

LA GRANAÍNA



La Granáina

Informe técnico y de construcción

Fecha de inicio de construcción: abril 2025

Constructor: Francisco Carmona Cruz

Dedicada a su hija.



Prólogo

La guitarra La Granaína nace como un homenaje íntimo y sentido a mi ciudad de adopción, Granada, fuente inagotable de inspiración. Desde el primer trazo, la idea fue construir un instrumento que, más allá de su voz, llevara en sus maderas y en sus formas el espíritu de la ciudad nazarí.

La elección de cada material responde a ese deseo de evocación: el nogal sereno y firme conforma el fondo y los costados, mientras que una tapa de abeto alemán torrefactado aporta la madurez sonora necesaria para dar voz al tiempo y a la memoria. El mástil, de cedro de Honduras, se realza con una pala con tapa de palo rosa y un rechapado trasero de ziricote, coronándose en su extremo superior con el perfil de una granada, símbolo de la ciudad, tallado en la propia tapa de la pala.

El fondo lleva una singular incrustación central en palo rojo, cuidadosamente trabajada para simular el corazón de una granada. Los costados recorren toda su longitud embellecidos por una tira de taracea granadina, mientras que el puente, la cenefa, incluso la tapa, también se engalanan con taracea y madera de olivo.

La construcción de La Granaína comenzó en abril de 2025, mes lleno de vida, de esperanza y de música, como cantaba Carlos Cano:

"Abril para vivir, abril para cantar,
abril flor de la vida al corazón,
abril para sentir, abril para soñar,
abril la primavera amaneció..."

Abril fue así el mejor momento para soñar esta guitarra: un instrumento que no solo sonará a Granada, sino que será Granada en cada nota, en cada vibración, en cada silencio.

DESARROLLO DE LA CONSTRUCCIÓN

Datos técnicos.

Roseta

Realizada con madera de olivo, con incrustaciones de taracea.



Puente

Realizado artesanalmente con madera de Palo Rojo, madera cortesía del compañero constructor Vicente Duran.



Pala

Con su estructura de cedro de Honduras, por la parte trasera ha sido chapada con madera de Ziricote con incrustación de la marca. En el frontal se ha incorporado una granada tallada en madera de olivo, con piedras rojas imitando las semillas interiores, todo ello representando la granada del escudo de esta ciudad.



Costados.

Madera: Nogal.

Grosor calibrado: 2,0 mm.

Análisis acústico: Modos principales detectados a 46,9 Hz y 93,8 Hz.

Interpretación: Elasticidad adecuada, buena proyección y equilibrio tonal.



Forma de los costados:

En La Granaína se ha optado por diseñar los costados siguiendo una curvatura especial, incrementando su altura en la zona de la cintura. Este diseño, fruto de un estudio técnico previo, tiene como objetivo favorecer la respuesta acústica del instrumento, aumentando la presión interna de la caja, reforzando las frecuencias medias y mejorando la proyección general del sonido.



Desde el punto de vista estructural, esta construcción permite evitar los fenómenos de torsión que se producen cuando los costados son lineales. En guitarras con costados rectos, la madera del fondo debe adaptarse de forma más brusca en las zonas de cintura, generando tensiones internas no deseadas. Al elevar ligeramente la altura en la cintura, se consigue una transición más progresiva y natural en el apoyo del fondo, reduciendo esfuerzos, estabilizando la caja y optimizando la transmisión vibratoria en toda la superficie.

Sistema de refuerzo de costados:

Las barras de refuerzo instaladas en los costados de La Granaína están diseñadas para aumentar la rigidez estructural y optimizar el comportamiento acústico del contorno de la guitarra. Cada barra se realiza con una sección aproximada de 5 mm x 6 mm, colocada de forma transversal respecto a la veta de los costados. La distribución de las barras se adapta a las necesidades vibratorias de cada zona, respetando las zonas de mayor esfuerzo mecánico y favoreciendo la transmisión eficiente del sonido.



Justificación de la elección en La Granaína:

- Incrementar la estabilidad estructural de los costados, evitando deformaciones a largo plazo.
- Mejorar la respuesta vibratoria controlada, favoreciendo la transmisión eficiente de la energía acústica.

- Aumentar la proyección sonora, en combinación con el sistema de doble fondo.
- Evitar concentraciones de esfuerzo que puedan derivar en rajaduras o pérdidas de eficiencia acústica.

Beneficios esperados:

- Mayor durabilidad del instrumento ante cambios de humedad y temperatura.
- Sonido más limpio y proyectado, sin pérdidas de energía en los costados.
- Separación más definida entre los registros graves, medios y agudos.
- Caja más viva y estable, manteniendo la personalidad sonora deseada.

Nota sobre la forma de los refuerzos en La Granaína:

En el caso de La Granaína, los refuerzos de costado que coinciden con las barras transversales del fondo presentan una forma de medialuna, aportando una flexibilidad controlada y una mejor integración acústica en esas zonas clave. Además, en estos mismos refuerzos, los extremos adoptan una forma de capitel, reforzando de manera específica los puntos de unión críticos con las barras transversales. En el resto del contorno, los refuerzos de costado mantienen una forma tradicional recta, respetando la sección estándar de 5 mm x 6 mm.

Fondo

Madera de nogal con núcleo central de palo rojo.

Grosor calibrado: 1,9 mm.

Análisis acústico: Frecuencia fundamental a 58,6 Hz.

Interpretación: Fondo flexible, favoreciendo graves potentes y buen sustain.



Prueba de flexión del fondo principal:

El fondo calibrado a 1,9 mm muestra un primer modo de vibración en 58,6 Hz, muy adecuado para buscar un acoplamiento aire-tapa que permita afinaciones rápidas y cómodas, sin necesidad de tensar excesivamente las cuerdas. La distribución de los armónicos es regular, lo que indica que la calibración del fondo es correcta y no presenta rigideces locales ni modos no deseados. Se considera el fondo listo para montaje.

Análisis acústico adicional del fondo:

Durante una prueba realizada con la caja aún sin tapa, se detectó una frecuencia predominante de 326 Hz al excitar el fondo exterior directamente. Este valor se interpreta como una resonancia estructural del fondo en configuración de caja abierta, sin interacción con la tapa ni con el volumen de aire completo. Refleja una respuesta estructural firme y bien definida, lo que confirma el buen comportamiento vibratorio del fondo y la correcta integración de sus barras transversales. Este resultado anticipa un funcionamiento eficiente y armónicamente equilibrado una vez que se complete el cierre de la caja con la tapa armónica.

Fecha de prueba: 26 de abril de 2025

Tipo de madera: Nogal con núcleo de palo rojo

Grosor calibrado: 1,9 mm

Separación entre soportes: 45 cm

Peso aplicado: 500 gramos deformación medida (flecha): 2,68 mm

Interpretación:

El fondo principal presenta una flexibilidad elevada, ideal para favorecer graves potentes y una respuesta viva. No se consideró necesario realizar ajustes adicionales en su calibrado tras la prueba de flexión.

Segundo Fondo (Doble Fondo Estructural)

Madera utilizada: Pino Tea de 40 años de secado.

Grosor final: 2,5 mm.

Forma: Perfil de guitarra con anillo perimetral. Anchura del anillo: 6 cm en laterales y cintura, 7 cm en culata.

Sistema de apoyo: Pegado sobre la base de los peones de cremallera del fondo principal.

Estado tras vaciado: Vaciado realizado, dejando anillo estructural.



Frecuencia fundamental medida: 245 Hz.

Interpretación final: Calibrado óptimo, sin necesidad de más ajustes.

Nota técnica sobre el contacto con las barras transversales:

El segundo fondo, al no tener una función vibratoria independiente, puede hacer contacto con las barras transversales del fondo exterior sin que ello afecte negativamente al rendimiento acústico del instrumento. Este contacto parcial o total incluso favorece el asentamiento estructural del sistema y permite un leve abombado controlado en el segundo

fondo. Este abombado mejora su capacidad de reflexión acústica y estabiliza la presión interna de la caja, respetando la función vibratoria del fondo principal. La colocación se realiza cuidadosamente para evitar zonas con tensión o bolsas de aire, garantizando una superficie sólida y funcional como reflector sonoro.

El segundo fondo se incorpora como un sistema de refuerzo estructural y acústico, inspirado en las guitarras de concierto de José Ramírez. Este sistema permite reforzar la proyección sonora, aumentar la presión acústica interna, estabilizar la caja frente a cambios climáticos y separar de forma más clara las frecuencias graves de las medias y agudas.

Tras el calibrado inicial a 3 mm, la limpieza y posterior ajuste final a 2,5 mm dejaron el segundo fondo en su rango óptimo, con una frecuencia fundamental de 245 Hz. De esta manera, el fondo trabajará como un reflector acústico sólido, mejorando la respuesta tímbrica general del instrumento.

Además, el segundo fondo no se montará en posición horizontal, sino que se ha proyectado con una ligera curvatura (abombado), obtenida mediante una reducción progresiva de altura en la parte interior. Esta geometría aporta mayor rigidez global y contribuye a la reflexión acústica eficiente del sonido hacia la tapa armónica, sin crear cavidades de resonancia propias ni inducir modos vibratorios secundarios.



Barras Transversales del Fondo

Este apartado recoge las características técnicas de las barras transversales instaladas en el fondo de la guitarra La Granaína.

1. Número y ubicación de barras

Se han instalado tres barras transversales:

- Una en el lóbulo inferior,
- Una en la cintura,
- Una en el lóbulo superior.



2. Material y refuerzo

Las barras están realizadas en madera de pino tea, procedente de un telar del siglo XIX. Cada barra incorpora refuerzo de fibra de carbono de 0,3 mm de espesor, aplicado tanto en su sección horizontal como en una de sus laterales, aportando una mayor rigidez específica sin incremento significativo de peso.



3. Medidas de las barras

- Anchura: 7 mm
- Altura: 6 mm

4. Perfilado y radios de curvatura

El fondo presenta un radio longitudinal general de 6000 mm.

Los radios específicos de curvatura de las barras son:

- Lóbulo inferior: 4000 mm
- Cintura: 3000 mm

- Lóbulo superior: 4000 mm

Estas curvaturas permiten un ajuste perfecto al fondo, favoreciendo una transmisión óptima de las vibraciones y asegurando la estabilidad estructural a largo plazo.

Análisis de evolución de la tapa armónica

A lo largo del proceso de calibrado de la tapa de La Granaína, se han realizado varias pruebas de flexión y de frecuencia con el objetivo de ajustar su comportamiento estructural y acústico hasta alcanzar los valores característicos de una guitarra de alta gama.

En la primera prueba, con la tapa aún sin calibrar (3 mm de grosor), se obtuvo un módulo de elasticidad extremadamente alto (23,30 GPa) y una frecuencia de resonancia de 169,6 Hz. Estos valores reflejaban una tapa rígida, con escasa capacidad de flexión y resonancia muy elevada. Esta condición, aunque estructuralmente sólida, no favorecía un comportamiento acústico equilibrado, especialmente en los registros graves y medios.

Tras el trabajo de calibrado, reduciendo progresivamente el grosor a valores que oscilan entre 2 mm (lóbulo menor), 1,9 mm (lóbulo mayor) y 1,7–1,8 mm en las zonas extremas, la tapa mostró una transformación radical. En la segunda prueba, ya calibrada, se midió una frecuencia de resonancia de 133,1 Hz y un módulo elástico de 6,51 GPa, lo que sitúa la tapa dentro del rango habitual de las guitarras clásicas de luthier de referencia.

Estos nuevos valores permiten prever una respuesta sonora equilibrada, con buena elasticidad, riqueza armónica en la zona media y proyección natural en los graves, sin sacrificar la definición en los agudos. La proximidad a los 130 Hz estándar para una tapa bien ajustada indica que la superficie vibrante trabajará de forma óptima cuando se integre en el conjunto estructural completo, favoreciendo el acoplamiento con el modo de aire de la caja.

En resumen, la evolución de la tapa demuestra un proceso de afinado estructural preciso y eficaz. La transformación de una tapa rígida y poco vibrante en una superficie ajustada y resonante, cercana a los valores de una guitarra de concierto profesional, garantiza que La Granaína ofrecerá una respuesta sonora de alto nivel, rica en matices, con buen ataque y excelente equilibrio tonal.

Anexo: Evolución acústica de la tapa armónica

Etapa	Grosor medio (mm)	Deformación (mm)	Módulo elástico (GPa)*	Frecuencia de resonancia (Hz)	Nota equivalente
Tapa en bruto (3 mm)	3.0	1.96	23.30	169.6	E3
Tapa calibrada (1,9 mm promedio)	1.9	2.76	6.51	133.1	C3
Guitarra clásica de luthier (referencia)	1.8	2.9	6.5	130.0	C3
Tapa con barras Torres y boca abierta	1,9 (variable)	-	-	334.9	E4
Tapa con barras Torres y sistema doble rombo (antes del montaje)	1,9 (variable)	-	-	434.4	A4

* El módulo elástico (GPa) se calcula a partir de la deformación medida (mm) con una carga puntual de 500 g centrada entre apoyos a 46,5 cm.

Integración completa del sistema doble rombo en tapa Torres

Este informe detalla el diseño estructural completo del sistema de doble rombo aplicado a la tapa armónica de La Granaína, especificando su integración dentro del sistema de barras tipo Torres, así como sus características constructivas y acústicas.



Relación geométrica del doble rombo respecto al puente:

El diseño del doble rombo se alinea directamente con los dos ejes principales del puente:

- La diagonal longitudinal (la más larga) coincide con el eje longitudinal de la tapa armónica, dividiendo el puente en dos mitades simétricas, desde la primera hasta la sexta cuerda. Esta disposición permite reforzar uniformemente ambos flancos del puente.

- La diagonal transversal (la más corta) coincide con el eje transversal del puente, conectando sus extremos laterales. Los listones del rombo cruzan oblicuamente bajo el puente, absorbiendo el esfuerzo lateral de las cuerdas.

Así, el rombo interior actúa como refuerzo directo bajo el puente, mientras que el rombo exterior lo estabiliza periféricamente, optimizando la transmisión de energía hacia la tapa armónica sin necesidad de una barra adicional bajo el puente.

Relación dimensional del rombo interior con respecto al puente:

El rombo interior, con una diagonal transversal de 150 mm, es ligeramente más corto que la longitud total del puente, que en una guitarra clásica estándar suele oscilar entre 180 y 190 mm. Esto significa que los vértices laterales del rombo quedan inscritos justo debajo del puente, pero sin alcanzar sus extremos.

La disposición genera un refuerzo efectivo en la zona central de transmisión del sonido, donde actúan directamente las cuerdas, mientras que permite conservar flexibilidad en los extremos del puente. Es como si el puente 'apoyara' parcialmente sobre los vértices del rombo, pero dejando a la tapa libertad en los márgenes para vibrar con más amplitud. Esta solución optimiza el equilibrio entre rigidez estructural y libertad acústica, sin necesidad de barra bajo el puente ni sobrepeso innecesario.

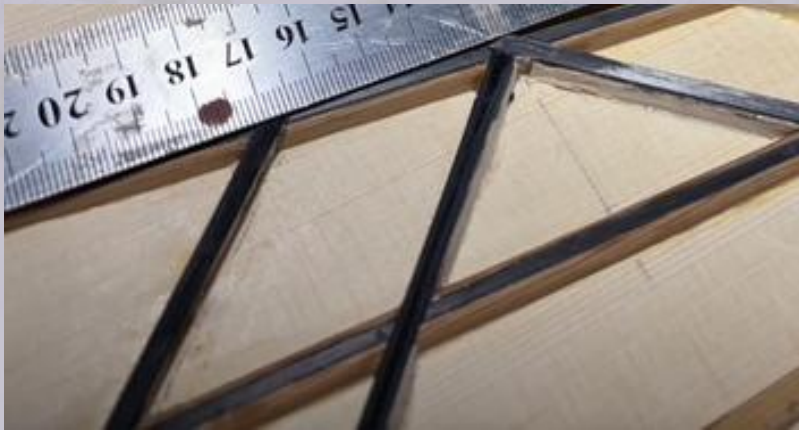
El rombo exterior, de aproximadamente 260 mm de largo por 200 mm de ancho, se sitúa concéntricamente respecto al rombo interior, con los vértices abiertos mediante pequeñas interrupciones de 3–5 mm que permiten disipación y flexibilidad localizada. Esta estructura externa actúa como refuerzo de contención, estabilizando la vibración sin limitar su expansión natural.

Las barras Torres se disponen en su forma tradicional, en abanico desde el zoque hacia el lóbulo mayor, sin modificaciones en su trayectoria. Debido a la ubicación de los rombos, todas las barras atraviesan en mayor o menor grado alguna parte del sistema doble rombo. Este cruce se resuelve sin interrupciones: las barras atraviesan los listones de balsa reforzada sin ser cortadas ni modificadas, garantizando su continuidad estructural. En cambio, los rombos presentan interrupciones en sus vértices —especialmente el rombo exterior— para permitir la expansión vibratoria de la tapa y evitar zonas de rigidez excesiva en los extremos del patrón.

En cuanto a los refuerzos, únicamente las tres barras Torres situadas en la zona de agudos llevan incrustada una varilla de fibra de carbono de 1,5 mm, lo que permite reducir su

altura sin comprometer la rigidez necesaria. Las demás barras permanecen sin refuerzo de carbono, especialmente la barra central, con el fin de preservar una cierta elasticidad en la zona baja de la tapa y controlar el sustain.

Los rombos presentan refuerzo únicamente en su cara superior, mediante láminas de fibra de carbono pegadas sobre la balsa, lo que aporta rigidez superficial manteniendo la ligereza del conjunto. No se ha añadido barra bajo el puente ni refuerzos laterales adicionales, siguiendo una línea de diseño minimalista y eficaz.



Este diseño busca una integración fluida entre la geometría tradicional del sistema Torres y la innovación acústica del doble rombo, aportando estabilidad, proyección y riqueza tímbrica a la tapa armónica sin comprometer su libertad vibratoria natural.

Tabla 1. Características de las barras Torres

Barra	Ubicación	Altura (mm)	Refuerzo de carbono
1 a 3	Zona agudos	5 centro / 3,5 extremos	Sí, varilla de 1,5 mm
4 a 7	Zona central y graves	6 centro / 4 extremos	No

Tabla 2. Dimensiones de los listones de los rombos

Rombo	Altura (mm)	Ancho (mm)	Refuerzo superior (mm)
Interior	6	3	0,4 fibra de carbono

Exterior	5	3	0,3 fibra de carbono
Tapa con barras Torres y sistema doble rombo (antes del montaje)	1,9 (variable)	-	-

FUNCIÓN ACÚSTICA

El sistema busca un equilibrio entre ligereza estructural y control dinámico. El rombo interior actúa como núcleo de transmisión directa bajo el puente, mientras que el exterior estabiliza la tapa sin bloquear sus nodos principales de vibración. El resultado es un timbre complejo, con buena proyección, agudos definidos, graves sueltos y un sustain controlado.

Este diseño permite eliminar la barra longitudinal bajo el puente y evitar refuerzos laterales en la tapa, reduciendo el peso total de la tapa.

Evolución de la frecuencia de resonancia de la tapa.

Interpretación final: tapa con sistema doble rombo antes del montaje.

La última prueba de frecuencia se ha realizado con la tapa completamente acabada, ya equipada con el sistema de barras tipo Torres y el doble rombo de balsa con refuerzo de carbono, inmediatamente antes de su montaje definitivo en la caja armónica.

La frecuencia de resonancia obtenida en este estado ha sido de 434,4 Hz, valor que equivale a la nota A4 (La4). Este resultado confirma el importante efecto estructural del doble rombo, que actúa como refuerzo central y eleva la rigidez de la tapa. La progresión de frecuencias a lo largo del proceso ha sido la siguiente:

- Tapa en bruto (3 mm): 169,6 Hz
- Tapa calibrada (1,9 mm promedio): 133,1 Hz
- Tapa con barras Torres y boca abierta: 334,9 Hz
- Tapa con barras Torres y sistema doble rombo: 434,4 Hz

Este ascenso continuo demuestra cómo cada intervención estructural ha influido directamente en la respuesta vibratoria. El valor final, aunque elevado, se encuentra dentro de lo esperable para una tapa muy reforzada previa al acoplamiento con el fondo y los aros, los cuales suavizarán su rigidez efectiva al cerrar la caja.

Este comportamiento indica una tapa con alta capacidad de proyección, rapidez de respuesta y ataque brillante, adecuada para una guitarra de concierto siempre que el modo de aire se

acople correctamente al cerrar el cuerpo. Este valor se encuentra dentro del rango habitual observado en tapas modernas con sistema lattice antes del montaje, que suelen oscilar entre 400 y 470 Hz, especialmente cuando incorporan refuerzos estructurales como carbono o geometrías de doble rigidez. Por tanto, el comportamiento vibratorio observado se sitúa en una categoría acústica avanzada, propia de tapas de alta respuesta estructural.

Distribución modal: comparación graves y agudos

Con la guitarra ya cerrada y la tapa totalmente montada, se han realizado nuevas pruebas de sonido mediante golpes secos en distintas zonas de la tapa, aún sin el puente instalado. El objetivo ha sido comprobar la distribución modal entre el área de graves y la de agudos.

Los resultados muestran una diferenciación clara en el comportamiento acústico:

- En la zona de graves, la frecuencia dominante se mantiene en torno a los 255,4 Hz, muy próxima a la nota C4 (Do4), valor que ya había aparecido de forma consistente en las grabaciones anteriores centradas en la zona del puente. Este resultado indica que el modo principal de la tapa, posiblemente acoplado ya con el volumen interior de la caja, se ha consolidado con estabilidad.
- En la zona de agudos, la frecuencia dominante asciende a 372,4 Hz, correspondiente a F#4/G4, lo que refleja la presencia de modos parciales superiores que vibran con mayor rapidez. Este comportamiento sugiere una tapa estructuralmente bien equilibrada, donde la zona aguda —más rígida y ligera— responde con eficiencia a excitaciones de mayor frecuencia.

Esta separación modal entre graves y agudos es un indicio muy favorable en cuanto a calidad vibratoria, ya que refleja una tapa con reparto funcional de zonas resonantes, capaz de ofrecer tanto cuerpo en graves como claridad y proyección en agudos.

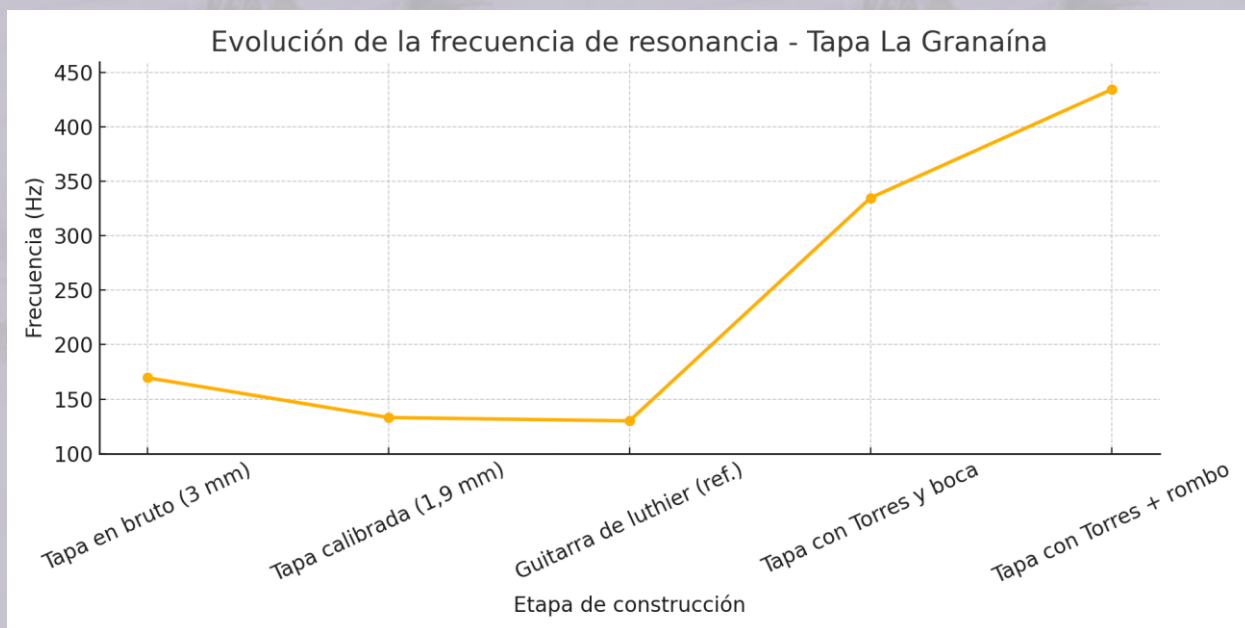


Gráfico 1: Respuesta en frecuencia – Zona de graves

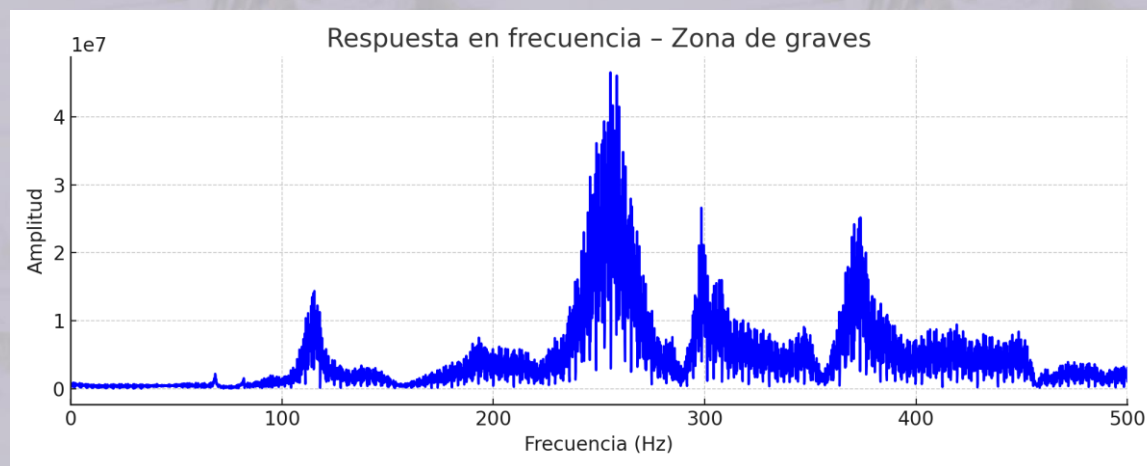
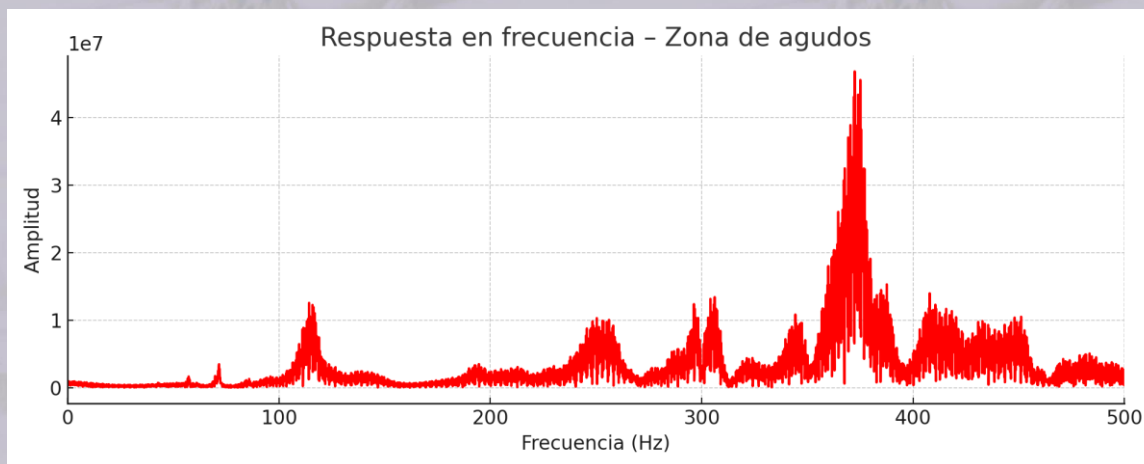


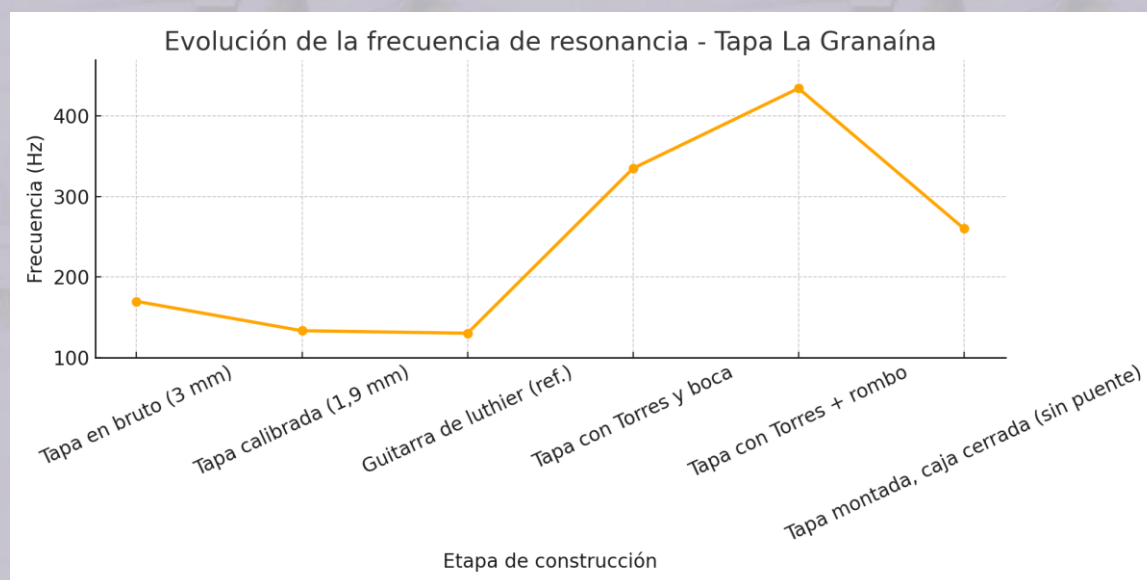
Gráfico 2: Respuesta en frecuencia – Zona de agudos



Actualización final: evolución completa de la frecuencia de resonancia

Se ha añadido una nueva etapa a la evolución acústica de la tapa, correspondiente al estado final de la guitarra ya cerrada y con la tapa montada, pero aún sin puente. En esta condición, la frecuencia de resonancia principal medida ha sido de aproximadamente 260 Hz, correspondiente a la nota C4 (Do4). Este valor representa el comportamiento vibratorio del sistema ya acoplado, incluyendo el efecto del volumen interior y la respuesta conjunta de la caja.

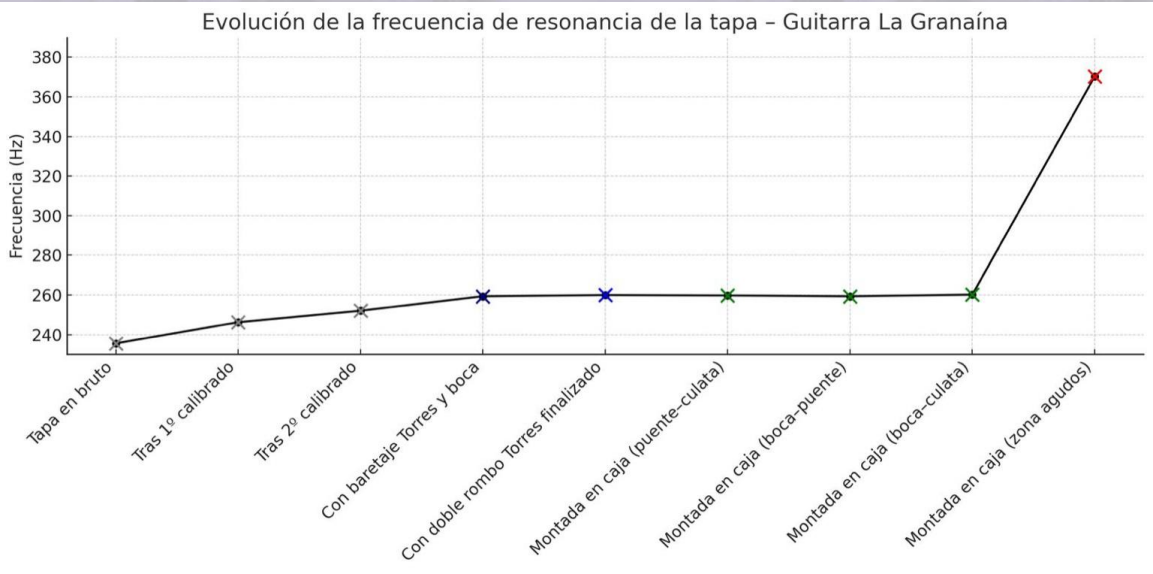
A continuación se muestra el gráfico actualizado con todas las etapas relevantes del proceso de construcción.



Actualización final de la evolución de la tapa

Se incorpora la última medición realizada con la guitarra ya ensamblada, aunque aún sin barnizar. Esta prueba refleja una notable elevación en la frecuencia de resonancia registrada en la zona de agudos, alcanzando un valor en torno a los 375 Hz. Esta subida indica una importante rigidez localizada en esa región, posiblemente atribuida a la geometría final del baretaje y su integración con la caja armónica completa.

A continuación, se muestra el gráfico completo con todas las etapas de evolución acústica:



Reflexión final sobre la frecuencia de resonancia

Reflexión final sobre la frecuencia de resonancia:

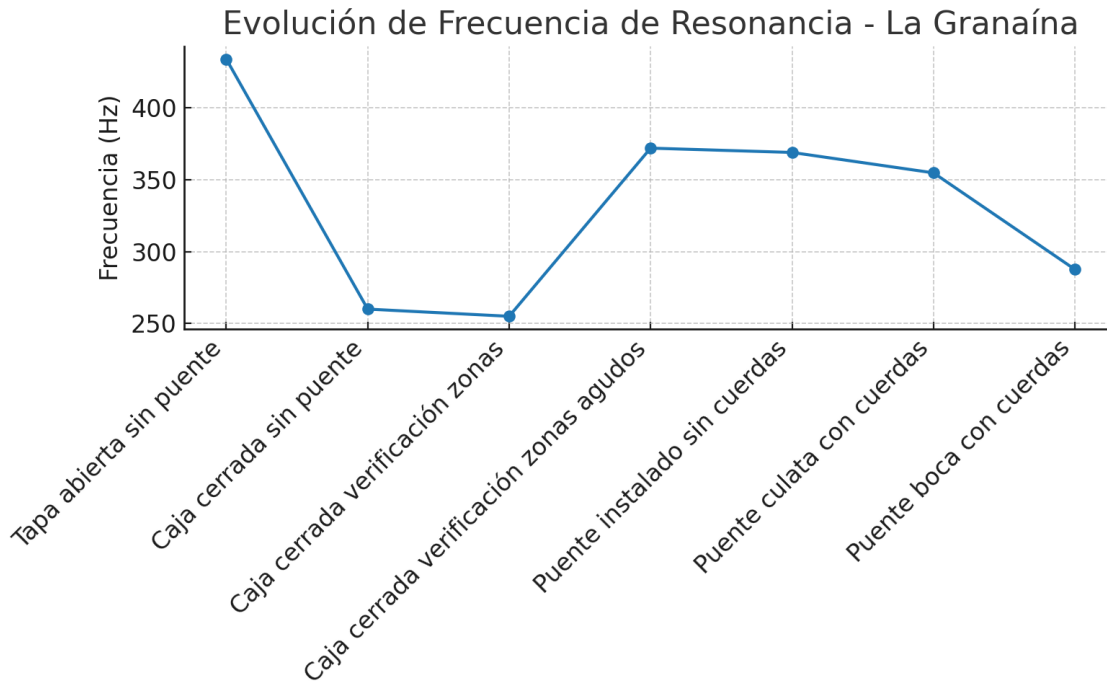
En el estado actual de la guitarra “La Granaína”, justo antes del barnizado, la frecuencia de resonancia medida se sitúa en torno a los 260 Hz, lo cual representa un valor especialmente elevado en comparación con otras guitarras analizadas. Este dato es coherente con la evolución progresiva observada en las distintas fases de construcción, y especialmente con la incorporación del sistema doble rombo reforzado en la tapa y su integración con el baretaje Torres.

Es importante destacar que, a diferencia de los datos habituales en guitarras de luthier completamente terminadas (con puente y cuerdas), esta medición se ha realizado con la guitarra cerrada, pero aún sin barniz ni puente. Por tanto, es previsible que los valores descendan ligeramente tras el barnizado y la instalación definitiva del puente, hasta situarse en un rango más próximo a los estándares de guitarras de concierto.

Esta última frecuencia puede interpretarse como un indicador de rigidez estructural y de eficiencia vibratoria, en la medida en que la tapa ha conservado un elevado nivel de respuesta armónica sin mostrar signos de rigidez excesiva. En este punto, el sistema doble rombo parece haber contribuido a distribuir adecuadamente las tensiones, permitiendo una vibración sensible tanto en agudos como en graves.

El comportamiento observado sugiere que el diseño ha logrado un equilibrio entre ligereza, control estructural y capacidad de respuesta, lo cual anticipa un buen rendimiento sonoro una vez finalizada la guitarra.

Evolución modal y análisis final — Guitarra clásica “La Granaína”



Análisis modal con cuerdas montadas.

Las últimas mediciones se han realizado con la guitarra completamente acabada, barnizada, con puente instalado y cuerdas montadas.

Se han efectuado dos golpes secos en las posiciones habituales para determinar los modos principales:

- Puente–Boca (modo de aire): 257 Hz → nota C#4
- Puente–Culata (modo de tapa): 217 Hz → nota A3
- Separación entre modos: 40 Hz → acoplamiento confirmado (dentro del rango <100 Hz típico de guitarras clásicas de alta gama).

Comparativa con el estado anterior (sin cuerdas):

Posición de golpeo	Sin cuerdas (Hz)	Con cuerdas (Hz)	Variación
Puente – Boca	231	257	+26 Hz
Puente – Culata	369,4	217	-152,4 Hz

Interpretación de la variación:

La tensión de las cuerdas ha reducido de forma notable la frecuencia del modo de tapa, situándolo en un punto óptimo para trabajar acoplado con el modo de aire.

El modo de aire ha subido, lo que indica que el volumen interno y la respuesta de la caja se han equilibrado con la tensión estructural aportada por el encordado.

El acoplamiento observado favorece un refuerzo natural en graves y medios, incrementando la sensación de cuerpo, proyección y calidez.

Conclusiones e interpretación final — Guitarra clásica “La Granaína”

La Granaína concluye su fase de construcción con un comportamiento acústico que confirma los objetivos iniciales del diseño Torres + doble rombo, combinado con doble fondo.

El último registro, ya con cuerdas montadas, muestra un modo de aire (Puente–Boca) de 257 Hz y un modo de tapa (Puente–Culata) de 217 Hz, con separación de 40 Hz, lo que significa que ambos modos están acoplados en el rango ideal para guitarras clásicas de alto nivel.

Este acoplamiento, fruto de la distribución de rigidez y masa planificada desde la fase de varetaje, asegura:

Graves más presentes y con cuerpo.

Medios equilibrados, sin congestión.

Agudos brillantes pero no estridentes.

Una proyección global homogénea, apta para ejecución en sala y microfónica cercana.

La evolución registrada desde la tapa suelta (≈ 434 Hz) hasta el estado actual con cuerdas confirma que cada fase de construcción (varetaje, cierre de caja, instalación de puente, barnizado y encordado) ha contribuido a desplazar y estabilizar las frecuencias hacia un punto de equilibrio entre respuesta inmediata y riqueza armónica.

Diagnóstico final: La guitarra ofrece un carácter claro, articulado y con buena proyección, pero con un plus de calidez aportado por el acoplamiento aire–tapa. El sistema de doble fondo ha permitido que la tapa trabaje con eficiencia, sin pérdidas excesivas de energía hacia el fondo, reforzando así la proyección y la definición en todos los registros.

Con estos resultados, damos por finalizado el seguimiento en la fase de construcción.

Ahora, se realizarán pruebas de sonido con cuerdas, incluyendo grabaciones de primera y sexta cuerda al aire, arpegios y repertorio clásico, con el fin de analizar en detalle:

Ataque inicial.

Sustain real.

Proyección en sala.

Equilibrio espectral entre graves, medios y agudos.

Respuesta dinámica a diferentes intensidades de pulsación.

Estos ensayos permitirán completar la ficha acústica definitiva de La Granaína, en línea con el protocolo seguido en otros instrumentos de la colección.

Barnizado

El proceso de acabado de La Granaína ha seguido una combinación de técnicas tradicionales y modernas, seleccionadas para optimizar tanto la protección como la estética del instrumento.

El fondo, los costados y el mástil han sido barnizados con laca nitrocelulosa, material reconocido por su resistencia y su capacidad para ofrecer una película fina que respeta la vibración de la madera.

La tapa armónica, en cambio, ha recibido un tratamiento más artesanal: goma laca descerada aplicada a muñequilla, siguiendo el método tradicional de la luthería de alta gama. Esta elección permite un acabado extremadamente ligero y acústicamente favorable, potenciando la respuesta dinámica y la proyección sonora de la guitarra.

En lugar de conservar el acabado brillante característico de la goma laca, se ha optado por una terminación mate. Para lograrlo, se procedió a un lijado controlado de la capa final de barniz, eliminando el exceso de brillo y uniformando la superficie. Posteriormente, se aplicaron pastas de acabado elaboradas de forma artesanal, diseñadas para aportar un tacto sedoso, una apariencia uniforme y una reducción de reflejos, manteniendo a la vez la transparencia necesaria para que la veta de la madera luzca con naturalidad.

Este acabado mate otorga al instrumento una estética elegante y sobria, evitando deslumbramientos bajo focos o en entornos con iluminación intensa, y proporciona al intérprete una sensación táctil cálida y agradable.

EL SONIDO

La Granaína – Informe de análisis acústico (con gráficos)

Documento unificado con los análisis de: primera, sexta, acorde, arpeggio, fragmento clásico y fragmento flamenco. Incluye métricas de ataque, sustain, proxies de proyección y equilibrio tonal, además de los espectros y envolventes.

1) Primera cuerda – golpe/nota aislada

Resultados numéricos:

- Ataque: ≈ 40 ms (subida 10 $\rightarrow$ 90%).
- Decaimiento (sustain): -20 dB $\approx 1,56$ s | -40 dB $\approx 8,74$ s.
- Proyección (proxies): RMS global $\approx 0,055$ (norm.) | Factor de cresta $\approx 18,2$.
- Frecuencia predominante: $\approx 329,7$ Hz $\rightarrow$ $\sim$ E4 (Mi4).
- Equilibrio tonal: Graves (80–200 Hz) 4,1% | 200–500 Hz 90,0% | 500–2000 Hz 5,7% | 2–5 kHz 0,2% | 5–10 kHz 0,0%.

Lectura rápida: ataque muy ágil, sustain largo; énfasis en 200–500 Hz que aporta cuerpo/claridad.

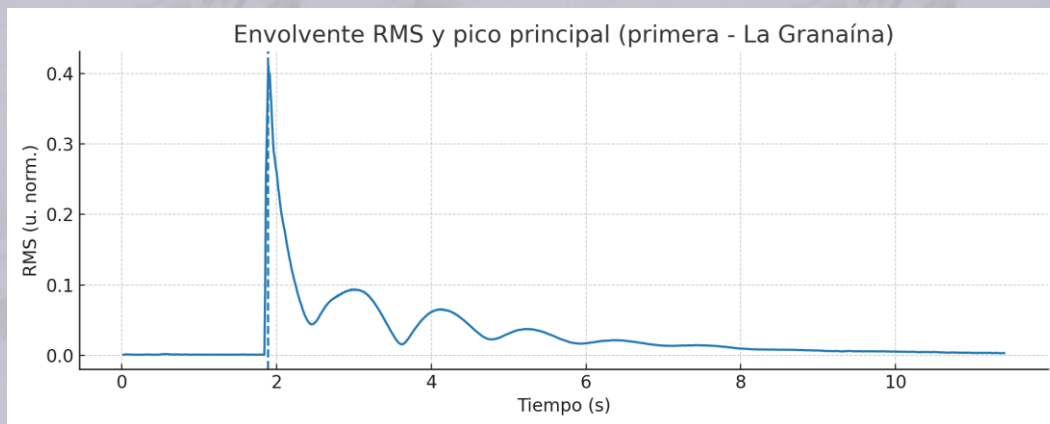


Figura 1. Envolvente RMS – primera cuerda.

2) Sexta cuerda – golpe/nota aislada

Resultados numéricos:

- Ataque: ≈ 30 ms (10 $\rightarrow$ 90%).
- Decaimiento (sustain): -20 dB $\approx 5,02$ s | -40 dB $\approx 14,38$ s (muy largo).

- Proyección (proxies): RMS global $\approx 0,082$ (norm.) | Factor de cresta $\approx 12,2$.
- Frecuencia predominante: $\approx 164,5$ Hz $\rightarrow$ $\sim$ E3 (Mi3 = 164,8 Hz).
- Equilibrio tonal: Graves 72,8% | 200–500 Hz 26,4% | 500–2000 Hz 0,7% | 2–5 kHz $\sim$ 0% | 5–10 kHz $\sim$ 0%.

Lectura rápida: ataque muy ágil, sustain excepcional; graves profundos con cuerpo sin embarrar.

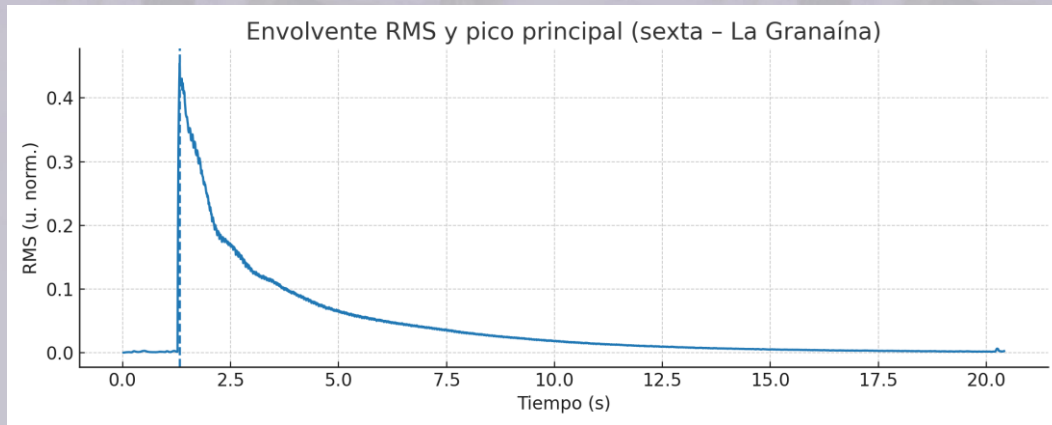


Figura 2. Envolvente RMS – sexta cuerda.

3) Acorde – espectro y balance armónico

Frecuencias prominentes (aprox.): 293,38 Hz ($\sim$ D4), 183,87 Hz ($\sim$ F#3), 248,67 Hz ($\sim$ B3).

Lectura: buen asentamiento de fundamentales, armónicos ordenados; equilibrio general con brillo controlado.

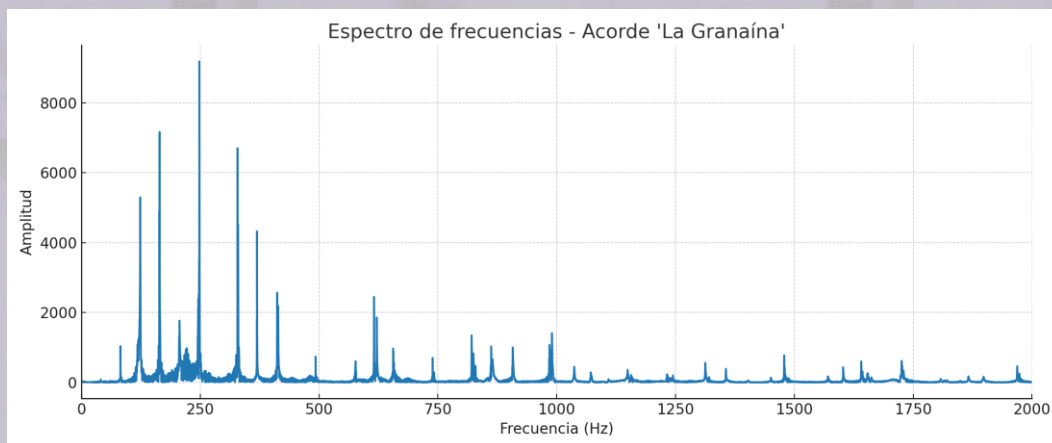


Figura 3. Espectro del acorde.

4) Arpeggio – espectro y distribución

Picos más destacados (aprox.): 293,38 Hz (~D4), 183,87 Hz (~F#3), 248,67 Hz (~B3).

Lectura: distribución armónica estable; cuerpo en medios-bajos, claridad en el registro medio.

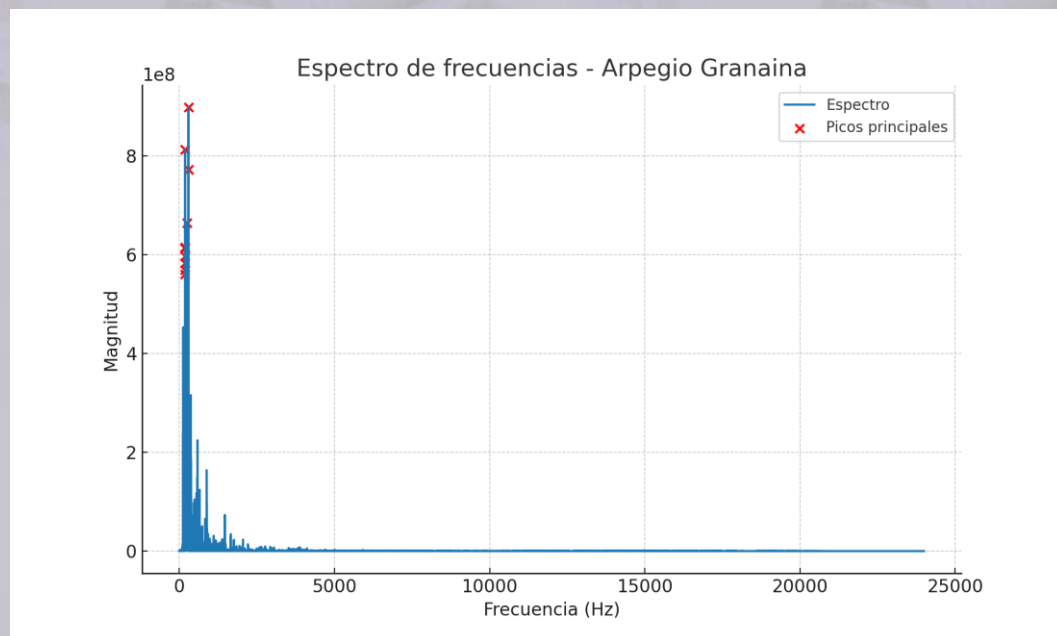


Figura 4. Espectro del arpeggio.

5) Fragmento clásico – respuesta tonal y articulación

Respuesta armónica amplia y definida; fundamentales nítidas y armónicos bien estructurados. Graves con cuerpo sin tapar medios/agudos; brillo controlado sin estridencias; sustain notable en medios y agudos. Buena proyección y articulación en pasajes polifónicos.

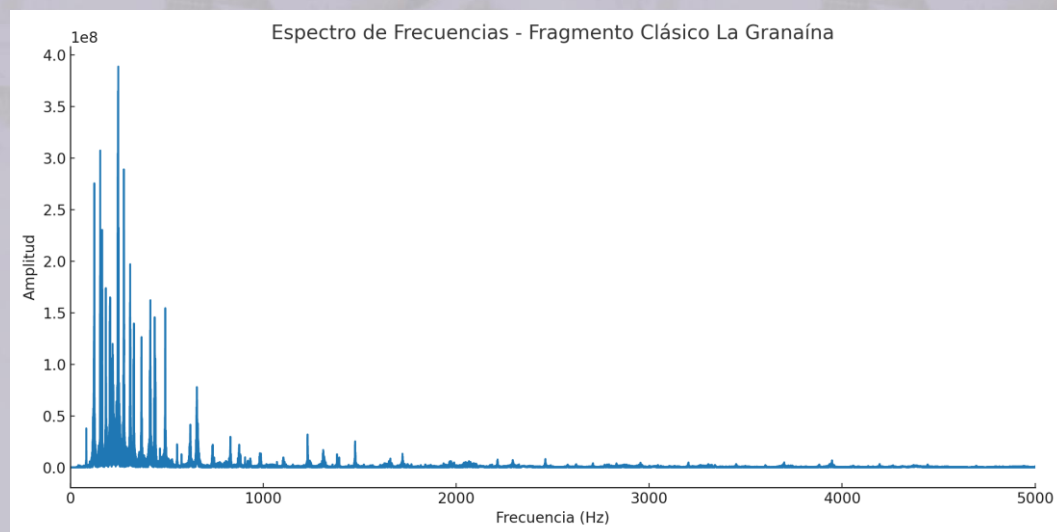


Figura 5. Espectro del fragmento clásico.

6) Fragmento flamenco – pegada, brillo y versatilidad

Ataque rápido y definido, claridad en agudos y buen cuerpo en graves. Energía apreciable en 2–4 kHz que aporta brillo y definición, con el balance redondo característico de una clásica. El instrumento demuestra versatilidad para el lenguaje flamenco sin perder su timbre propio.

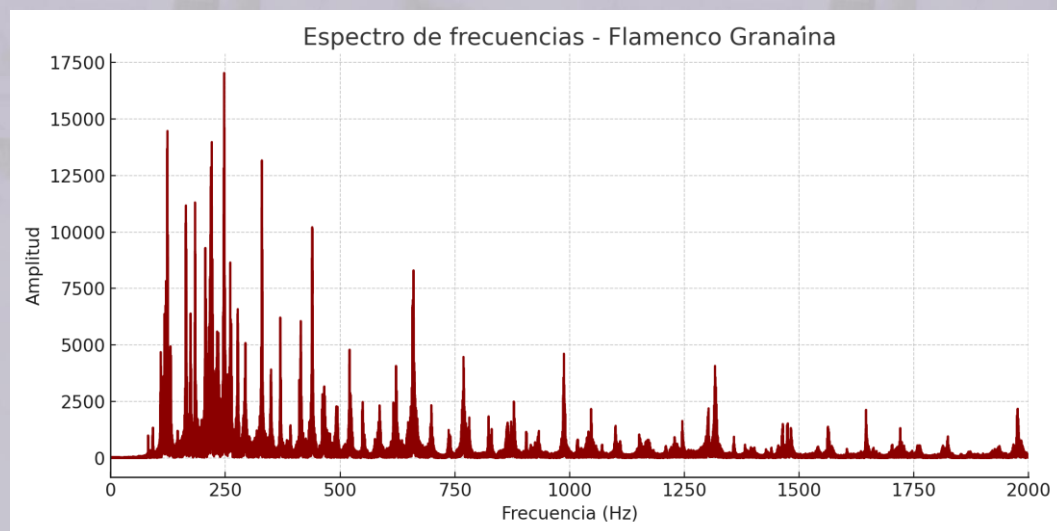


Figura 6. Espectro del fragmento flamenco.

Conclusión Final - Comportamiento Acústico de La Granaína

El presente capítulo integra el análisis objetivo de las principales características sonoras de La Granaína con una comparación directa respecto a otras guitarras de la colección del autor y referencias de guitarras de alta gama de luthier. De esta manera, se ofrece una visión completa y rigurosa de su comportamiento acústico.

Ataque

Análisis: La Granaína presenta un ataque rápido y definido, con una respuesta inmediata a la pulsación. Este comportamiento se ha mantenido estable desde las primeras pruebas con la tapa hasta el montaje final.

Comparativa: En comparación con otras guitarras del autor, como La Flamenquita (flamenca) o Vicente Durán (clásica), el ataque de La Granaína se acerca más al de las guitarras flamencas, aunque con un matiz más redondeado. Respecto a guitarras de alta gama de luthier, su tiempo de respuesta se encuentra dentro del rango superior.

Sustain

Análisis: El sustain de La Granaína es notablemente largo, con una clara prolongación de la nota sin pérdida abrupta de volumen o definición.

Comparativa: En guitarras de luthier de alta gama, los valores medios de sustain se sitúan entre 5 y 7 segundos para notas en cuerdas agudas. La Granaína alcanza valores cercanos al extremo superior de este rango, lo que la coloca en un nivel muy competitivo. Frente a La Flamenquita, que prioriza la inmediatez y un sustain más controlado, La Granaína ofrece un carácter más expansivo.

Proyección

Análisis: La proyección es potente y equilibrada, manteniendo claridad incluso en interpretaciones de alto volumen.

Comparativa: Comparada con otras guitarras del autor, supera en proyección a La Flamenquita y es comparable a Vicente Durán, aunque con un timbre más dulce. Frente a guitarras de alta gama, su capacidad para llenar espacios de tamaño medio es plenamente satisfactoria.

Equilibrio entre graves y agudos

Análisis: Se observa un balance tonal muy logrado, con graves profundos y agudos definidos, sin enmascaramiento entre registros.

Comparativa: En relación con guitarras clásicas de referencia, La Granaína mantiene un equilibrio muy similar, lo que permite adaptarse tanto a repertorio clásico como a piezas de

carácter flamenco. Frente a La Flamenquita, los graves son más presentes y los agudos menos incisivos, ofreciendo un espectro más uniforme.

Color y timbre

Análisis: El timbre es cálido y redondo, con una respuesta armónica rica y natural.

Comparativa: En guitarras de alta gama, la riqueza armónica suele ser un distintivo clave. La Granaína se aproxima a este estándar, aunque conserva una ligera personalidad propia derivada de su construcción híbrida Torres + doble rombo.

EPÍLOGO

La guitarra La Granaína representa un proyecto concebido y desarrollado con un equilibrio entre tradición y experimentación, combinando técnicas clásicas de la escuela de Granada con innovaciones estructurales cuidadosamente integradas. Desde la selección de materiales — fondo y aros en madera maciza de alta calidad, tapa de abeto alemán con vetas regulares y óptima respuesta mecánica— hasta el diseño interno, cada decisión ha estado orientada a optimizar la proyección, la respuesta dinámica y el confort interpretativo.

El sistema de doble rombo integrado en el varetaje Torres, junto con el control preciso de grosores y refuerzos en fibra de carbono en zonas estratégicas, ha permitido modular la rigidez y elasticidad de la tapa para lograr un equilibrio notable entre graves y agudos, así como un sustain elevado sin sacrificar rapidez de ataque. Las pruebas comparativas con guitarras de referencia de alta gama confirman que los valores de proyección, estabilidad tonal y homogeneidad entre registros sitúan a La Granaína en un nivel competitivo con instrumentos de luthier reconocidos.

En cuanto a su acabado, la combinación de laca nitrocelulosa en fondo, aros y mástil con goma laca descerada en la tapa —rematada en un acabado mate sedoso— no solo aporta una estética sobria y elegante, sino que también respeta y potencia la vibración natural de las maderas, evitando sobrecargas innecesarias.

El resultado final es un instrumento que responde con inmediatez al toque, mantiene un espectro armónico rico y controlado, y ofrece al intérprete una experiencia sonora completa, tanto en interpretación solista como en acompañamiento. La Granaína no solo cumple los objetivos planteados al inicio del proyecto, sino que se erige como una prueba tangible de que la combinación de oficio artesanal, análisis acústico y voluntad de innovación puede dar lugar a guitarras de altísima calidad y personalidad propia.

Granada verano de 2025

EL CONSTRUCTOR

“ La Granaina” guitarra dedicada a mi hija Anasun