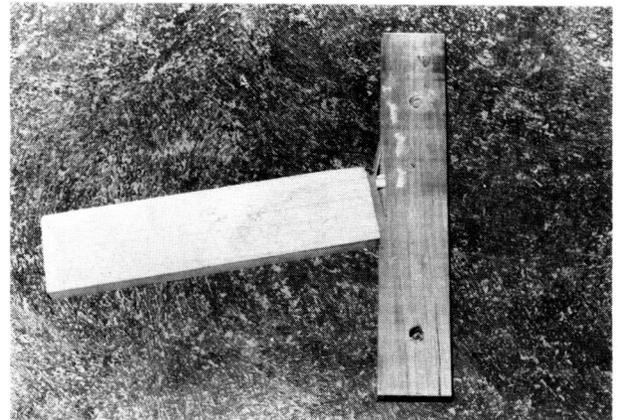


FIGURA No. 3. Tipo de falla que se presentó en una junta con taco, donde se observa el comportamiento satisfactorio de la línea de cola.

Analizando el comportamiento de las juntas tornillo y tuerca, que alcanzaron los niveles de resistencia más bajos (cuadro 1) en relación con los otros tipos de junta, se determinó que fue debido a la colocación del tornillo en el eje neutro de la sección sometida a flexión. En el eje neutro es donde se produce la inversión de esfuerzos, como se observa en la figura 4. La resistencia de la junta mejoró en un 65º/o colocando el tornillo al centro del área de tensión en la sección, como se observa en el punto A de la figura 4.

El valor promedio de carga máxima fue de: 61 kg con una desviación estándar de 10,8. Se

determinó que para obtener una junta tornillo y tuerca resistente a una carga flexionante se debe colocar el tornillo a una distancia de la cuarta parte del ancho de la pieza en el área de tensión.

**ANALISIS**

El análisis de varianza se realizó de acuerdo con lo establecido en los procedimientos del diseño experimental (6). La hipótesis consiste en aceptar a un nivel de confianza del 5<sup>o</sup>/o si dos o más promedios de los valores de carga máxima son iguales. Se utilizó la técnica de un diseño completamente al azar con diferente número de repeticiones por tratamiento.

En el cuadro 3 se muestra el resultado del análisis de varianza realizado con los datos de carga máxima (kg) con los tres tipos de juntas.

CUADRO No. 3. Análisis de varianza para carga máxima.

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Calculado
Tratamientos	2	47703,5	23851,7	137,7**
Error	76	13161,2	173,17	
Total	78	60864,7		

NOTA: En análisis de varianza el empleo de \*\* indica que el dato es significativo.

El valor tabular F con 2 grados de libertad en el numerador y 76 grados de libertad en el denominador al nivel significativo del 5<sup>o</sup>/o es 3,13.

Por lo tanto, se concluye que existen diferencias altamente significativas entre tratamientos (medias).

Con el objetivo de determinar qué tratamiento fue diferente a otro, se utilizó el método de comparaciones múltiples de Duncan. (6).

Los resultados de la aplicación de este método se presentan a continuación:

1. *Error estándar de la media: (S $\bar{x}$ )*

$$S\bar{x} = \sqrt{CME \times \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3}}$$

$$S\bar{x} = \sqrt{173,17 \times \frac{1}{29} + \frac{1}{29} + \frac{1}{21}}$$

$$S\bar{x} = 4,49$$

2. *Rangos mínimos significativos (RMS)*

Para esto se precisa extraer los rangos significativos de student (RSS) de la tabla correspondiente. (6). Los grados de libertad del error son 76. El valor de p (número de medias que abarca una comparación) es de 2 y 3. Trabajando a un nivel de significancia del 5<sup>o</sup>/o los valores son 2,82 y 2,97.

Por definición:

$$RMS = RSS \times S\bar{x}$$

Estos valores son:

P	2	3
RSS	2,82	2,97
RMS	12,66	13,33

3. *Ordenación de los medios en forma regresiva*

A = caja y espiga B = tacos C = tornillo y tuerca

A	B	C
100,8	85,4	39,5

4. *Prueba de diferencias*

A-C = 61,27 61,27 13,33 Hay significación

B-C = 45,93 45,93 12,66 Hay significación

A-B = 15,34 15,34 12,66 Hay significación

Inferencia

— Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos.

— El método A resultó significativamente superior a los métodos B y C.

- El método B resultó significativamente superior al método C.
- Lo anteriormente dicho con una probabilidad de error de 5 en 100.

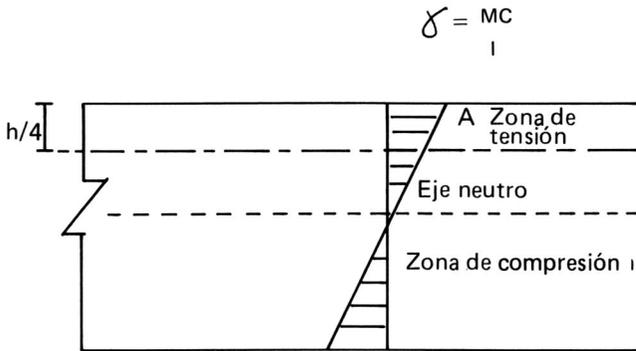


FIGURA No. 4. Distribución de esfuerzos normales en una junta sujeta a momento flector y carga cortante. Se muestra el punto A como el centro de la zona de tensión.

**CONCLUSIONES**

Con base en los datos experimentales y en el análisis estadístico, se puede concluir que:

1. Existen diferencias altamente significativas entre tratamientos.
2. Las juntas a caja y espiga resultaron ser significativamente superiores a las juntas con taco a las con tuerca y tornillo, en cuanto a resistencia a carga máxima.
3. Las juntas con taco son significativamente superiores a las juntas con tuerca y tornillo, desde el punto de vista de resistencia a la carga máxima.
4. Las juntas a caja y espiga presentan los valores más altos de momento flexionante en comparación con los otros tipos de junta.
5. El comportamiento del adhesivo PVA fue satisfactorio en las juntas encoladas.
6. Los valores calculados de resistencia pueden ser obtenidos confiadamente mediante la aplicación de las fórmulas correspondientes (cuadro 2).

7. La resistencia de las juntas con tuerca y tornillo mejoró en un 650/o, al colocar el tornillo en el centro del área de tensión. Dependiendo del caso, este tipo de junta puede sustituir a los tradicionales de taco y caja y espiga.

**RECOMENDACION**

Se debe continuar investigando el comportamiento mecánico de las juntas de tuerca y tornillo debido a su amplia gama de aplicación.

**NOMENCLATURA**

- A : factor de ajuste en el diseño de juntas con taco
- B : factor de ajuste del adhesivo
- C : ancho de la sección entre dos
- CM : centímetro
- CME : cuadrados medios del error
- D : diámetro del taco
- d : brazo de palanca interna
- F<sub>2</sub> : fuerza de extracción del taco (kg)
- F<sub>4</sub> : momento flexionante (kg-cm)
- h : ancho de la junta
- I : momento de inercia
- L<sup>0,89</sup> : largo de empotramiento del taco
- M : momento máximo
- P : carga máxima
- r : número de repeticiones
- S<sub>1</sub> : esfuerzo cortante de la madera (kg/cm<sup>2</sup>)

$S_1$  : esfuerzo cortante de la madera ( $\text{kg}/\text{cm}^2$ )  
: esfuerzo en flexión de la sección

3. Picado F. **Diseño de juntas con taco**. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería en Maderas. 1983.
4. Picado, F. **Tablas para el diseño de juntas a caja y espiga**. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica. Departamento de Ingeniería en Maderas. Sin publicar.

#### LITERATURA CONSULTADA

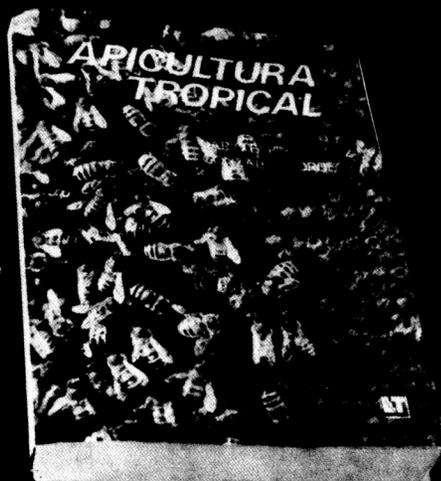
1. Eckelman, C.A. **Strenght design of furniture** Indiana: Tin Tech. 1978.
2. Picado, F. **Determinación del esfuerzo en flexión y el ángulo de rotación en dos tipos de ensamble**. Tecnología en Marcha. Vol. 5 1983.
5. Willard, R. **Furniture construction**. Industrial Engineering Dept, North Caroline, University, 1970.
6. Caballero, M. **Estadística práctica para dasónomos**. Mérida: Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales.

## EL LIBRO QUE USTED DEBE LEER:

- SI DESEA TENER CONOCIMIENTOS EXACTOS SOBRE LA BIOLOGIA Y COMPORTAMIENTO SOCIAL DE LAS ABEJAS
- SI DESEA SABER COMO ATENDERLAS Y MULTIPLICARLAS,
- SI HA DECIDIDO DEDICARSE A LA CRIA RACIONAL, METODICA Y ECONOMICA DE LAS ABEJAS EN LAS ZONAS TROPICALES,
- SI LE INTERESA LA APICULTURA COMO ACTIVIDAD LUCRATIVA

adquiéralo en las principales librerías del país

cuarta edición



EDITORIAL TECNOLÓGICA  
DE COSTA RICA  
impulsando el progreso tecnológico