

## **CALIBRADO DE LAS MADERAS: ajuste de espesores y control de rigidez**

### **1. Introducción general**

El calibrado se realiza sobre las maderas de tapa y fondo en estado libre, antes del cierre de la caja. El objetivo no es alcanzar un espesor fijo, sino obtener la rigidez adecuada para que cada pieza trabaje en su rango modal óptimo, equilibrando masa (espesor y densidad) y elasticidad.

### **2. Principios físicos del calibrado**

Reducir espesor disminuye la masa superficial y la rigidez a flexión, siendo esta última proporcional al cubo del espesor. La frecuencia natural de la pieza se relaciona con la raíz cuadrada de la relación entre rigidez y masa. Rebajes de 0,1 mm pueden producir cambios significativos en frecuencia y deflexión.

### **3. Métodos de control en taller**

- a) Deflexión bajo carga: apoyar la pieza sobre dos puntos y aplicar 1 kg en el centro, midiendo el hundimiento (mm).
- b) Frecuencia por golpeo: registrar frecuencia dominante y resonante (Hz) en zonas de interés.
- c) Observación táctil-auditiva: detectar zonas rígidas o sueltas para realizar rebajes locales controlados.

### **4. Zonas de ajuste diferencial (tapa)**

Graves (lóbulo inferior): ligera reducción para abrir respuesta grave.  
Agudos (lóbulo superior): mantener algo más de rigidez para claridad.  
Entorno del puente: espesor suficiente para tracción, sin perder elasticidad.  
En el fondo: si se desea activo, espesores más contenidos; si reflectante, algo mayores.

### **5. Control de rigidez y densidad**

Importa la relación  $E/\rho$  (módulo específico): maderas con alto  $E/\rho$  permiten más espesor a igual frecuencia, mientras que con bajo  $E/\rho$  requieren menor espesor. Abeto y sequoia suelen presentar buen  $E/\rho$ ; algunas nogales y olivos, menor  $E/\rho$ .

### **6. Verificación tras montaje (mención breve)**

Tras cerrar, se verifican modos tapa-aire y se corrige mínimamente. No forma parte del calibrado de maderas, sino de la verificación posterior.

### **7 Frecuencias, deflexión y módulo elástico orientativos**

En las pruebas de calibrado de maderas se distinguen dos fases: sin barrado (madera en estado libre) y con barrado (ya estructurada).

#### A. Tapa sin barrado (madera en estado libre)

Sirve para conocer las propiedades intrínsecas del material, antes de cualquier refuerzo estructural. Las mediciones se realizan sobre una probeta representativa de la tapa o fondo, con veta longitudinal, apoyada sobre dos puntos separados por 400 mm. La carga aplicada es de 1 kg ( $\approx$  9,81 N), y se mide la deflexión central (mm). El módulo de elasticidad E se calcula como:

$$E = (F \cdot L^3) / (4 \cdot \delta \cdot b \cdot h^3)$$

donde F = fuerza (N), L = distancia entre apoyos (m),  $\delta$  = deflexión central (m), b = ancho (m) y h = espesor (m).

Madera	E (GPa)	Observación
Abeto alemán	10 – 13	Muy buena rigidez; ideal para tapas equilibradas.
Cedro rojo	8 – 11	Menor rigidez; timbre cálido.
Sequoia	9 – 12	Similares al abeto; gran sensibilidad.
Ciprés	8 – 10	Medio; adecuado para fondos ligeros.
Nogal	9 – 11	Buen equilibrio, algo más amortiguado.
Olivo	8 – 9	Medio-bajo; sonido cálido, masa alta.
Palosanto India	11 – 13	Muy rígido, gran reflejo acústico.

#### B. Tapa con barrado (ya estructurada)

Una vez dispuestas las barras armónicas, la medición se repite sobre la tapa ya configurada. La frecuencia medida representa el comportamiento dinámico del conjunto tapa-barrado, sin caja. Medición mediante golpeo en zona puente-boca.

Frecuencia de resonancia (modo principal):

- Clásica: 180 – 220 Hz
- Flamenca: 190 – 230 Hz

### C. Deflexión transversal y longitudinal

Conviene medir deflexión en ambos sentidos para valorar la anisotropía de la madera:

- Longitudinal (veta): principal referencia de rigidez y proyección.

- Transversal (contraveta): indica flexibilidad lateral, relevante en tapas finas. El cociente entre ambas deflexiones ( $E_l/E_t$ ) suele oscilar entre 8:1 y 12:1 en maderas de buena calidad acústica.

### Resumen práctico

- Distancia entre apoyos: 250 mm.
- Carga de prueba: 1 kg.
- Módulo expresado en GPa.
- Tapa sin barrado para medir propiedades del material.
- Tapa con barrado para comprobar frecuencia de trabajo final.
- Medir deflexiones longitudinal y transversal para valorar uniformidad estructural.

### 8. Conclusión

El calibrado de las maderas se basa en medición objetiva (deflexión, frecuencia y módulo elástico) y en la escucha táctil del luthier. Los valores anteriores sirven como referencia práctica según tipo de guitarra y madera, incluyendo la sequoia, pero la decisión final depende del comportamiento real de cada pieza y del objetivo sonoro del instrumento.

Granada a 12 de julio de 2025



Nota: Estudio realizado por Francisco Carmona Cruz ( Magín)