

II INFLUENCIA DE LA DENSIDAD DE LA MADERA EN LA RESPUESTA SONORA

1. Introducción

La densidad de la madera es uno de los factores más determinantes en el comportamiento vibratorio de una guitarra. De ella dependen la masa, la rigidez específica y, por tanto, la frecuencia natural de vibración de cada pieza del instrumento. Cada especie ofrece un equilibrio distinto entre peso y resistencia, y ese equilibrio define su función acústica dentro del conjunto.

Desde el punto de vista físico, la densidad influye directamente en la velocidad con que el sonido se propaga dentro del material. Cuando dos maderas poseen una rigidez similar, la que tiene menor densidad transmite el sonido más rápido, generando una respuesta más viva y sensible. Por el contrario, las maderas más densas tienden a almacenar la energía, ofreciendo un sonido más sostenido y brillante, pero con una respuesta inicial más lenta.

Para describir esta relación entre rigidez y ligereza se emplea el módulo específico (E/ρ), que indica cuánta rigidez aporta un material en proporción a su peso. Cuanto mayor es este valor, más eficiente es la madera para transmitir vibraciones con rapidez y menor pérdida de energía.

En resumen:

- Baja densidad ($300\text{--}450 \text{ kg/m}^3$) → respuesta rápida, ataque vivo, sonido abierto.
- Densidad media ($450\text{--}650 \text{ kg/m}^3$) → equilibrio entre calidez y control.
- Alta densidad ($650\text{--}900 \text{ kg/m}^3$) → sonido brillante, profundo y con mayor sustain.

El mástil, además de influir en la claridad y estabilidad tonal, debe ser ligero y rígido al mismo tiempo. Un mástil pesado absorbe parte de la energía y resta viveza; en cambio, un mástil bien equilibrado transmite la vibración de forma estable y limpia al resto del instrumento.

2. Densidad y función acústica

Cada componente de la guitarra requiere un rango óptimo de densidad para mantener el equilibrio entre masa, rigidez y eficiencia acústica. Los valores siguientes representan promedios comunes en guitarras clásicas y flamencas:

Parte del instrumento	Función principal	Densidad aproximada (kg/m ³)	Efecto acústico característico
Tapa armónica (abeto, cedro rojo)	Vibración y proyección sonora	350–450	Alta sensibilidad y ataque rápido; favorece la respuesta inmediata.
Aros (nogal, ciprés, palosanto)	Transmisión lateral y rigidez de la caja	500–700	Controla la dispersión lateral del sonido; define el carácter del timbre.
Fondo (nogal, palosanto, arce)	Reflejo acústico y soporte estructural	600–900	Aumenta la profundidad del sonido y prolonga el sustain.
Mástil (cedro, caoba, samanguila)	Estabilidad estructural y transmisión longitudinal	450–650	Debe ser ligero y rígido; contribuye a la claridad y estabilidad tonal.
Puente (palosanto, ébano, jacarandá)	Transmisión directa a la tapa	800–1000	Regula el equilibrio entre potencia y control; influye decisivamente en el timbre.

PRINCIPALES MADERAS UTILIZADAS EN LA FABRICACION DE GUITARRAS

WOODS TRADITIONALLY USED FOR THE CONSTRUCTION OF THE GUITAR



Arce ojo de perdiz



Amaranto



Imbuia



Ebanó



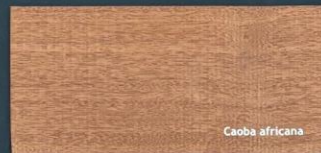
Palo rojo



Ciprés



Wengué



Caoba africana



Nogal



Palosanto de Río



Pinabete



Sapele



Caoba americana



Palosanto de Índi



Arce europeo



Zebirano



Palosanto Madagascar



Bubinga

3. Efectos perceptibles de la densidad

Baja densidad (cedro, ciprés, tilo): sonido abierto, cálido y de respuesta inmediata; favorece la proyección inicial, aunque puede reducir el sustain. Densidad media (nogal, macacauba, arce): equilibrio entre brillo y cuerpo; respuesta regular y controlada.

Alta densidad (palosanto, ébano, cocobolo): sonido profundo, sostenido y brillante; mayor inercia vibratoria, pero respuesta más lenta al ataque.

4. Ajuste de densidades en la práctica

El lutier no solo elige la especie de madera, sino que ajusta su densidad efectiva mediante el calibrado de espesores. Al reducir el grosor de una lámina se disminuye la masa sin alterar proporcionalmente su rigidez, lo que mejora la sensibilidad y la rapidez de respuesta. Este principio es especialmente importante en la tapa y el fondo: una madera más densa puede mantenerse ligeramente más gruesa, mientras que una madera menos densa requerirá menor espesor para lograr una frecuencia equivalente.

Pruebas de flexión y análisis de frecuencia

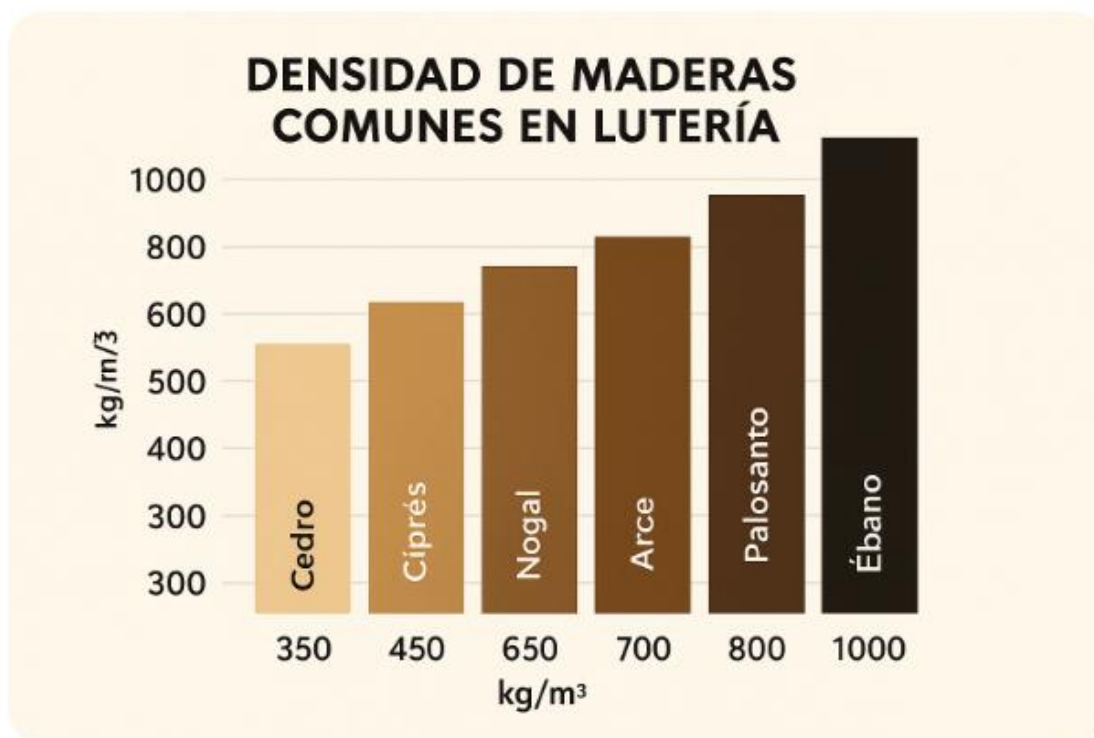
En el taller, las pruebas de flexión y el análisis de frecuencia son herramientas complementarias que permiten cuantificar el comportamiento real de cada madera. En la prueba de flexión, se aplica una carga conocida (por ejemplo, 1 kg) sobre una muestra apoyada en sus extremos y se mide la deflexión (en milímetros). Una deflexión pequeña indica una madera rígida; una deflexión grande, una madera flexible.

En el análisis de frecuencia, la muestra se somete a un golpe controlado y se mide la frecuencia dominante del sonido resultante. Esa frecuencia depende tanto de la rigidez (E) como de la masa (m): $f \propto \sqrt{E/m}$. La comparación entre ambas pruebas permite determinar si una madera combina adecuadamente ligereza y rigidez.

En lugar de buscar un valor fijo de espesor, el lutier busca una equivalencia vibratoria, ajustando gradualmente la masa (por reducción del espesor) hasta lograr una frecuencia modal coherente con la respuesta deseada. El proceso finaliza cuando la tapa muestra una frecuencia de resonancia y una deflexión bajo carga equilibradas, es decir, cuando su rigidez, masa y densidad trabajan en proporción armónica. Este método convierte las mediciones empíricas en una herramienta de diseño acústico precisa y repetible.

5. Conclusión

La densidad es un parámetro esencial en la construcción guitarrera. Determina la cantidad de energía que el instrumento puede almacenar y devolver, el tiempo de respuesta, el sustain y el color tonal. El equilibrio ideal se logra combinando tapas ligeras y elásticas con fondos más densos y reflectantes, de modo que el instrumento funcione como un conjunto armónico y equilibrado. Solo mediante esa armonía entre masa y rigidez la guitarra alcanza su máxima eficiencia sonora y un carácter propio, reconocible y estable.



Granada a 1 de noviembre de 2025



Nota: Estudio realizado por Francisco Carmona Cruz (Magín)