

2018 Propuesta de varetas para guitarra clásica de
concierto utilizando herramientas tecnológicas
CAD y CAE Autor: Lic. Andrea Díaz Alvarez



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

Propuesta de varetas para guitarra de concierto
utilizando herramientas tecnológicas CAD y CAE

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el
diploma/grado de (o la)

Maestro en Diseño e Innovación
Diseño Estratégico

Presenta

Lic. Andrea Díaz Alvarez

Dirigido por:

Dr. Efrén Gorrostieta Hurtado

Querétaro 2018



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería

Propuesta de varetas para guitarra de concierto, utilizando herramientas tecnológicas CAD y CAE

Opción de titulación

Tesis

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de Maestría en Diseño e Innovación

Presenta:

Lic. Andrea Díaz Alvarez

Dirigido por:

Dr. Efrén Gorrostieta Hurtado

Dr. Efrén Gorrostieta Hurtado
Presidente


Firma

M. en I. Artemio Sotomayor Olmedo
Secretario


Firma

Dr. José Emilio Vargas Soto
Vocal

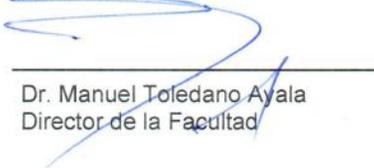

Firma

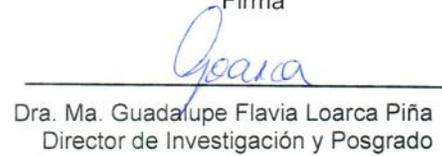
MDI. Diana Reséndiz López
Suplente


Firma

MDI. Mayra Lisset Araujo Rodríguez
Suplente


Firma


Dr. Manuel Toledano Ayala
Director de la Facultad


Dra. Ma. Guadalupe Flavia Loarca Piña
Director de Investigación y Posgrado

RESUMEN

En la presente investigación se realiza una propuesta de diseño para una guitarra acústica clásica de concierto y simular el comportamiento del instrumento para predecir sus cualidades antes de su construcción a través de la modelación tridimensional (CAD), el análisis y simulación numérica (CAE), los cuales son utilizados para analizar diversos comportamientos físicos. Para poder realizar cualquier propuesta es necesario tener conocimiento formal, así como comprender el comportamiento de la guitarra clásica y del usuario. Así mismo se observa el impacto de cada uno de los elementos que conforman el instrumento, es fundamental para realizar propuestas con valor. En esta investigación se estudia el instrumento como un sistema de vibradores acoplados los cuales se analizan de forma general para comprender la dinámica del instrumento tomando como base las investigaciones del Dr. Torres y Dr. Boullosa, los modelos matemáticos propuestos por el Dr. Gorrostieta y el Dr. Sotomayor, mediante una metodología mixta se establecen los criterios a satisfacer según el usuario que es el guitarrista de concierto teniendo en consideración el método tradicional de manufactura que se ofrece en la región de Paracho Michoacán. En esta investigación se genera un prototipo físico de la tapa acústica con sistema de varetas propuesto por Antonio de Torres y uno virtual con las características del modelo físico, permitiendo realizar un punto de partida con parámetros base para el análisis de la propuesta de diseño en la tapa armónica. Las características sonoras, materiales y métodos de manufactura se definen mediante la aplicación de la metodología mixta, utilizando Sprint como base, tarjetas IDEO como herramientas y el método tradicional de iteraciones para llegar a la propuesta final, en la metodología mixta nos permite empatizar con el usuario para desarrollar una propuesta viable según los resultados del CAE y la lista de requerimientos de producto. En conclusión, los resultados exponen los modelos matemáticos para la predicción de comportamientos físicos relacionados con la acústica de un instrumento, el prototipado virtual para la generación de nuevas propuestas en una artesanía, como un paso natural en la evolución del instrumento y el proceso de diseño de nuevas propuestas. La viabilidad del producto o propuesta se establece mediante un proyecto de inversión que busca la transferencia de tecnología a la región de Paracho Michoacán, lugar conocido por la calidad de sus guitarras de concierto, generando una aportación de valor para la región mediante la aplicación de métodos de ingeniería y diseño en el campo de la lutería tradicional de guitarras para concierto.

(Palabras clave: varetas, guitarra clásica, sistema de vibración, CAD, CAE, diseño estratégico.)

SUMMARY

Within this investigation a bracing design was proposed for a classic acoustic guitar, also its physical behavior is simulated in order to predict its qualities before the construction with final materials, through tridimensional modeling CAD and numeric simulation CAE. Formal knowledge about the subject is required to be able to generate a proposal, also understand and comprehend the user and the classic guitar behavior. Observing the impact of each one of the guitar's elements is fundamental in order to make a proposal that generates an added value. In this investigation the guitar is considered a system of coupled vibrators, which are analyzed in general only to get to know the dynamics on the instrument taking as reference the investigations of Dr. Torres and Dr. Boullosa and the mathematic models proposed by Dr. Gorrostieta and Dr. Sotomayor. The methodology used in this investigation is a mixed where the criteria to be satisfied are according to the concert guitarist and the traditional luthier manufacture methods at the region of Paracho Michoacán in Mexico. In this investigation, a physical prototype of the acoustic top is generated with the Torres style bracing. The sound characteristics, materials and manufacturing methods are defined with the mixed methodology using Sprint method as base, IDEO cards as design tools, and Traditional methodology of iterations to get to the final proposal of bracing, this mixed methodology allows us the importance of the user in order to develop a viable solution according to the CAE results and the product requirement list. In conclusion, the results obtained by the mathematical models for the prediction of physical behaviors related with acoustics, virtual prototyping used in the proposal of new bracing solutions, applied in the luthier's handcraft work is a natural step of the evolution in the guitar development. The viability of the product is established by the development of an investment project that seeks for the technological transference in the region of Paracho Michoacán, this place is known by their concert guitar quality, this approach generates an added value to the region by the application of engineering and designing in the traditional luthier techniques for the development of concert guitars.

(Key words: bracing, classic guitar, vibration system, CAD, CAE, strategic design)

Dedico este trabajo de investigación a mi familia.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y a la Universidad Autónoma de Querétaro, por su apoyo y patrocinio para la obtención de grado de maestría.

A todos los docentes implicados en el programa de la maestría en diseño e innovación, al Dr. Efrén Gorrostieta Hurtado quien me orientó durante mi investigación, al M en I. Artemio Sotomayor quien siempre se encontró disponible durante el proceso, a mis sínodos el Dr. José Emilio Vargas Soto, MDI. Diana Reséndiz y MDI. Mayra Lisset Araujo Rodríguez sin los cuales el proceso de titulación no sería posible.

Al MC. Cesar Javier Ortiz Echeverri experto en análisis de ondas, pieza clave en el análisis y validación de las pruebas.

A la Dra. Norma Ramos por compartir su conocimiento en los procesos y elaboración de la tesis.

A mis compañeras de generación, Blanca y Karla.

En especial agradezco a Dios por darme una familia quien siempre me apoya de manera incondicional y me alienta a seguir adelante con cualquier proyecto o sueño que tenga.

A mis tías (Marisa, Isa, Gaby), a mi abuela y en especial a mis padres quienes aparte de amor me han brindado una educación de excelencia.

Índice

I.	Introducción	1
II.	Justificación	4
1.1.	Descripción del problema	6
1.2.	Hipótesis	7
1.3.	Objetivo	8
1.3.1.	General	8
1.3.2.	Particulares.....	8
III.	Revisión de la literatura	9
1.4.	La guitarra	9
1.4.1.	Tipos de guitarra.....	11
1.4.2.	Física de la guitarra.....	15
1.4.3.	El cuerpo de la guitarra y las ondas.....	17
1.5.	La guitarra acústica: Sistema de vibradores acoplados.....	18
1.5.1.	Cuerdas, vibración y frecuencia.	21
1.6.	CAD y CAE como herramientas auxiliares en el proceso de diseño	22
1.7.	Paracho Michoacán región de lauderos	25
IV.	Marco Metodológico	28
1.8.	Metodología mixta sprint y herramientas de diseño	30
1.8.1.	Etapa 1 Comprende.....	30
1.8.1.1.	IDEO CARDS.....	31
1.8.1.2.	Grupo de enfoque	34
1.8.2.	Etapa 2 Diverge.	36
1.8.3.	Etapa 3 Decide.....	36
1.8.3.1.	Tabla de requerimientos:	36
1.8.3.2.	Estructura Funcional:.....	37
1.8.3.3.	Método Tradicional con Iteraciones.	37
1.8.4.	Etapa 5 Valida.....	40
1.9.	Proyecto de inversión	41
V.	Resultados.	41
1.10.	Etapa 1 Comprende.....	41

1.11.	Buyer persona.....	42
1.12.	IDEO CARDS.	44
1.12.1.	Observa Etnografía Rápida- Laudero.....	44
1.12.2.	Observa Etnografía Rápida- Guitarrista profesional.	54
1.12.3.	Grupo de enfoque - Entrevista experto	57
1.13.	Etapa 2 Diverge.....	61
1.13.1.	Benchmarking	62
1.13.2.	Tabla de patentes.....	63
1.14.	Etapa 3 Decide	64
1.15.	Etapa 5 Valida.	78
1.16.	Proyecto de Inversión	85
VI.	Conclusiones	93
VII.	Bibliografía.....	94
VIII.	Anexos	96
1.17.	Diario de observación Laudero	97
1.18.	Diario de Observación Guitarrista Profesional	100
1.19.	Guía de grupo de enfoque	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla III-I Frecuencias y notas por cuerda pulsada al aire. (Dumond & Baddour, 2013).	22
Tabla III-II Tabla de herramientas auxiliares, CAD, CAE, CAM y su uso en ingeniería.	24
Tabla IV-I Tabla de requerimientos.	37
Tabla V-I. Comparativa de los costos de guitarras elaboradas en Paracho de venta nacional e internacional V.S Españolas y Chinas.	63
Tabla V-II .Tabla de patentes relacionadas con la modificación de la guitarra clásica.	64
Tabla V-III Requerimientos de función en la guitarra clásica de concierto.	65
Tabla V-IV Requerimientos de material en la guitarra clásica de concierto.	67
Tabla V-V Frecuencia de notas musicales.	80
Tabla V-VI Valor del Know-How desarrollado en esta investigación.	86
Tabla V-VII Tasa Interna de Retorno TIR.	87
Tabla V-VIII Desglose de la Tasa de Rendimiento Mínimo Aceptable.	87
Tabla V-IX Ejemplificación del peor escenario económico del laudero de Paracho.	89
Tabla V-X Resumen de préstamo bancario.	90
Tabla V-XI Clasificación internacional del sistema de varetas de guitarra.	92
Tabla V-XII Objeto de la invención descripción.	93

INDICE DE FIGURAS.

Figura I.I Representación gráfica de las partes de la guitarra..	1
Figura I.II Fotografía del sistema de varetas Keren.	1
Figura II.I Representación simplificada de sistema de abanicos (Irving, 1989).	6
Figura II.II Diagrama definición de hipótesis.	8
Figura III.I. Varetas tipo Torres..	11
Figura III.II Fotografías diferentes tipos de guitarra, clásica, flamenca y tapa arqueada. ...	12
Figura III.III Guitarra de 6 y 12 cuerdas.	13
Figura III.IV Guitarra clásica de concierto, 6 cuerdas nylon.	13
Figura III.V Representación gráfica de las partes de la guitarra	14
Figura III.VI Fotografía de una representación escala 1:7 del despiece de la guitarra tipo torres elaborada en la región de Paracho Michoacán.	15
Figura III.VII Esquema de elementos de la guitarra que interactúan según la frecuencia..	16
Figura III.VIII Figuras sonoras de Chladni.....	17
Figura III.IX. Patrón generado por frecuencias en tapa acústica de guitarra.	18
Figura III.X Representación gráfica general del funcionamiento de la guitarra clásica.	20
Figura III.XI Diagrama de funcionamiento básico de la generación del sonido en la guitarra clásica.	20
Figura III.XII Representación Gráfica del modelo en espiral.	23
Figura III.XIII Interacción del CAD-CAE en el prototipado virtual	24
Figura III.XIV Infografía sobre Paracho Michoacán y la importancia como pueblo guitarrero.	26
Figura III.XV Información general del registro de marca colectiva en Paracho.	27
Figura IV.I Esquematación del desarrollo de la metodología	28
Figura IV.II Representación gráfica de la metodología mixta con base sprint.	29
Figura IV.III Etapas metodología Sprint.: elaboración propia en base SPRINT	30
Figura IV.IV Look, Rapid Ethnography Fuente: IDEO Method Cards.	32
Figura IV.V Learn, Historical Analysis Fuente: IDEO Method Cards	33
Figura IV.VI Ask, Five whys? Fuente: IDEO Method Cards	34
Figura IV.VII Pasos de la metodología tradicional con iteraciones.	39

Figura V.I Fotografía a una etiqueta de la reconstrucción de una guitarra antigua, muestra los miembros del club de laudero en la región de Paracho Michoacán.....	42
Figura V.II Tarjeta perfil laudero tipo, buyer persona.....	43
Figura V.III Tarjeta perfil usuario, guitarrista tipo, buyer persona.....	44
Figura V.IV Fotografía de máquina para la elaboración de contrachapado. F.....	46
Figura V.V. Fotografía de prensa para doblado de madera.	47
Figura V.VI Fotografía de la elaboración del mástil en masa..	47
Figura V.VII Fotografía que, ejemplifica a cada trabajador con su respectiva tarea.	47
Figura V.VIII Ensamble tapa acústica con abanico similar a las torres, ensamble en serie.	48
Figura V.IX Fotografía de guitarras siendo exhibidas en una tienda de Paracho Michoacán.	48
Figura V.X. Fotografía Taller Laudero de guitarra clásica de concierto de la región de Paracho Michoacán.....	50
Figura V.XI Fotografía de Plantilla auxiliar para el posicionamiento durante el Ensamble .	51
Figura V.XII Etiqueta Morales de Paracho Michoacán, sello del plano.....	51
Figura V.XIII Fotografía de plano escala 1:1 de la tapa acústica y el sistema de varetas.....	52
Figura V.XIV Detalle de rosetón elaborado a mano por pequeñas tablillas de madera.	52
Figura V.XV Maderas especializadas de diferentes dimensiones para diversas aplicaciones en la construcción de la guitarra clásica de concierto de Paracho Michoacán.....	53
Figura V.XVI. Nombre de los lauderos de guitarra clásica que han ido a Paracho a impartir talleres.	53
Figura V.XVII. Guitarras clásicas de concierto en Paracho Michoacán, Taller de la familia Morales exhibidas en vitrina.....	54
Figura V.XVIII Imagen del Protector de guitarra, elemento a la derecha de las cuerdas. ...	55
Figura V.XIX Guitarra Clásica de concierto en estuche duro, entregada al laudero para mantenimiento	56
Figura V.XX Guitarrista afinando y probando guitarra clásica de concierto en Paracho Michoacán.....	56
Figura V.XXI Guitarristas en el Taller morales, análisis proceso de compra presencial.	58

Figura V.XXII Representación gráfica de las respuestas en entrevista, Relevancia característica de compra.	60
Figura V.XXIII Representación gráfica de las respuestas en entrevista, preferencias características sonoras.....	60
Figura V.XXIV Copia pantalla de la interface de compra de Guitar Salón, tienda online predilecta para guitarras clásicas de concierto.	61
Figura V.XXV Ejemplo de un patrón adquirido en el experimento de Setup	69
Figura V.XXVI Sistema varetas tipo Torres utilizado en el set up.....	69
Figura V.XXVII Muestra de patrones en guitarra ensamblada.	70
Figura V.XXVIII Muestra de la modelación varetas tipo torres en SolidWorks.	71
Figura V.XXIX Análisis de la tapa acústica en Ansys. a) 193.8 Hz, b) 306 Hz, c) 360 Hz (0,2), d) 552 Hz (2,0).	71
Figura V.XXX Ejemplo de boceto para el desarrollo de propuesta	72
Figura V.XXXI Muestra de algunas propuestas de varetas generadas en Solid Works	73
Figura V.XXXII Propuesta final de varetas para guitarra clásica de concierto.....	74
Figura V.XXXIII Fotografía ensamble caja acústica en taller de laudero en Paracho Michoacán.....	75
Figura V.XXXIV Seguimiento de la elaboración de propuesta de varetas en taller de laudería	75
Figura V.XXXV Fotografía del proceso de pegado de varetas modelo propuesto	76
Figura V.XXXVI Fotografía de la preparación del clavijero.	76
Figura V.XXXVII Fotografía del ensamble de los trastes.....	77
Figura V.XXXVIII Fotografía guitarra clásica barnizada.....	77
Figura V.XXXIX Fotografía del micrófono omnidireccional y las guitarras siendo probadas en el estudio.....	78
Figura V.XL Relación de cuerdas y notas en la guitarra la guitarra clásica de concierto.	79
Figura V.XLI Comparación primera y sexta cuerda en la guitarra 1P.	80
Figura V.XLII Comparación guitarras 6ta cuerda	81
Figura V.XLIII Comparación guitarras 5ta cuerda	82
Figura V.XLIV Comparación guitarras 4ta cuerda.....	83

Figura V.XLV Comparación guitarras 3ta cuerda	84
Figura V.XLVI Comparación guitarras 2da cuerda	84
Figura V.XLVII Comparación guitarras 1 era cuerda.....	85
Figura V.XLVIII Actores de la transferencia de tecnología de la investigación.....	88
Figura V.XLIX Modelo Transferencia de tecnología tripe hélice.	91
Figura VIII.I Journey map	103

I. Introducción

Para la investigación se toma como objeto la guitarra clásica de concierto, la cual es de la familia de las guitarras acústicas, la mayor parte del trabajo se realiza en la tapa acústica y en el sistema de varetas, las varetas son elementos estructurales dentro de la guitarra acústica normalmente son del mismo material que la tapa acústica, en la Figura I.I se puede apreciar las partes de la guitarra y en la Figura I.II las varetas en la tapa acústica



Figura I.I Representación gráfica de las partes de la guitarra. Fuente: Elaboración Propia.



Figura I.II Fotografía del sistema de varetas Keren. Fuente: Elaboración Propia

En esta investigación se genera una simulación de varetas, Las varetas son para la guitarra clásica de concierto, elaboradas en la región de Paracho Michoacán, utilizando software CAD y CAE para el diseño de la propuesta, el uso de estas herramientas en la lutería de la región tiene como propósito la optimización de recursos materiales, económicos, de tiempo y calidad acústica.

En el capítulo II se describe y justifica el problema para la generación de la hipótesis y los objetivos de la investigación tanto generales como particulares. En el capítulo III se plantea una breve historia de la guitarra, así como la descripción de las características físicas básicas para el entendimiento de la investigación, la importancia de la modelación tridimensional (CAD), así como el análisis y simulación numérica (CAE), para el estudio de diversos comportamientos físicos de la guitarra, vista como un sistema de vibradores acoplados, para poder simular el comportamiento del instrumento y predecir sus cualidades acústicas antes de su construcción con materiales reales.

En el capítulo III sección 1.7 se plantea la importancia de los lauderos de Paracho Michoacán los cuales se basan en métodos heurísticos, en conocimientos adquiridos por la práctica o herencia, antes de poder realizar cualquier propuesta es necesario tener conocimiento formal, así como comprender el comportamiento de la guitarra clásica. Observar y entender el impacto de cada uno de los elementos que conforman el instrumento es fundamental para realizar propuestas con valor.

En esta investigación se toma la guitarra clásica como un sistema de vibradores acoplados los cuales se analizan de forma general para comprender la dinámica del instrumento tomando como base las investigaciones del Dr. Torres y Dr. Boullosa y los modelos matemáticos propuestos por Dr. Gorrostieta y el Dr. Sotomayor haciendo énfasis en la tapa acústica.

En el capítulo IV se presenta la metodología a seguir se conforma por la metodología Sprint y el uso de herramientas como tarjetas *IDEO*, grupo de

enfoque, *benchmarking* y la metodología tradicional de iteraciones, dichas herramientas en conjunto funcionan como auxiliar en el entendimiento de la problemática con un enfoque en el usuario y entorno, lo que da como resultado la generación una tabla de requerimientos específicos que debe cumplir la propuesta de diseño a desarrollar. El método tradicional con iteraciones es utilizado como guía para el desarrollo del producto con el uso de herramientas CAD y CAE para la elaboración de propuestas de diseño sujetas al análisis, posteriormente se comparan y mejoran hasta cumplir con lo establecido en los criterios de la tabla de requerimientos.

En el mismo capítulo se presenta la viabilidad del producto de la investigación, mediante un proyecto de inversión, el cual propone escenarios para la transferencia de tecnología del modelo propuesto para los lauderos de la región de Paracho Michoacán, enfatizando en dicho proyecto el valor que se le añade al instrumento derivado de la aplicación de métodos de ingeniería y diseño en el campo de la laudería tradicional de guitarras para concierto.

El objetivo de la investigación es la aplicación y gestión de conocimientos para la predicción de comportamientos físicos relacionados con la acústica la guitarra clásica.

En el capítulo V se presentan los resultados obtenidos de la implementación de la metodología mixta y el uso de las herramienta de tarjetas ideo, se enfatiza en las características del laudero de la región de Paracho Michoacana así como los puntos clave a considerar para el desarrollo de la propuesta, en este capítulo se desarrolla el plan financiero en dos escenarios, el primero con ayuda financiera del

sector privado como los bancos y en el segundo con colaboración de entidades gubernamentales y fondos. El estudio de las características sonoras resultantes de la elaboración física de la propuesta a la que se llega se estudia y grafican en Matlab para comprar la propuesta con otra guitarra de concierto de manufactura tradicional y una guitarra común de línea ambas con varetas tipo torres.

II. Justificación

La calidad del sonido radiado por una guitarra acústica ver Figura I.I depende, además de la técnica del ejecutante del comportamiento acústico de todo el instrumento (Rossing & Caldersmith, 2010) y de cómo le fue transmitida la energía mediante las cuerdas, no solo a través del puente, sino también del punto de apoyo sobre el diapasón (Torres & Boullosa, 2009).

Los Laudereros que elaboran las guitarras, prestan especial atención al diseño del abanico o varetas, barras de madera adheridas en la parte posterior de la tapa, estas tienen una doble función, la primera de tipo estructural al soportar la tensión de las cuerdas, y la segunda de tipo sonoro por el cambio de las vibraciones de la tapa, (sonido entregado) (Morales & Flores, s/f).

En el ámbito de la laudería tradicional se requiere mejorar el método de diseño de las varetas en el abanico de la guitarra, para así agregar valor al instrumento según los laudereros de la región de Paracho Michoacán, quienes actualmente diseñan mediante prueba y error, razón por lo que se debe proponer un diseño utilizando herramientas CAD para la generación de un diseño de varetas probado virtualmente, el sistema de varetas en el abanico a desarrollar se

presenta como un área de oportunidad en el ámbito comercial y el de la manufactura en la región de Paracho Michoacán.

Los avances tecnológicos, hacen que el CAD y CAE simplifiquen las tareas antes mencionadas, lo que nos permite reducir tiempos y costos de manufactura, al optimizar tiempos de cálculo e incluso análisis y síntesis de datos. En el diseño y construcción de la guitarra acústica, realizar prototipos de manera virtual no solo agiliza el proceso de diseño, sino que también nos permite un análisis modular de las partes que lo componen, aun cuando el CAE es una herramienta fiable que nos permite la simulación del objeto en condiciones reales, no podemos descartar el uso de pruebas con prototipos físicos en laboratorio para validar el resultado obtenido de manera virtual.

Teniendo en cuenta que la tapa frontal de la guitarra juega un papel importante en la generación y distribución de energía para la producción de sonido, a lo largo de décadas se han propuesto diversos modelos de abanicos, como por ejemplo está el modelo Torres el cual es el más utilizado actualmente.

La Figura II.I ejemplifica algunos de los modelos que se pueden encontrar en la guitarra moderna, actualmente se han dado avances en cuanto a materiales compuestos y su uso en la guitarra, sin embargo los lutereros de la región de Paracho Michoacán cuentan con poca o nula experiencia en el uso de nuevos materiales, no cuentan con herramientas especializadas para materiales diferentes a la madera, razón por la cual la propuesta a desarrollar contempla el uso de herramientas tradicionales disponibles en un taller promedio y madera.

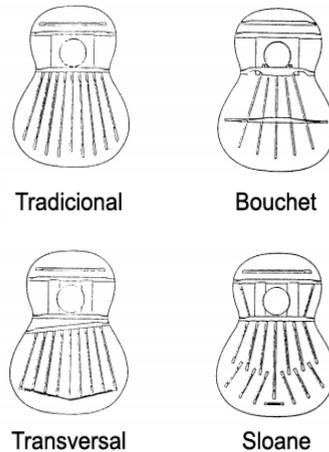


Figura II.1 Representación simplificada de sistema de abanicos (Irving, 1989).

1.1. Descripción del problema

A partir de la revisión de los trabajos presentados en la sección anterior, se identifica la necesidad de utilizar herramientas virtuales; para el desarrollo de una nueva alternativa de sistema de abanico en la guitarra clásica de concierto para los lauderos de la región de Paracho Michoacán, la aplicación de este nuevo diseño pretende generar una propuesta de valor tanto en el sonido del instrumento como en la concepción actual de nuevos diseños para guitarra clásica.

La importancia práctica del tema “Propuesta de varetas para la guitarra de concierto, utilizando herramientas tecnológicas CAD y CAE”, está dada por la región de Paracho Michoacán, donde la construcción de guitarras es la principal actividad económica, donde solo el 10% de los artesanos guitarreros o lauderos, cuentan con registro de marca colectiva y están especializados en la elaboración de la guitarra de concierto, y por la relevancia de la tapa acústica en el sonido de la guitarra.(Flores Preciado, Vidrio Barón, & Reyes Fong, 2014)

Basados en la experiencia los lauderos construyen las tapas sintiendo físicamente las características del instrumento, sus vibraciones, teniendo extrema cautela en el fulcro generado y el área en donde se genera, estas características pueden ser simuladas, y predichas sin embargo los lauderos se basan en un conocimiento generado de forma heurística, lo que les lleva a construir con diferentes espesores en la tapa hasta obtener el sonido deseado, por otro lado, se pueden tomar decisiones en base a simulaciones numéricas y modelos antes de pasar a la fabricación del objeto físico, esto con el fin de optimizar recursos y comprobar resultados.

El estudio de las varetas o abanico, las frecuencias y ondas que emiten es complicado ya que requiere de estudios transitorios, simulaciones numéricas y análisis de ondas, el 40% de los artesanos cuentan con estudios de primaria, el 30% secundaria, 18% estudios de bachillerato y 12% licenciatura.(Alberto, Prado, Ricardo, & Vivar, 2012), razón por la cual el aporte y aplicación técnica de esta investigación es pertinente.

1.2. Hipótesis

Mediante un proceso de investigación se desea valorar si es factible implementar herramientas CAD-CAE en el diseño y construcción de la guitarra clásica de concierto de manufactura tradicional con los lauderos en la región de Paracho Michoacán.

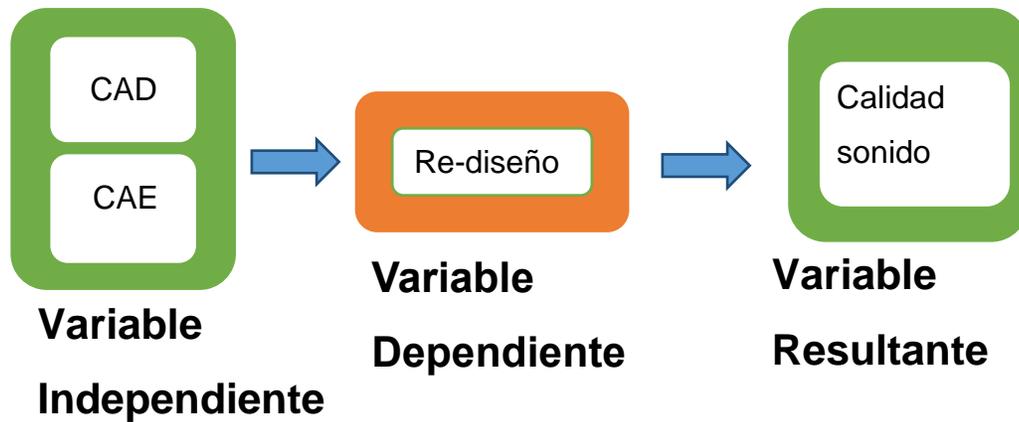


Figura II.II Diagrama definición de hipótesis Fuente: Elaboración propia.

1.3. Objetivo

1.3.1. General

Mediante el uso de herramientas virtuales CAD-CAE e implementación de una metodología de ingeniería, realizar una propuesta de diseño del sistema de varetas para la guitarra clásica, tomando en cuenta los métodos y materiales tradicionales de construcción de la guitarra clásica de concierto, para su elaboración en contexto real.

1.3.2. Particulares

- Comparar diferentes versiones de abanicos en CAE.
- Visualizar y comprender los patrones de vibración de una superficie, como es el caso de la tapa acústica.
- Desarrollar modelación virtual cercana a la realidad CAD
- Analizar modelaciones virtuales con software de análisis numérico CAE.
- Desarrollar una propuesta de diseño replicable.

- Generar un prototipo físico funcional para validación de modelos virtuales utilizados.
- Generar los planos para el desarrollo de la propuesta- transferencia del conocimiento generado a la comunidad de Laudereros de Paracho Michoacán.

III. Revisión de la literatura

En este capítulo se presenta una breve historia de la guitarra y las partes básicas que la componen, haciendo hincapié en la tapa acústica y el tipo de frecuencias que tienen interacción con la misma.

Se aborda el tema central de la investigación, que es el uso de las herramientas digitales CAD CAE, como auxiliares en el proceso de diseño de un producto en específico que es la guitarra clásica de concierto. La contextualización y justificación de la investigación se profundiza a lo largo del capítulo.

1.4. La guitarra

La guitarra fue considerada en el inicio de su historia, como un instrumento popular inadecuado para ser tocado en conjunto con una orquesta, originando que las obras musicales para guitarra empezaran siendo escritas por los mismos intérpretes, antes de ganar la atención de los compositores. Esto pudo ser consecuencia entre otras cosas, de la inherente desafinación y baja intensidad de los sonidos que produce, en comparación con otros instrumentos, como los de viento o de cuerda frotada. Se ha encontrado que las guitarras consideradas de

alta calidad, no poseen una eficiencia sonora particularmente alta, en comparación con guitarras de menor calidad o de estudio, dándole mayor importancia a otros factores como el timbre del sonido; que depende del número, amplitud, y decaimiento de las parciales que lo componen.(Boullosa, Orduña-Bustamante, & Pérez López, 1999).

El Lauder Antonio de Torres (1817-1892) contribuyó en el desarrollo de la guitarra clásica moderna esto por la introducción del sistema de varetas o abanico nombre dado por su forma propuesta Figura III.I, El modelo torres se popularizó gracias al guitarrista Francisco Tarrega (1852-1909), considerado uno de los mejores ejecutores del instrumento del siglo XIX, durante este periodo se difundieron técnicas de ejecución de la guitarra, aumentando las capacidades de expresión del instrumento. (Rossing & Caldersmith, 2010).

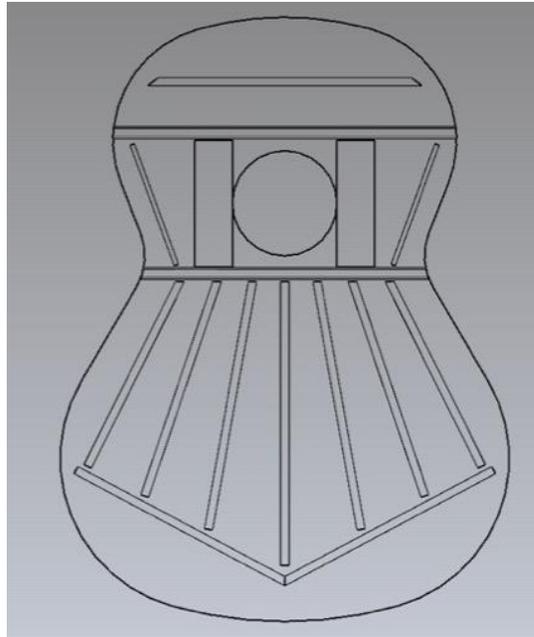


Figura III.I. Varetas tipo Torres. Fuente: Elaboración propia.

1.4.1. Tipos de guitarra.

Existen básicamente dos tipos de guitarras la acústica y la eléctrica, dentro del grupo de las guitarras acústicas las más comunes se ejemplifican en la Figura III.II:

- Clásica: Este tipo de guitarra antecede a la mayoría de las guitarras actuales, usualmente cuentan con el sistema de varetas y de construcción tipo torres que se caracteriza por la nitidez y timbre del instrumento.
- Flamenca: Este tipo de guitarra se basa en la guitarra clásica, las modificaciones son para la interpretación de la música flamenca, es un poco más pequeña que la clásica, el material predilecto es ciprés español ya que se busca un sonido brillante, este tipo de guitarra

permite una ejecución más fácil y rápida debido a las distancias de las cuerdas al diapasón, requiriendo menos presión.

- Tapa arqueada o *archtop*: Este tipo de guitarra se caracteriza por la tapa y el fondo arqueado, esto se logra por el tallado de una madera gruesa y sólida, normalmente la boca de la guitarra es reemplazada por agujeros en forma de “f”.



Figura III.II Fotografías diferentes tipos de guitarra, clásica, flamenca y tapa arqueada. Fuente: Elaboración Propia basada en Guitar Center.

Existen guitarras de 12 cuerdas y 6 cuerdas Figura III.III, el tipo de cuerdas también influye en el tipo de guitarra, se tienen con cuerdas de nylon y cuerdas de acero, para propósitos de esta investigación nos centraremos en la guitarra clásica de concierto con cuerdas de nylon, ya que las cuerdas de acero son usadas generalmente para la interpretación de blues, jazz y rock, aun cuando no existe una regla escrita sobre el tipo de cuerdas, la experiencia y la tradición lo dicta de esa manera.



Figura III.III Guitarra de 6 y 12 cuerdas. Fuente: elaboración propia basada en Guitar Center

Los tipos de guitarra, así como su evolución a lo largo de la historia tienen origen en la música que se ejecuta y la región, El español Antonio de torres fue el principal contribuyente al desarrollo de la guitarra clásica que conocemos actualmente Figura III.IV, se introdujo el abanico o varetas a la tapa acústica.



Figura III.IV Guitarra clásica de concierto, 6 cuerdas nylon. Fuente: GuitarCenter

Partes de la guitarra

Las partes principales de la guitarra acústica se ejemplifican en la Figura III.V, la generación del sonido del instrumento es una combinación de procesos mecánicos y acústicos, los cuales dependen de distintas partes de la guitarra

acústica, las partes principales son las cuerdas, el puente, la tapa acústica y la caja acústica o cuerpo.

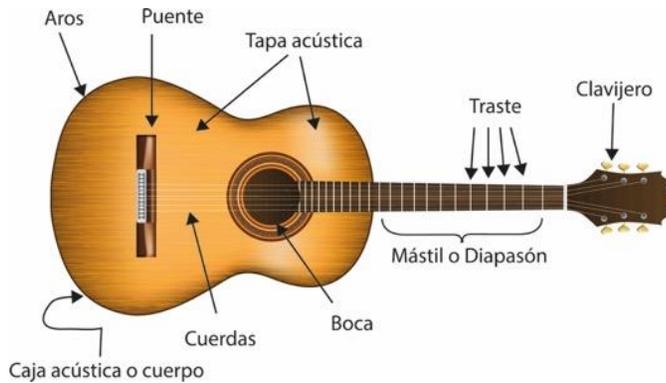


Figura III.V Representación gráfica de las partes de la guitarra. Fuente: Elaboración Propia.

La guitarra acústica en la tapa cuenta con las varetas que funcionan como complemento estructural, estos elementos varían dependiendo del laudero y del modelo a replicar, la tapa posterior o caja acústica, también cuenta con varetas estructurales generales las cuales son estándar para todo tipo de guitarra, el desensamble de la guitarra y su estructura interna se puede apreciar en la Figura III.VI donde en la parte izquierda se pueden apreciar el sub ensamble de varetas. la tapa acústica y el mástil, al centro se pueden observar al aro de la guitarra y en el lado derecho el ensamble de las partes antes mencionadas.



Figura III.VI Fotografía de una representación escala 1:7 del despiece de la guitarra tipo torres elaborada en la región de Paracho Michoacán. Fuente: German Maldonado, Laudero

1.4.2. Física de la guitarra

La calidad del sonido radiado por una guitarra acústica depende del comportamiento acústico del instrumento y de cómo le fue transmitida la energía mediante las cuerdas, no solo a través del puente, sino también del punto de apoyo sobre el diapasón (Torres & Boullosa, 2009).

Se consideran las dos frecuencias de resonancia más bajas de una guitarra, como las más importantes para definir las características de su sonido, razón por lo cual una de estas frecuencias coincide con la de alguna nota musical, el sonido de ésta será fuerte durante un lapso corto de tiempo, y después decaerá súbitamente, en comparación con otras notas alejadas de las frecuencias de resonancia de la guitarra.

Sin embargo, no sólo deben ser tomadas en cuenta las frecuencias bajas en el comportamiento de la guitarra (cuya nota más baja en afinación estándar es

E2 a 82 Hz), pues se ha mostrado la relevancia de analizar su comportamiento en un intervalo de 400 Hz a 2500 Hz, lo cual es alto en comparación con sus resonancias más bajas, que suelen estar entre 100 Hz y 200 Hz (Torres & Ruiz Boullosa, 2008), puede observarse en la Figura III.VII un diagrama de bloques sobre las partes de la guitarra que intervienen en su vibración en altas y bajas frecuencias, donde puede notarse que la tapa superior también interviene en ambos intervalos de frecuencia.(Fletcher & Rossing, 1998).

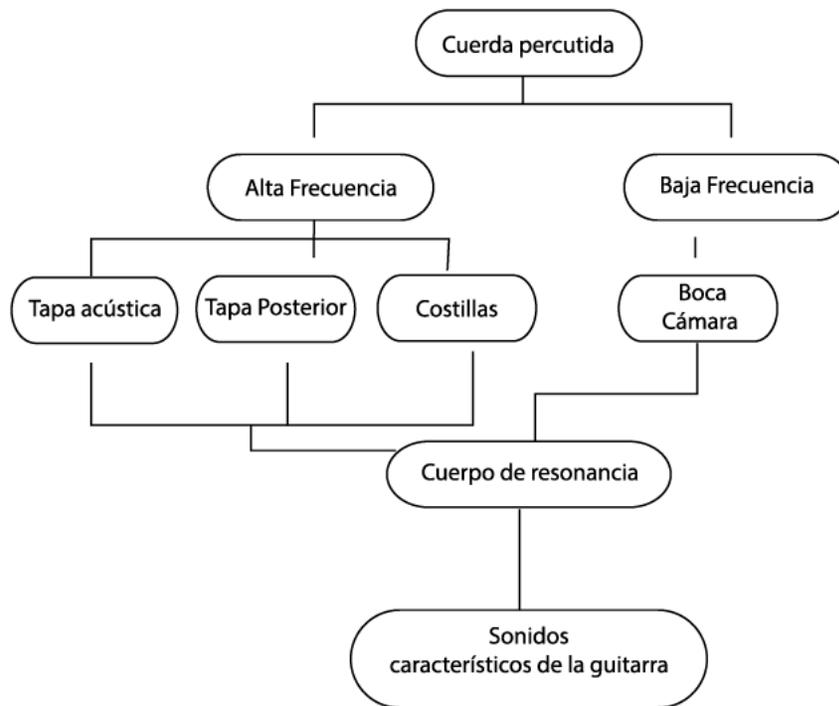


Figura III.VII Esquema de elementos de la guitarra que interactúan según la frecuencia. Fuente: Gorrostieta, 2012)

El diseño de la tapa superior y su abanico, es entonces una parte crucial en la construcción del instrumento, pues el espectro de sonido de la guitarra presenta

cambios apreciables si se altera el número y la distribución del abanico, lo cual puede notarse tanto en la amplitud y la frecuencia de las resonancias. Es conveniente estudiar sobre la posición óptima de cada barra, así que cada abanico debe diseñarse individualmente (Šali & Kopač, 2000), debido a que las propiedades de la madera varían de una muestra a otra, incluso siendo del mismo árbol.

1.4.3. El cuerpo de la guitarra y las ondas.

Las fuerzas estáticas y de torque en las cuerdas generan patrones de interferencia en la tapa de la guitarra (Fletcher & Rossing, 1998) componente principal del cuerpo de la guitarra donde en mayor parte el sonido de frecuencias altas se genera y proyecta, para referencia de frecuencia y relación con las cuerdas y notas.

Las ondas de sonido generadas por las cuerdas son transferidas a la tapa acústica a través del puente, generando patrones de resonancia en la cara de la guitarra, proceso similar a lo que se conoce como, las figuras sonoras de Chladni.

Figura III.VIII



Figura III.VIII Figuras sonoras de Chladni Fuente: Mathemateca IME-USP

El patrón de onda generado cambia dependiendo del sistema de abanico así como del espesor y tipo de material como se muestra en la Figura III.IX , en este caso la madera para construcción de la guitarra acústica, la madera es un material anisótropo, lo cual lo convierte en un elemento complejo para el análisis numérico, sin embargo es uno de los materiales clave en el desarrollo y formalización de la manufactura de instrumentos musicales.(Gorrostieta-Hurtado et al., 2012)



Figura III.IX. Patrón generado por frecuencias en tapa acústica de guitarra. Fuente: Elaboración Propia.

1.5. La guitarra acústica: Sistema de vibradores acoplados.

Para un mejor entendimiento y análisis del comportamiento de la guitarra, es relevante la consideración del instrumento como un sistema de vibradores acoplados, donde la cuerda al ser percutida establece el inicio de una cadena de fenómenos físicos en los que la transmisión, radiación y absorción de vibraciones

tiene lugar en distintas partes de la guitarra con el único fin de producir un sonido único característico del instrumento.

Para fines de simplificar se podría describir el funcionamiento de la guitarra de la siguiente manera, la Figura III.X establece una referencia visual del funcionamiento de la guitarra bajo los siguientes pasos:

1. La cuerda es percutida, radiando sonido apenas perceptible de manera directa.
2. La energía de la vibración de la cuerda percutida es transmitida a la tapa y puente.
3. El puente actúa esencialmente como parte de la tapa acústica, que junto con la membrana por sus propiedades mecánicas es el elemento clave en la producción y transmisión de sonido, la membrana trabaja en conjunto con las varetas, las cuales ayudan a transmitir las ondas de manera eficiente y a su proporcionando un refuerzo estructural necesario para soportar la tensión generada por las cuerdas y el movimiento ondulatorio que se genera por la transmisión de las ondas.
4. La tapa posterior y costillas reciben la energía restante transmitida por la tapa acústica, que en conjunto genera movimientos, de compresión y expansión de aire dentro de lo que se denomina caja acústica.
5. Las vibraciones y movimientos que tienen lugar en la estructura de la guitarra, permiten la amplificación y proyección del sonido por el cuerpo y boca del instrumento.
6. Las frecuencias bajas remanentes en la tapa acústica se transmiten hacia la tapa posterior y costillas.

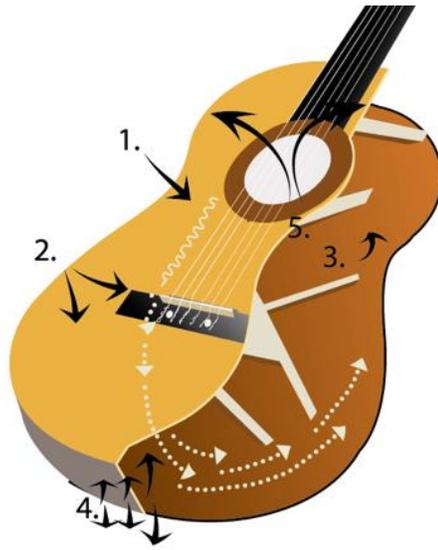


Figura III.X Representación gráfica general del funcionamiento de la guitarra clásica. Fuente: Elaboración propia

El funcionamiento de la guitarra acústica también se puede describir en un diagrama de funcionamiento tomando los elementos de la tapa acústica, así como la tapa posterior, tal como se ilustra en la Figura III.XI

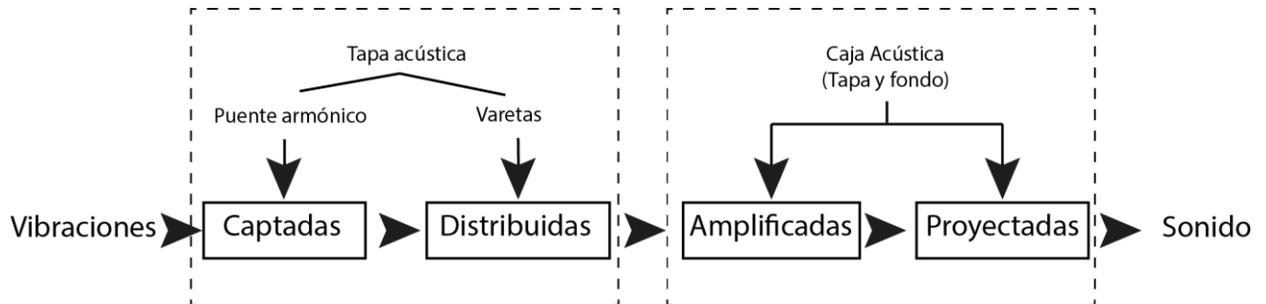


Figura III.XI Diagrama de funcionamiento básico de la generación del sonido en la guitarra clásica. Elaboración propia

1.5.1. Cuerdas, vibración y frecuencia.

Al percutir una cuerda en la guitarra clásica, ésta vibra, ejerciendo fuerzas con direcciones transversales y longitudinales sobre la guitarra teniendo como resultado el sonido.

La raíz de la frecuencia para una cuerda es directamente proporcional a la raíz cuadrada de la tensión, de manera inversa proporcional a su longitud, y a la raíz cuadrada de su masa por unidad de longitud. (Boullosa et al., 1999) Esta relación se tiene en cuenta para la producción de diferentes tonos y se puede ver en la Ecuación 1, dependiendo de la masa y tensión de cada cuerda, para la generación de un tono individual por cuerda se debe presionar en referencia a un traste, esta acción reduce la longitud de la cuerda, generando una nueva longitud de cuerda lo que se traduce en la variación del sonido. Donde L es la longitud de la cuerda en el último traste. El número resultante determinará el semitono o intervalo en relación entre dos y doce notas para crear la escala cromática 2 12.

Ecuación 1 relación de la longitud de cuerda para la producción de tonos con traste pisado

$$L [1 - 1/ (21/12)]$$

Las fuerzas longitudinales y transversales que generan en conjunto las cuerdas denominadas “frecuencia alta” hacen resonar la membrana/tapa acústica y el puente, mientras que las “frecuencia baja” hacen resonar principalmente la tapa posterior y costillas. Esas fuerzas se pueden medir con la Ecuación 2 donde T es la tensión, θ es el ángulo entre la cuerda y el cuello de la guitarra y E es el módulo elástico de la cuerda. (Fletcher & Rossing, 1998)

Ecuación 2

$$FT = (T_0 + dT)\sin\theta, \text{ y } FL = T_0 + EA/L_0 dL$$

El método por el cual la cuerda es pulsada también afecta el sonido producido, ya que existen muchas otras fuerzas interactuando entre sí, las frecuencias resultantes de la cuerda pulsada al aire se pueden visualizar en la Tabla III-I

Tabla III-I Frecuencias y notas por cuerda pulsada al aire. (Dumond & Baddour, 2013).

Cuerda	Nota	Frecuencia (Hz)	Frecuencia Redondeada (Hz)
6	E	82.407	82
5	A	110.000	110
4	D	146.832	147
3	G	195.998	196
2	B	246.942	247
1	E	329.628	330

1.6. CAD y CAE como herramientas auxiliares en el proceso de diseño

Actualmente las computadoras cuentan con la capacidad de procesar ecuaciones matemáticas que nos dan herramientas para diseñar sistemas vibratorios, estos sistemas pueden ser puentes, edificios, autopartes por mencionar algunos, al especificar la geometría, los materiales y el modelo físico a

seguir, se puede describir o predecir su comportamiento, una de las ventajas principales al modelar numéricamente un sistema vibratorio, en este caso la tapa acústica de la guitarra, se puede generar una simulación confiable de su comportamiento, lo que da cabida a ser modificada con relativa facilidad para predecir su comportamiento vibratorio y poder realizar un prototipo de manera virtual antes de pasar a la construcción de la estructura con materiales reales.(Torres Torres & Torres Victor, 2016).

Las actividades más importantes durante el proceso de ingeniería de un producto son las que se realizan a través de prototipos y ensayos, los recursos que se invierten en estos procesos pueden ser quizá más costos y relevantes que la materialización del producto final, por lo que es importante establecer una metodología para asegurar que lo que se tiene pensando sea viable. El modelo en espiral es uno de los más utilizados en la actualidad, aunque este fue propuesto en 1988 por Barry Boehm.



Figura III.XII Representación Gráfica del modelo en espiral. Fuente: Elaboración Propia basado en Boehm

Dentro de las herramientas que se utilizan para el desarrollo e investigación de un producto, se contemplan representaciones tanto virtuales como físicas, cada

una de estas representaciones, es utilizada en etapas distintas de desarrollo de un producto o propuesta de diseño, estas se pueden dividir en 3 básicas como se explica en la

Tabla III-II y muestra de manera gráfica en Figura III.XIII

Tabla III-II Tabla de herramientas auxiliares, CAD, CAE, CAM y su uso en ingeniería.

Desarrollo de:	Herramienta	Siglas
Forma	<i>Computer Aided Design</i> Diseño asistido por computadora (2D o 3D)	CAD
Comportamiento	<i>Computer Aided Engineering</i> Uso de modelos virtuales para la simulación de comportamientos.	CAE
Fabricación.	<i>Computer Aided Manufacturing</i> Uso de modelos virtuales y software de post procesamiento para simulación de tiempos y viabilidad de fabricación	CAM

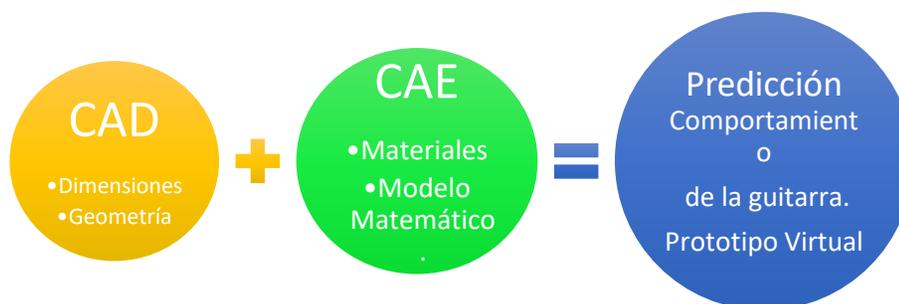


Figura III.XIII Interacción del CAD-CAE en el prototipado virtual Fuente: elaboración Propia

Los métodos tradicionales de desarrollo en diseño e ingeniería, proponen soluciones conservadoras basadas en la prueba y error, esto se realiza con diseños sobredimensionados que están sujetos a los recursos con los que el investigador cuenta. El método tradicional representa una gran inversión debido al uso de recursos como lo son:

- Tiempo de gestión
- Materiales para la construcción de prototipos
- Banco de pruebas
- Captura de información
- Análisis de datos
- Interpretación de resultados

El procesamiento de señales en el campo de la acústica incluye temas que pueden variar como, propagación de onda, consideración de amplitud, contenido del espectro de amplitud de onda y fase. La fase es de especial interés en la interacción de las ondas, estas condiciones están presentes en todos los instrumentos musicales incluyendo la guitarra clásica de concierto la cual es la razón del presente escrito.

1.7. Paracho Michoacán región de laudereros

Paracho de Verduzco es una región en el estado de Michoacán es reconocido como la capital mundial de la guitarra Figura III.XIV , en el 2001 se comenzó la comercialización de guitarras chinas, estas guitarras y otros instrumentos chinos han tenido impacto negativo en los mercados de la ciudad de

México y Guadalajara, mercados que eran exclusivos para los artesanos de Paracho, ocasionando la caída de las ventas en un 80%, al crearse una competencia desleal del mercado (Alberto et al., 2012),



Figura III.XIV Infografía sobre Paracho Michoacán y la importancia como pueblo guitarrero. Elaboración propia, basado en Cano,2012.

Ante la situación de comercio desleal en el mercado de las guitarras en el año 2005 las autoridades de Paracho Michoacán apoyaron la creación de una marca colectiva ante el IMPI, Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial, con el registro “Guitarra Paracho Región de Origen” Figura III.XV si bien esta medida no resolvió el problema de la falsificación y competencia desleal motivó a los artesanos a buscar la mejora continua de sus instrumentos en el uso de materiales, técnicas y modelos de construcción.

Gaceta: 6 Marcas Registradas, Avisos y Nombres Comerciales y Denominaciones de Origen **Ejemplar:** Febrero de 2006 **Sección:** Marcas Registradas



Registro de Marca	919112
Fecha de Concesión	13/02/2006
Expediente	743200
Fecha de Presentación	05/10/2005
Clase	15
Denominación	GUITARRA PARACHO REGION DE ORIGEN
Productos y Servicios	Instrumentos musicales.
Datos del Titular	Coordinadora De Artesanos E Industriales De Guitarra E Instrumentos De Cuerda De Paracho A.C.; MX; Av. 20 Denoviembre Y Castro S/N, Centro. Paracho , Michoacan. 60250, MEXICO
Ficha SIGA	2090809
Fecha de Puesta en Circulación	2006-06-20

Figura III.XV Información general del registro de marca colectiva en Paracho. Fuente: Motor de búsqueda del IMPI

Solo el 10% de los lauderos cuenta con un certificado de marca colectiva, de acuerdo con el título IV, artículo 96, de la Ley de Propiedad Industrial de México en el año 2011 establece que las asociaciones o sociedades de productores, fabricantes, comerciantes o prestadores de servicios, legalmente constituidas, podrán solicitar el registro de marca colectiva para distinguir, en el mercado, los productos o servicios de sus miembros respecto de los productos o servicios de terceros. La marca colectiva en si representa un avance en el reconocimiento al valor de la actividad del laudero y se respalda por los conocimientos y técnicas adquiridas por el paso del tiempo que tienen como fin otorgar calidad al producto (Flores Preciado, Vidrio Barón, & Reyes Fong, 2014)

IV. Marco Metodológico

Para esta investigación se aplica una metodología compuesta por *Sprint* como base, tarjetas IDEO, metodología tradicional con iteraciones y proyecto de inversión como herramientas para dar soporte y robustez, en la Figura IV.II se representa de forma esquemática la interacción de los diferentes métodos y herramientas en investigación.

La conjunción las herramientas y métodos antes descritos tiene como objetivo generar una solución con viabilidad técnica y económica que sean atractivas para el cliente laudero de Paracho y usuario final guitarrista clásico de concierto, en la Figura IV.I se esquematizan los elementos antes descritos.



Figura IV.I Esquematización del desarrollo de la metodología Fuente: Elaboración propia

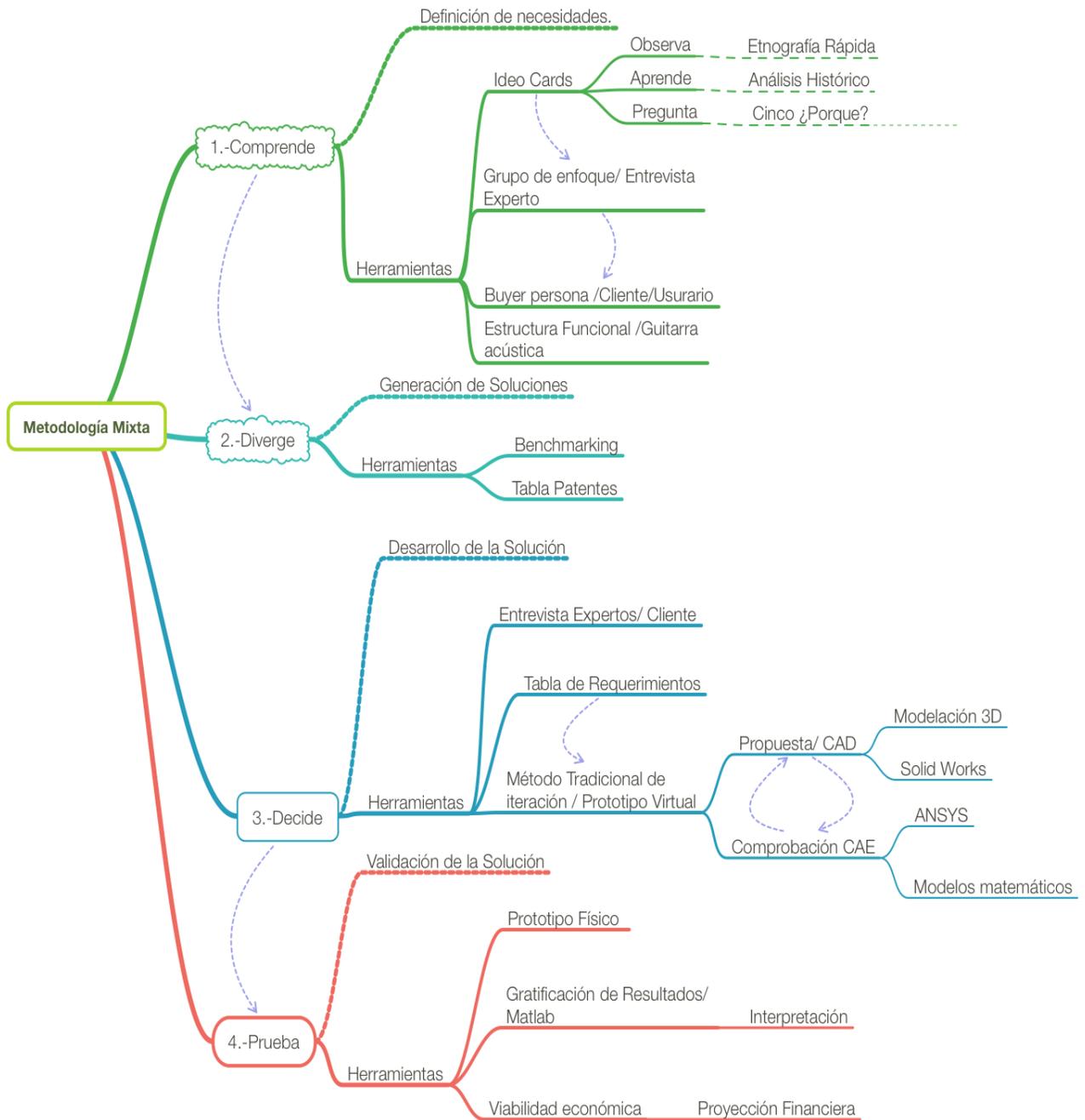


Figura IV.II Representación gráfica de la metodología mixta con base sprint. Elaboración propia.

1.8. Metodología mixta sprint y herramientas de diseño

El método sprint es un conjunto de pasos y actividades a realizar para la resolución de problemas y testeo de nuevas ideas (Jake Knapp, John Zeratsky, 2016) , este método esta creado para ejecutarse por un grupo de máximo 7 personas en un lapso de 5 días consecutivos. Las actividades se distribuyen a lo largo de 4 etapas principales como se representa en la Figura IV.III y se describen a continuación:

Etapas de la Metodología Sprint

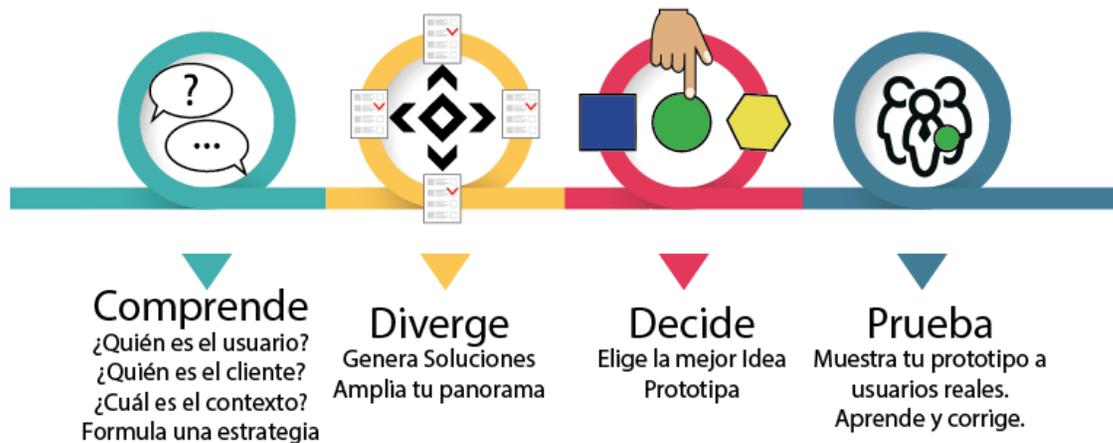


Figura IV.III Etapas metodología Sprint.: elaboración propia en base SPRINT

1.8.1. Etapa 1 Comprende.

Se busca la comprensión del usuario y sus necesidades de acuerdo al contexto en el que se encuentra, para el caso de la investigación se tiene como cliente a los lauderos de guitarra clásica de concierto de la región de Paracho Michoacán y usuario aquel ejecutante de dicho instrumento de manera profesional, esta información permite formular una estrategia, que en

conjunto con 3 tarjetas IDEO a continuación, y un grupo de enfoque que se explica más adelante en el documento., tienen como objetivo la comprensión y empatía con el usuario para poder proseguir a la etapa de Diverge.

1.8.1.1. IDEO CARDS.

IDEO es un despacho de diseño industrial y generó un conjunto de herramientas compuesto por 51 tarjetas divididas en 4 categorías, observar, aprender, probar e intentar, estas tarjetas cuentan con la descripción del método e incluye una breve historia de cómo y cuándo utilizarla, cada una de las tarjetas se utiliza con el fin de inspirar y mantener al investigador/diseñador inmerso y centrado en el proceso de diseño, se aplican durante el proceso de inmersión en el proceso creativo, para esta investigación se utilizan las siguientes tarjetas según la categoría. La herramienta propuesta por el despacho IDEO no es una guía de cómo hacer, si no un auxiliar para el acercamiento y desarrollo de una metodología propia, el uso de estas tarjetas ayuda a tener nuevas perspectivas del problema, inspiran y alientan a la exploración. (Guterman, 2010)

Las tarjetas Ideo que se utilizaron en la metodología mixta son:

1. Categoría: Observa

Al aplicar la herramienta de observación se aprende que es lo que el usuario hace, como lo hace y por qué lo hace, la tarjeta utilizada es Rapid Ethnography se muestra en Figura IV.IV cuya interpretación en español se muestra a continuación.

- Etnografía rápida. - *Pasar* tanto tiempo sea posible con personas relevantes al tema de diseño, establecer confianza con el propósito

de visitar y/o participar en su hábitat natural y presenciar actividades específicas.

- ¿Por qué? . - es una buena forma de alcanzar un aprendizaje profundo de primera mano del hábitat, rituales, lenguaje natural y significado relevante de las *actividades y sus artefactos*.



Figura IV.IV Look, *Rapid Ethnography* Fuente: IDEO Method Cards.

2. Categoría: Aprende

Análisis de la información recolectada, en esta categoría se buscan patrones de aprendizaje. La tarjeta utilizada es *Historical Analysis* se muestra en Figura IV.V cuya interpretación se muestra a continuación.

- Análisis histórico. - comparar características de una industria, organización, grupo, segmento de mercado, o practica a través de varias etapas de desarrollo.

- ¿Por qué? - Este método ayuda a identificar tendencias y ciclos del producto, el comportamiento del usuario y a proyectar dichos patrones en un futuro.



Figura IV.V Learn, Historical Analysis Fuente: IDEO Method Cards

3. Categoría Pregunta.

Promueve la participación del usuario, responder preguntas y aportar información relevante a la investigación. ¿La tarjeta utilizada es Five Whys? Que se muestra en la

Figura IV.VI Ask, Five whys? Fuente: IDEO Method Cards , cuya interpretación es:

- Contestar a la pregunta ¿Por qué? de manera consecutiva siguiendo la secuencia de la primera pregunta.
- ¿Por qué?.- Esta herramienta ayuda a forzar al usuario a examinar y expresar razones subordinadas para su comportamiento y actitudes, lo que nos permite indagar en las verdaderas intenciones o necesidades del usuario.

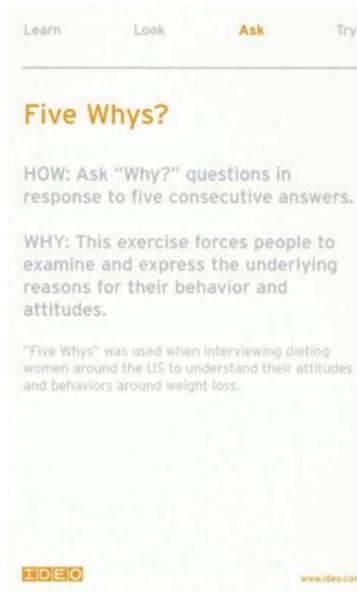


Figura IV.VI Ask, Five whys? Fuente: IDEO Method Cards

1.8.1.2. Grupo de enfoque

El grupo de enfoque como su nombre lo indica es una entrevista grupal en la cual lo más importante es la comunicación de los participantes con el objetivo de generar información que nutran la investigación, ésta herramienta es ideal para obtener información relevante de manera simultánea de un grupo selecto de personas, en lugar de preguntarle a cada una de manera individual esta actividad

es colectiva y grupal, es decir las preguntas se formulan en general y cada quien responde y cuenta sus anécdotas, haciendo de este método una herramienta de obtención de información muy útil para esta investigación.

La dinámica del grupo de enfoque se diseña de acuerdo a la información que se requiere que los usuarios expresen, para esta investigación el grupo de enfoque está dirigido a ejecutantes profesionales de la guitarra clásica de concierto de sexo indistinto que tengan como principal actividad la ejecución de la guitarra clásica de concierto en conciertos a nivel nacional e internacional, dichos usuarios de la guitarra clásica de concierto conlleva a la elaboración de una guía de moderador disponible en la sección ANEXOS

La información a recopilar en el grupo de enfoque es sobre la opinión que se tiene de la elaboración de guitarras clásicas de concierto por los lauderos de Paracho Michoacán, se busca conocer la frecuencia y proceso de compra de una guitarra clásica de concierto, así como la percepción del instrumento que se fabrica en dicho municipio.

El grupo de enfoque tiene lugar en un salón en la facultad de ingeniería con 5 ejecutantes profesionales de guitarra clásica de concierto, el moderador es una persona ajena al proyecto el cual fue entrenado en el tema, es importante que el moderador sea ajeno al proyecto ya que esto permite que no existan sesgos en la información.

1.8.2. Etapa 2 Diverge.

La etapa de diverge está centrada en la ideación, y generación de soluciones, las cuales deben ser congruentes con los criterios establecidos en la etapa anterior, la definición del contexto y capacidades del laudero así como los materiales disponibles, se elabora un *bench marketing* de la guitarra clásica de concierto a nivel nacional e internacional, entrevista con los expertos, se toma como expertos al laudero que lleva más de 15 años construyendo guitarras clásicas de concierto en Paracho Michoacán, al ejecutante de guitarra clásica de concierto con presencia internacional. En esta etapa también se realiza una tabla de patentes en la cual se busca soluciones análogas dirigidas a la mejora del sonido en las guitarras y la construcción de la misma.

1.8.3. Etapa 3 Decide

Durante esta etapa se elige una solución entre todas las generadas de la etapa anterior, el criterio de selección de la solución se basa en los criterios obtenidos de las siguientes herramientas:

1.8.3.1. Tabla de requerimientos:

Con esta herramienta se reúne la información adquirida en la etapa 1 sobre el usuario y su entorno, en la tabla se contextualiza el producto y se establecen los parámetros de acuerdo a los recursos que se cuenta. La tabla de requerimientos tiene el formato que aborda características de función, dimensiones, fabricación,

finanzas, costos entre otros conceptos, la fecha en la que se establece el requerimiento, así como si es un Requerimiento o un Deseo seguido por una descripción genérica, a continuación, se muestra en la Tabla IV-I el formato sugerido.

Tabla IV-I Tabla de requerimientos.

Concepto	Fecha	Requisito/Deseable	Descripción
Función, Dimensiones, Fabricación, Finanzas, Costos, Etc.		R/D	Descripción genérica y abstracta de la finalidad, de las acciones en concreto, nunca del mecanismo o el funcionamiento probable.

1.8.3.2. Estructura Funcional:

El diagrama de estructura funcional Figura III.XI nos permite separar las partes del instrumento dependiendo de la función que estas tienen en relación con el sonido, permitiendo tomar decisiones en base al área que será modificada con un entendimiento de la interacción del elemento con la sonoridad del instrumento.

1.8.3.3. Método Tradicional con Iteraciones.

Este método es una herramienta para establecer parámetros de referencia, diseño experimento, utilizando las características a evaluar es el caso de esta

investigación, en la cual se utilizarán las variables de frecuencia HZ y distribución de onda, usando una tapa acústica con varetas tipo tradicional y se ejemplifica en Figura IV.VII durante la etapa de prototipado, se generan 3 iteraciones principales cada una con un objetivo definido por la etapa.

Etapa 0.- Prototipo piloto de modelo base.

Durante esta etapa se realiza una reproducción física del diseño consolidado, el cual será utilizado como modelo piloto para su uso en CAD – CAE, auxiliar en el establecimiento de parámetros base.

Etapa 1.- Prototipo Virtual CAD.

Durante esta etapa se generan propuestas de diseño, siguiendo los requerimientos establecidos previamente, esta herramienta virtual, permite realizar propuestas de manera digital e iterar cuantas veces sea necesario.

Etapa 2- Prototipo Funcional

Etapa donde se genera o construye un modelo físico funcional, en base a los resultados filtrados de la etapa 1 de prototipado, el cual se somete a condiciones de uso reales en la etapa 5, se puede considerar un producto final.

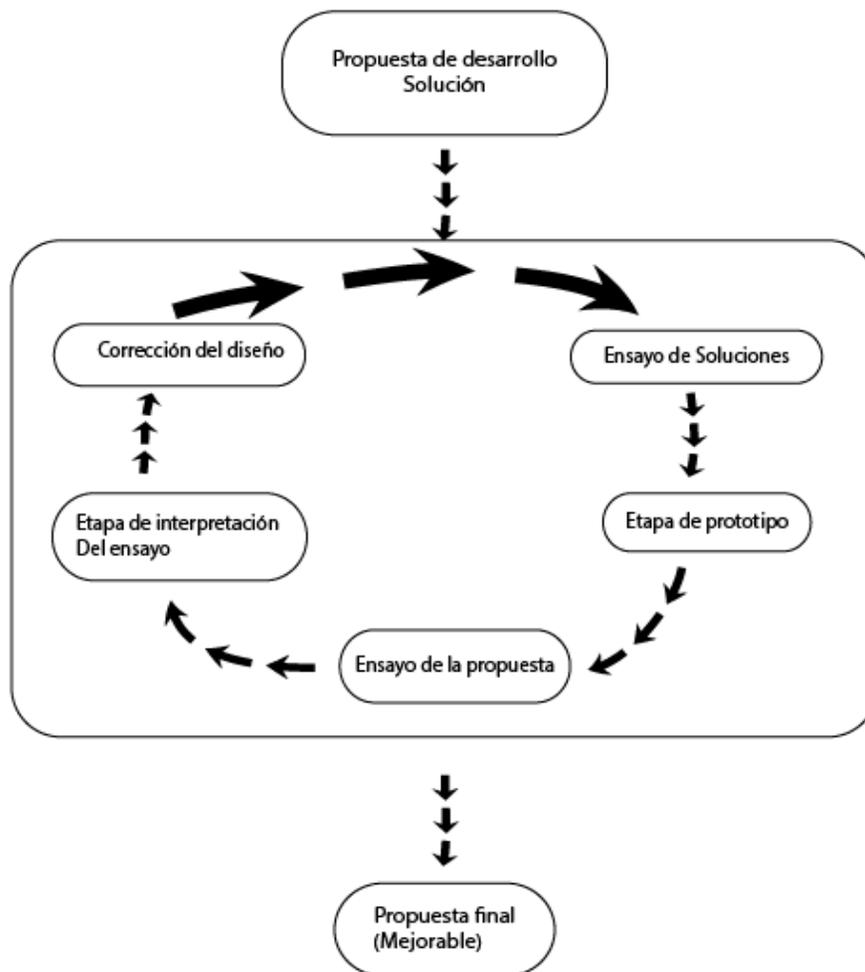


Figura IV.VII Pasos de la metodología tradicional con iteraciones.

Una vez realizada la selección y representación de la solución, se debe construir un prototipo, que por definición es el primero de su tipo, dicho prototipo para poder ser validado se traduce en construcción de la guitarra clásica de concierto con los materiales seleccionados y de manera tradicional por un laudero de Paracho.

1.8.4. Etapa 5 Valida.

El prototipo físico de la guitarra clásica de concierto, generado en la etapa anterior, es mostrado al usuario real para su uso, el usuario debe exteriorizar su opinión hacia el prototipo lo que permite aprender sobre lo que funciona y las posibles mejoras a la solución propuesta y definida en etapas anteriores.

El instrumento es sometido a una prueba de audio, generando grabaciones del sonido resultado del pulsar cada una de las 6 cuerdas al aire, es decir sin pisar ningún traste y se finaliza la grabación con un acorde. Este paso se repite con 3 guitarras distintas la primera se denomina "2L" es aquella guitarra común, esta se encuentra elaborada con varetas tipo torres, pero con materiales de calidad limitada y mano de obra en serie, la segunda guitarra se denomina "3T", es aquella guitarra realizada de manera artesanal por luthero experto, es una guitarra clásica de concierto con tapa de cedro y caja de rosa de la india, con sistema de varetas tipo torres. Por último, la guitarra denominada "1P" es la guitarra producto de esta investigación, elaborada de tapa de cedro y caja de rosa de la india.

La prueba se realiza en un estudio de música bajo las mismas condiciones, utilizando un micrófono omnidireccional, las grabaciones se ajustan a una frecuencia de muestreo de 48,000 fs. y 24 bits, durante esta prueba se recopilará información sobre los resultados prácticos de la propuesta de varetas de esta investigación.

1.9. Proyecto de inversión

La herramienta de proyecto de inversión permite la validación económica de la viabilidad del producto de la investigación, esta herramienta utiliza estudio de mercado de acuerdo al contexto definido en la etapa 1 de la metodología, el análisis del equipo de trabajo, poder adquisitivo y de préstamo del cliente, así como análisis de fondos gubernamentales para el cálculo del Retorno de inversión TIR y TREMA, al aplicar la herramienta de proyecto de inversión se generan resultados económicos que permiten visualizar la pertinencia económica del proyecto.

V. Resultados.

1.10. Etapa 1 Comprende.

Durante la etapa 1, los resultados radican en la definición del cliente al cual va dirigida la innovación, queda establecido de la siguiente manera:

Laudero de Paracho Michoacán, miembro de la Club de Laudero de Paracho Figura V.I, Dedicado a la construcción de guitarras clásicas de concierto de manufactura tradicional, uso de maderas especializadas pre-secadas como el Cedro, Rosa de India y Pinabeto, los clientes del laudero (usuario) son en su mayoría guitarristas profesionales con amplio conocimiento del instrumento, así como de un oído entrenado.

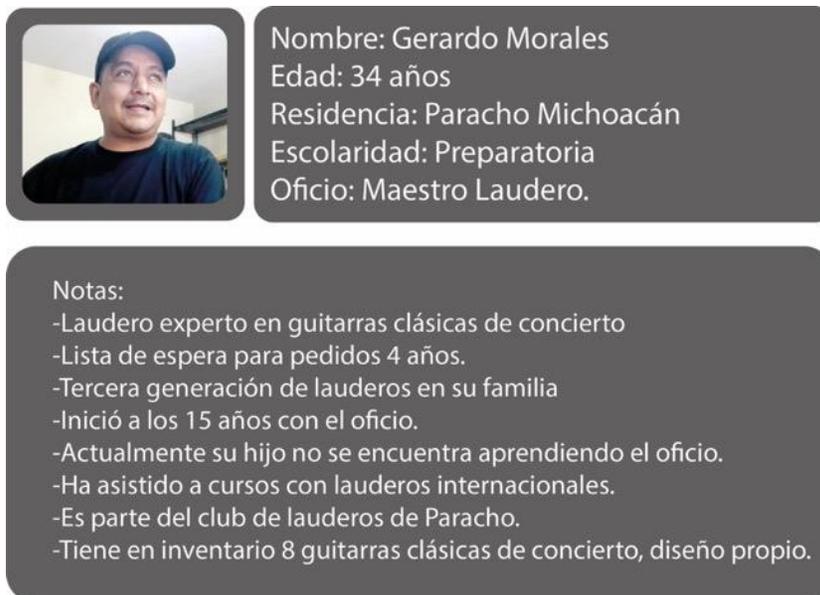


Figura V.I Fotografía a una etiqueta de la reconstrucción de una guitarra antigua, muestra los miembros del club de laudero en la región de Paracho Michoacán Fuente: Elaboración propia

El cliente (laudero) y usuario (guitarrista) se define mediante los descubrimientos o insights obtenidos en la aplicación de las herramientas Ideo cards y grupo de enfoque generando como resultado un usuario tipo o *buyer persona*, el desglose de estos resultados se desarrollan en el siguiente apartado.

1.11. Buyer persona.

El Cliente tipo, es un laudero descrito en la Figura V.II, el cual se caracteriza por su amplia experiencia en la construcción de guitarras acústicas de concierto y se encuentra dispuesto a implementar mejoras en el instrumento, desempeña su oficio en la región de Paracho Michoacán, el laudero cuenta con trabajo asegurado por 4 años sin embargo en su tiempo libre gusta de experimentar en el diseño de la estructura de la guitarra. Su abuelo y padre eran lauderos, se le da el título de “Maestro” ya que tiene completo dominio de la técnica para la elaboración de guitarras de concierto.



Nombre: Gerardo Morales
Edad: 34 años
Residencia: Paracho Michoacán
Escolaridad: Preparatoria
Oficio: Maestro Laudero.

Notas:

- Laudero experto en guitarras clásicas de concierto
- Lista de espera para pedidos 4 años.
- Tercera generación de lauderos en su familia
- Inició a los 15 años con el oficio.
- Actualmente su hijo no se encuentra aprendiendo el oficio.
- Ha asistido a cursos con lauderos internacionales.
- Es parte del club de lauderos de Paracho.
- Tiene en inventario 8 guitarras clásicas de concierto, diseño propio.

Figura V.II Tarjeta perfil laudero tipo, buyer persona. Fuente: elaboración propia

El usuario tipo, es un guitarrista descrito en Figura V.III se caracteriza por dedicar gran parte de su vida al estudio y ejecución de la guitarra clásica, es una persona con grado académico nivel Licenciatura como mínimo, este usuario ha viajado a diversas partes del mundo con apoyos económicos como becas resultantes de su labor como guitarrista profesional, esta amplitud en el panorama global los ha llevado a conocer distintos lauderos así como colegas con guitarras de concierto de gran calidad, el guitarrista mexicano así como los internacionales reconocen a Paracho como un lugar donde se puede encontrar guitarras de calidad a un costo accesible por lo que consideran que la calidad y el costo son adecuadas. Actualmente el guitarrista tipo tiene una guitarra de concierto elaborado por lauderos de Paracho Michoacán.



Nombre: Laura Chávez-Blanco
 Edad: 55 años
 Residencia: Querétaro Qro
 Escolaridad: Maestra en Artes
 Profesión: Compositora e Interprete

- Inició su carrera los 5 años con piano y a los 11 guitarra.
- A los 22 años inició el estudio formal en la Nacional de Música.
- Lic en Química, Lic. de composición.
- Su primera guitarra se la prestó su padre en la preparatoria.
- Mas de la mitad de su vida la ha dedicado a la guitarra.
- Estudia de 2 a 3 horas diarias.
- Beca Servia, Roma, 1 libro, 1 CD

Sus Guitarras.

- A los 18 años regalo una "Lopez54"
- A los 37 "Rubio de estudio"
- 2011 Las guitarras sufren un accidente, se cobra el seguro de las guitarras
- 2011 Jerónimo Zalapa.




Figura V.III Tarjeta perfil usuario, guitarrista tipo, buyer persona. Fuente: elaboración propia

1.12. IDEO CARDS.

Las Ideo cards que se desarrollan a continuación son etnografía rápida y análisis histórico y los cinco ¿Por qué?, estas herramientas son auxiliares en el entendimiento del laudero, su forma de construir e intereses en el medio, el guitarrista y lo que este busca en una guitarra de laudero.

1.12.1. Observa Etnografía Rápida- Laudero.

El desarrollo de la herramienta de etnografía rápida fue aplicado en Paracho Michoacán, se elabora un diario de observación disponible en el anexo

1.17 gracias al cual se pueden establecer las siguientes distinciones en cuanto al tipo de laudería de guitarra en la región:

- Existen distintos tipos de laudería que se desarrolla en Paracho Michoacán, los tipos de laudería se caracterizan por la clasificación de la guitarra que se construye.
 - **Método de construcción en serie, guitarra común, sus características son las siguientes:**
 - Se utilizan herramientas automatizadas como lijadoras, discos de corte, barrenadoras entre otras Figura V.IV.
 - Para doblar los costados de la guitarra lo hacen por el método tradicional o con prensas de calor. Figura V.V
 - La tapa acústica está elaborada con un contrachapado.
 - La fábrica más grande es “la española” fundada en 1920
 - Los materiales utilizados no son maderas especializadas ni pre secadas, las más utilizadas en guitarras de serie son pino, madera de aguacate y álamo importado.
 - Utilizan Resistol 5000 para el pegado de las guitarras.
 - El laudero trabaja en una fábrica, donde producen aproximadamente 240 guitarras al día.
 - El modelo de la guitarra es estándar, el cual varía dependiendo de la casa del constructor. Figura V.VIII
 - Los rosetones son impresiones que se transfieren por calor.
 - No existe lista de espera y las guitarras se encuentran disponibles en la tienda oficial de guitarra de Paracho.

- Las guitarras tienen denominación de origen, siempre y cuando el taller este registrado con la asociación de lauderos de Paracho.
- Las guitarras son embolsadas y colgadas del techo para ser exhibidas. Figura
- El sistema de varetas es parcial ya que la tapa acústica está elaborada con contrachapado y no requiere soporte extra.
- No se requiere experiencia para iniciar la capacitación técnica para la construcción de la guitarra común.
- Método de aprendizaje de acuerdo de la tarea específica, taladro, doblado etc. Figura
- Edad de iniciación en el oficio promedio 15 años.



Figura V.IV Fotografía de máquina para la elaboración de contrachapado. Fuente: Taller la Española Paracho Michoacán

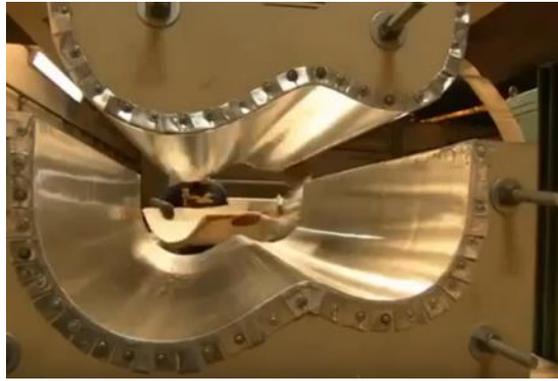


Figura V.V. Fotografía de prensa para doblado de madera. Fuente: Taller la Española Paracho Michoacán



Figura V.VI Fotografía de la elaboración del mástil en masa. Fuente: Taller la Española Paracho Michoacán.



Figura V.VII Fotografía que, ejemplifica a cada trabajador con su respectiva tarea. Fuente: Taller la Española Paracho Michoacán



Figura V.VIII Ensamble tapa acústica con abanico similar a las torres, ensamble en serie. Fuente: Taller en serie Paracho Michoacán.



Figura V.IX Fotografía de guitarras siendo exhibidas en una tienda de Paracho Michoacán. Fuente: Elaboración Propia

- **El Método tradicional para construir guitarras clásicas de concierto tienen las siguientes características:**
 - Uso de herramientas manuales, limitado el uso de auxiliares como herramientas automáticas.Figura V.X
 - Uso de dobladoras cilíndricas de resistencia.

- Pegamentos base agua
- Uso de Plantillas como auxiliar en la construcción.Figura V.XI
- Los planos que utilizan son antiguos escala 1:1 hechos a lápiz.Figura V.XII, Figura V.XIII
- Elaboración de rosetón y detalles de manera artesanal, este proceso puede durar hasta una semana.Figura V.XIV
- Uso de maderas pre secadas como cedro, rosa de india, rosa de Brasil y pinabeto. Figura V.XV
- La elaboración de la guitarra es de entre 3 y 6 meses.
- Los lauderos tienen una lista de espera de mínimo 4 años.
- Los lauderos adquieren sus conocimientos por herencia, es decir al desempeñarse en el oficio por generaciones.
- Para la capacitación de estas técnicas se requieren conocimientos previos en construcción de guitarra o laudería.
- Actualmente los lauderos tienen mínimo 3 generaciones en la profesión.
- Han recibido o asistido a cursos de Maestros lauderos de talla Internacional. Figura
- Cada guitarra terminada es meticulosamente tratada, se evita que se golpee, raye o dañe, se guardan en un mostrador de vidrio. Figura
- Las guitarras que elaboran entran en la categoría de guitarras clásicas de concierto.
- Las guitarras se elaboran son bajo pedido a especificación.

- Los lauderos también ofrecen el servicio de reparación donde le dan un mantenimiento integral al instrumento que ellos crearon.
- Método de aprendizaje guiado por Maestro laudero.
- Adaptación de diseño de manera heurística.
- Edad de iniciación en el oficio promedio 15 años



Figura V.X. Fotografía Taller Laudero de guitarra clásica de concierto de la región de Paracho Michoacán. Fuente: Elaboración Propia



Figura V.XI Fotografía de Plantilla auxiliar para el posicionamiento durante el Ensamble. Fuente: elaboración propia



Figura V.XII Etiqueta Morales de Paracho Michoacán, sello del plano. Fuente Elaboración Propia.

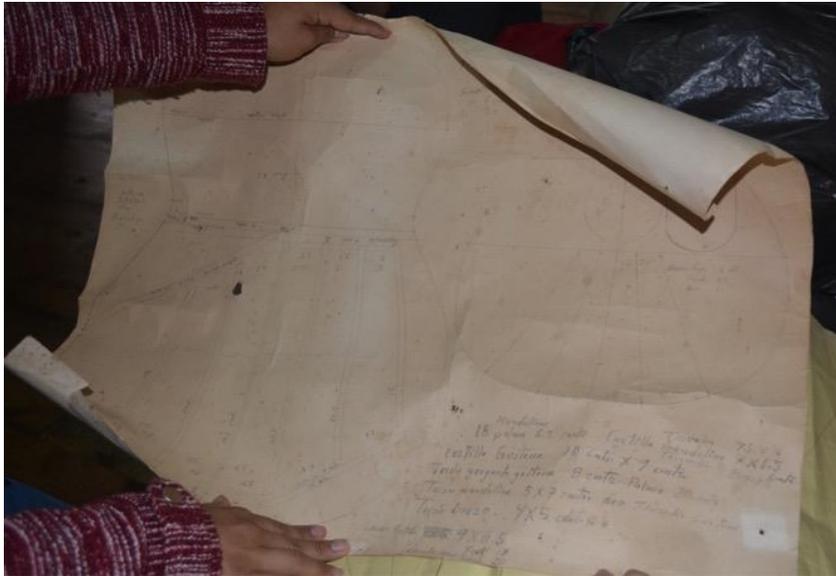


Figura V.XIII Fotografía de plano escala 1:1 de la tapa acústica y el sistema de varetas. Fuente: Elaboración propia.



Figura V.XIV Detalle de rosetón elaborado a mano por pequeñas tablillas de madera. Fuente: Elaboración Propia.



Figura V.XV Maderas especializadas de diferentes dimensiones para diversas aplicaciones en la construcción de la guitarra clásica de concierto de Paracho Michoacán. Fuente: Elaboración propia.

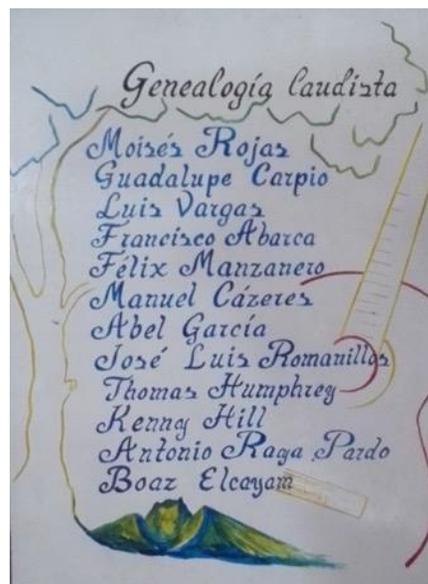


Figura V.XVI. Nombre de los lauderos de guitarra clásica que han ido a Paracho a impartir talleres.



Figura V.XVII. Guitarras clásicas de concierto en Paracho Michoacán, Taller de la familia Morales exhibidas en vitrina. Fuente: Elaboración propia.

1.12.2. Observa Etnografía Rápida- Guitarrista profesional.

La tarjeta etnografía rápida se aplicó en el guitarrista profesional, elaborando un diario de observación disponible en el anexo 0, se establecen los siguientes puntos:

- El guitarrista profesional tiene su instrumento en un estuche duro.
- Dentro del estuche existen bolsas para humedad.
- Se nota preocupado por climas extremos muy secos muy húmedos.
- La guitarra tiene una laminilla transparente en la tapa la cual utilizan mientras practican.Figura V.XVIII
- El protector que utilizan se despega en conciertos ya que este interfiere con el sonido deseado.

- Practican mínimo 2 horas diarias.
- Consideran a Paracho como un buen lugar para adquirir un instrumento.
- Los instrumentos nuevos, no son sometidos a conciertos de manera inmediata, el guitarrista espera a que este “afloje” antes de presentarla en un concierto.
- La guitarra afloja al usarla.
- Las guitarras que mandan reparar requieren cambio de barniz y ajuste de máquina.Figura V.XIX
- El músico tiende a buscar un sonido distintivo en el instrumento, lo prueba antes de comprarlo.Figura V.XX



Figura V.XVIII Imagen del Protector de guitarra, elemento a la derecha de las cuerdas. Fuente: Cuerdasguitarra



Figura V.XIX Guitarra Clásica de concierto en estuche duro, entregada al laudero para mantenimiento
Fuente: Elaboración propia.



Figura V.XX Guitarrista afinando y probando guitarra clásica de concierto en Paracho Michoacán.
Fuente: Elaboración Propia

1.12.3. Grupo de enfoque - Entrevista experto

La herramienta, grupo de enfoque, fue modificada a un proceso de entrevista y seguimiento de compra de una guitarra clásica de concierto, debido a que no fue posible congregar una muestra representativa de músicos profesionales en la guitarra clásica de concierto, El manual de grupo de enfoque que se encuentra en el anexo 1.19 fue utilizado para guiar las entrevistas, aun cuando la investigación está dirigida a la guitarra clásica de concierto y su elaboración por lauderos de Paracho Michoacán, se requieren datos del usuario de la guitarra como complemento al investigar un poco sobre sus hábitos de compra y el la cantidad de dinero destinado a la guitarra clásica de concierto, esto para poder elaborar más adelante un proyecto financiero para el laudero tomando en consideración a los usuarios.

El estudio se realiza en Paracho Michoacán el día 6 de agosto 2016, los sujetos de investigación son profesionales de la música, Maestros en Música o similares, todos cuentan con experiencia profesional de concierto de más de 2 años, así como experiencia internacional.

La dinámica toma lugar durante el proceso de compra y visita a distintos talleres de guitarras, en las cuales cada músico afina, prueba y analiza cuidadosamente una guitarra.



Figura V.XXI Guitarristas en el Taller morales, análisis proceso de compra presencial. Fuente: Elaboración propia.

Durante la dinámica una guitarra fue adquirida, por un intérprete con una necesidad apremiante de una guitarra de respaldo, en caso que no llegara la que ordeno en línea, se deja una guitarra en tentativa de compra en un plazo de 4 semanas, tiempo suficiente para que la guitarra que el laudero se encontraba construyendo, se terminara y con la esperanza de que esta sea mejor a la que se dejó en tentativa de compra.

Los elementos relevantes de esta actividad son:

- Los guitarristas compran su guitarra en Paracho Michoacán con un laudero recomendado por otros guitarristas.
- Los guitarristas de internacionales tienen un laudero por excelencia cerca de la región donde residen.

- La guitarra se elige por los siguientes factores, en orden de relevancia, marca, laudero, sonido, material. Figura V.XXII
- Dentro de las características sonoras que el músico busca en la guitarra clásica de concierto en orden de relevancia son, grado de variación del timbre, ataque, timbre, proyección. Figura V.XXIII
- El abanico o sistema de varetas es desconocido en detalle para el guitarrista, este confía en el trabajo de su laudero.
- La calidad en el sonido de la guitarra, es subjetiva al entrenamiento auditivo y experiencia del guitarrista, así como la música que este interpreta.
- El guitarrista prueba la guitarra antes de comprarla.
- El guitarrista en Paracho Michoacán evita exteriorizar el disgusto al instrumento que prueba, en su lugar justifica la falta de un sonido agradable al tipo de cuerdas, barniz, color o cualquier otra característica de la guitarra para no comprar el instrumento.
- El guitarrista establece un vínculo, en el cual el guitarrista mantiene una relación cordial y positiva con el laudero, para casos de emergencia en el cual su guitarra requiera ajuste o reparación no agendada.
- Las guitarras de Paracho son predilectas por los músicos por su calidad, costo y disponibilidad.
- Los músicos compran guitarras en línea Figura V.XXIV, no las prueban, pero existen video demostraciones y el instrumento cuenta con garantía de satisfacción.

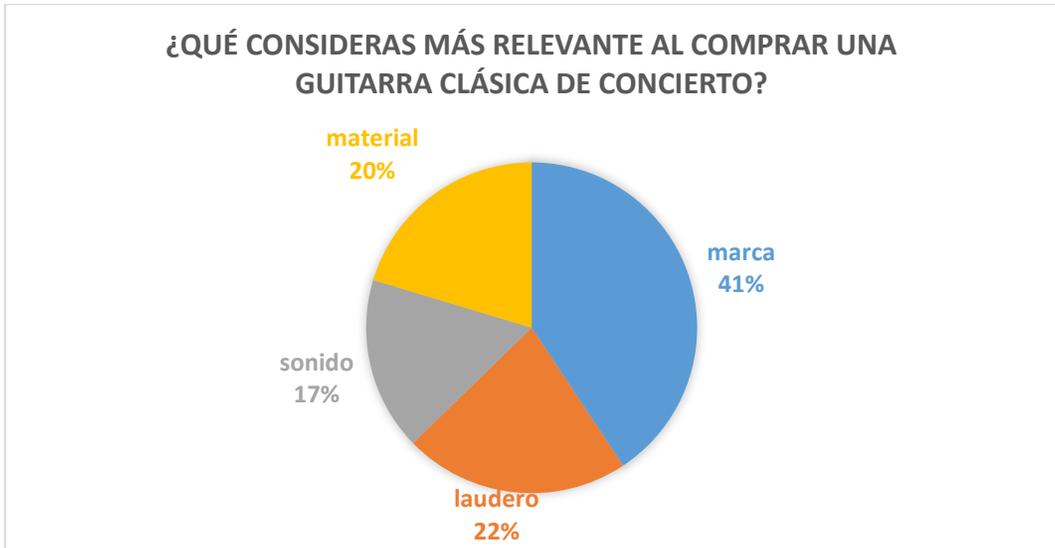


Figura V.XXII Representación gráfica de las respuestas en entrevista, Relevancia característica de compra. Fuente: Elaboración propia

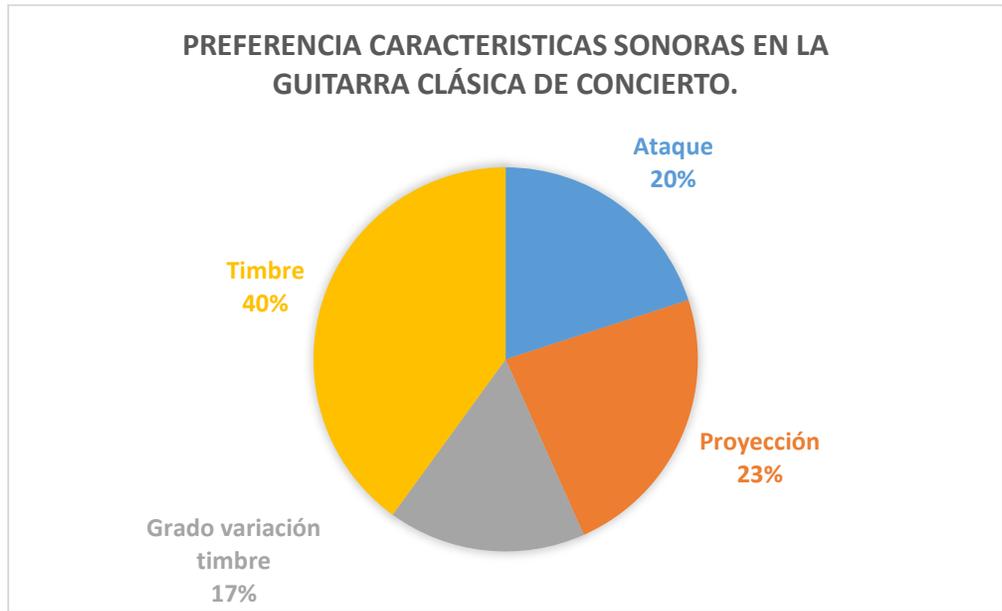


Figura V.XXIII Representación gráfica de las respuestas en entrevista, preferencias características sonoras. Fuente: Elaboración Propia

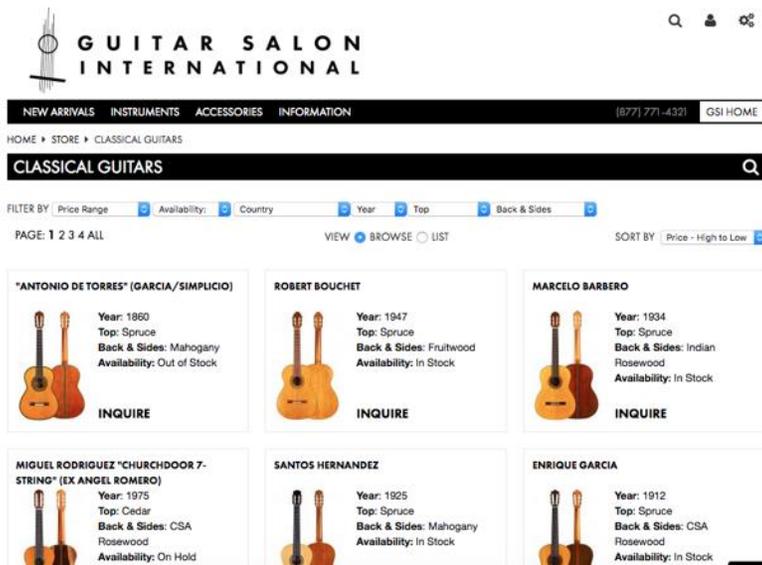


Figura V.XXIV Copia pantalla de la interface de compra de Guitar Salón, tienda online predilecta para guitarras clásicas de concierto. Fuente: Guitar Salon

1.13. Etapa 2 Diverge.

Durante la etapa 2, después de haber comprendido el proceso de compra del usuario el guitarrista clásico, se realizó el proceso de benchmarking, donde se buscaron solamente guitarras que compartan características ya sean de región o por material de construcción obteniendo resultados interesantes en cuanto a la importancia del renombre del laudero, los medios elegidos son tiendas especializadas, en línea y directo en páginas de laudero, el desarrollo así como tablas comparativas de las guitarras se pueden encontrar en la sección 1.13.1 de este capítulo.

Durante el proceso diverge se realizó una búsqueda de patentes relacionadas con la mejora en las características del sonido en la guitarra, se encontró que existen alternativas registradas como patente sin embargo estas no

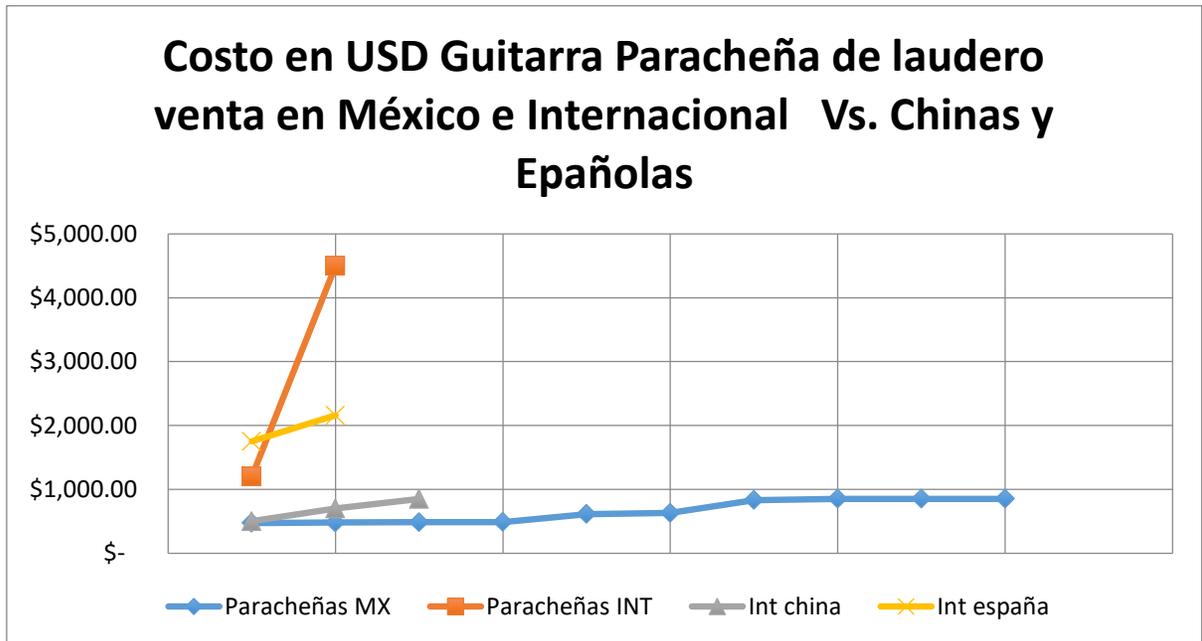
son viables mediante el método de manufacturas o materiales tradicional ya que utilizan métodos de manufactura con materiales mixtas o realizan modificación que salen del concepto de guitarra clásica de concierto, esta tabla de patentes se puede analizar en la sección 1.13.2 de este capítulo.

1.13.1. Benchmarking

En la gráfica a continuación se puede apreciar que las guitarras de Paracho que se venden en tiendas Mexicanas están por debajo de las chinas y las españolas, aun cuando las guitarras están elaboradas con los mismos materiales y técnica tradicional, según expertos las guitarras Paracheñas cuentan con un sonido igual o mejor las chinas o españolas sin embargo no son reconocidas a nivel nacional, por otro lado las guitarras que tienen presencia internacional por la venta en línea tienen un costo considerablemente más alto que las chinas o las españolas que se venden en línea, esto debido al renombre del laudero.

El estudio de mercado es un indicador que las guitarras de Paracho requieren un diferenciador que destaque sus cualidades y haga destacar el valor agregado de las guitarras que se elaboran en Paracho Michoacán.

Tabla V-I. Comparativa de los costos de guitarras elaboradas en Paracho de venta nacional e internacional V.S Españolas y Chinas.

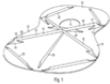


1.13.2. Tabla de patentes.

La búsqueda de patentes se comenzó ya que se requería saber lo que se hacía en otras partes del mundo, sin embargo los cambios para la mejora en el sonido de la guitarra que se encuentran patentados no son sobre varetas que puedan ser construidas de manera artesanal o que respeten la geometría aceptada como clásica en la guitarra, sin embargo este estudio ayudo a comprender la importancia del secreto industrial, siendo este el método de la primera alternativa para la protección del diseño de los laudero a nivel internacional, la segunda alternativa es la patente internacional, continuación en la Tabla V-II, se observan las características más significativas que abarcan desde la modificación de la geometría, materiales compuestos hasta el cambio de

posición de la boca de la guitarra, cada una de estas modificaciones patentadas cumplen con el objetivo de modificar la calidad del sonido de la guitarra. Podemos concluir que existen patentes relacionadas con modificaciones en la tapa acústica, pero ninguna cumple con el objetivo que tiene esta investigación así que se tienen solo de referencia.

Tabla V-II .Tabla de patentes relacionadas con la modificación de la guitarra clásica.

Numero de registro	Pais	Año	Autor	Descripción		
US4320684 A	USA	1982	Bozo Podunavac	pieza de plástico moldeado para la caja acústica la cual pretende mejorar el tono y proyección de la guitarra acústica un bajo costo , ya que en esa pieza se simplifique la fabricación y por el material se reduce el costo por mantenimiento		
US6166308 A	USA	2000	Mitchell Lam	es un sistema de abanico el cual cuenta con piezas gruesas pegada solo de los extremos y algunas en cantilever lo que permite que la tapa vibre con mas libertad, este sistema de abanico va acompañado de una tapa acústica mas gruesa la cual compensa en conjunto compensan la función estructural de la guitarra		
US 20080028910 A1	USA	2008	Hubert Michael Shellhammer	sistema de varetas suspendido el cual permite que la tapa vibre mas libremente teniendo como resultado una mejor proyección y aumento de volumen,		
PCT/IL2010/000390	Israel	2010	Tamir Friedmann	sistema de varetas, diseñado para mejorar la respuesta a las diversas frecuencias de las cuerdas, tomando la mayor energía de cada una aumentando el ataque, timbre y proyección.		
US4079654 A	USA	1978	Michael Kasha	sistema diseñado para proteger la tapa acústica de las fuerzas resultantes de las cuerdas en el puente, lo que ayuda a la transición de fuerzas a la tapa		
US5661252 A	usa	1996	Kazimierz Marian Krawczak	el sistema hace posible la vibración de la tapa acústica en generando un sonido mas libre el la tapa acústica, teniendo un tono claro , aumenta la proyección reduce la tensión de las cuerdas en la tapa.		
US7268280 B2	usa	2007	Mathew A. McPherson	sistema tridimensional de varetas, que aumenta resistencia y reduce el peso de la guitarra, la tapa es reforzada por este sistema		

1.14. Etapa 3 Decide

Durante la etapa de decide se realizó una tabla de requerimientos la cual se separa en todas aquellas características de la guitarra que se buscan, para lograr

un diferenciador sonoro y establecer límites en las propuestas a desarrollar en la Tabla V-III se pueden apreciar los requerimientos de función que son básicamente todos aquellos que tienen que ver con la producción del sonido de la guitarra, las frecuencias por nota esperadas y el comportamiento armónico de una guitarra clásica de concierto.

Tabla V-III Requerimientos de función en la guitarra clásica de concierto.

	concepto	Fecha	R/D	Descripción
Función	Captar y Proyectar a un nivel audible 18DB las ondas generadas por la percusión de las cuerdas.	01/06/16	R	al percutir las cuerdas se genera una vibración ondulatoria la cual genera cambios de presión en el cuerpo de la guitarra generando sonido
	Las frecuencias a analizar deben estar en el rango de entre 100Hz y 1000Hz por cuerda percutida	01/06/16	R	el rango de frecuencias por cuerda percutida debe de ser en el rango de 100Hz y 1000Hz lo que da identidad al instrumento Guitarra
	Vibración homogénea/simétrica de la tapa.	01/06/16	R	vibración simétrica de la tapa la cual prolonga el uso de la energía liberada por la percusión de la cuerda, lo cual afecta a la resonancia total de la guitarra y otorga un sonido característico
	la frecuencia para la nota mi debe de ser de 329.6 Hz	01/06/16	R	el tono se da por la frecuencia de las cuerdas, lo que otorga identidad al instrumento
	la frecuencia para la nota la debe de ser de 110 Hz	01/06/16	R	el tono se da por la frecuencia de las cuerdas, lo que otorga identidad al instrumento
	la frecuencia para la nota re debe de ser de 146.8 Hz	01/06/16	R	el tono se da por la frecuencia de las cuerdas, lo que otorga identidad al instrumento
	la frecuencia para la nota sol debe de ser de 196 Hz	01/06/16	R	el tono se da por la frecuencia de las cuerdas, lo que otorga identidad al instrumento
	la frecuencia para la nota si debe de ser de 246 Hz	01/06/16	R	el tono se da por la frecuencia de las cuerdas, lo que otorga identidad al instrumento
	la frecuencia para la nota mi debe de ser de 82.4 Hz	01/06/16	R	el tono se da por la frecuencia de las cuerdas, lo que otorga identidad al instrumento
	tapa acústica debe soportar la tensión de las cuerdas en reposo (50-60 Kg.)	01/06/16	R	es la tensión de las cuerdas de la guitarra clásica (6 cuerdas), la tapa acústica debe de soportar esta tensión para su correcto funcionamiento

	la tapa acústica debe tener una boca de guitarra en el el lugar y diámetro indicado por las reglas de fabricación tradicional (factor dado no se puede cambiar)	14/06/16	R	la función de la boca es eliminar armónicos no deseados, dicha boca no puede sufrir cambios de posición ni tamaño ya que esto alteraría el timbre de la guitarra.
	proyección 15 metros	14/06/16	D	las salas de concierto de las
	producción de una octava con respecto a la cuerda al aire (frecuencia por cuerda)	14/06/16	R	la tapa debe responder con una octava respecto al sonido de la cuerda al aire (pisando el traste 12 o a su equivalente)
	respuesta de producción de armónicos cuando se ejecuten los trastes 5,7,12,19	14/06/16	R	son los únicos lugares para producir armónicos, la tapa responde a un rango de frecuencias antes de los 196 Hz
	el sonido de onda propagada por una de las 6 cuerdas percutida al aire en tapa acústica tiene una duración al menos 2 segundos	14/06/16	R	la propagación de la onda y su tiempo de vida en la tapa acústica determinan el ataque (momento en donde el sonido tiene mas fuerza) y en conjunto con la caja acústica se logra el "sustraen", por lo que al mejorar las características en la tapa en conjunto con los distintos resonadores amplifica y mejora el balance y proyección de las notas.
	la tapa acústica debe soportar sin romperse a la contracción y relajación del puente armónico (40 kg)	14/06/16	R	el puente armónico tiene la función de mantener las cuerdas en tensión y lugar, pulsar las cuerdas este se activa con un movimiento mecánico de palanca hacia arriba y hacia abajo siendo el mismo elemento el eje.
	la tapa acústica debe responder a las características de instrumento cordofonos (cordal y puente juntos)	14/06/16		
	la tapa acústica debe deformarse a frecuencias fijas antes de sol3 (entre 180 y 196HZ)	14/06/16	R	frecuencias mayores a 196HZ tienen nula o poca respuesta en la tapa superior.
	la tapa acústica debe responder a deformaciones después de los 196 Hz a los 230hz	14/06/16	D	si se logra tener una deformación considerable y homogénea en estas frecuencias, la guitarra esta amplificando sus bajos en la tapa acústica logrando un mejor ataque y sustraen,

	la tapa acústica en conjunto con los resonadores que componen la guitarra debe proyectar el sonido a 15 mts de distancia a al menos 20 dB sin el uso de tornavoz	14/06/16	R	El tornavoz aumenta la proyección sin embargo, este elemento no es de madera lo que requiere un nivel de especialización mayor el cual sale del área de conocimiento del laudero .(are de construcción de instrumentos viento de metal)
--	--	----------	---	--

En la tabla Tabla V-IV se especificaron los materiales deseables para usar en la guitarra, la importancia de esa sección radica en la compatibilidad de los materiales usados con el método tradicional, así como evitar el cambio de las geometrías básicas de la guitarra clásica de concierto, el usuario de nuestro cliente fue quien fijo los materiales ya que las guitarras de concierto son elaboradas bajo especificación.

Tabla V-IV Requerimientos de material en la guitarra clásica de concierto.

	Concepto	Fecha	R/D	Descripción
Material	la tapa debe de ser de cedro	14/06/16	R	el cedro es la madera que se utiliza en Paracho Michoacán así como en otras partes de Europa, el material está vinculado con el recurso económico disponible, es una madera blanda la cual permite el incremento del "sustraen" tanto en notas altas como en bajas.
	La caja debe de ser de Pinabeto (20 años)	14/06/16	R	El Pinabeto es una de las maderas disponibles en el área, es de la mejor calidad disponible, ya que la madera requiere un secado de mínimo 20 años, el pinabeto cuenta con las características físicas equivalentes a rosa de la india y rosa de Brasil.
	Rosa de la india (20 años)	14/06/16	D	a reserva de disponibilidad
	Rosa de Brasil (20 años)	14/06/16	D	a reserva de disponibilidad.
	las varetas deben ser del mismo material que la tapa acústica	14/06/16	R	el cedro es el material para la construcción de las varetas de guitarra, se evita el uso de materiales compuestos ya que el timbre de la guitarra lo dan las maderas.

dimensiones	la guitarra debe de ser de dimensiones, estándar clásicas (475mm tamaño caja acústica, diapasón 450mm) tamaño de base a final del clavijero 1010mm	14/06/16	R	la guitarra clásica tiene dimensiones específicas ya que el instrumento se basa en conjunto de resonadores, este trabajo de investigación elimina variables al apegarse a las dimensiones básicas.
Fabricación	La tapa acústica debe ser cortada de manera simétrica de la misma hoja tomando como eje perpendicular a las vetas	14/07/16	r	la tapa acústica debe ser simétrica, así como mantener un espesor uniforme a 3mm, la madera al ser un material anisótropo, se considera el uso de las vetas de forma paralela a la posición de las cuerdas, para asegurar cumplir con el requisito de función (soportar fuerza de las cuerdas).
	uso de herramientas manuales	15/07/16	r	se utilizan herramientas manuales ya que con estas se evita el desperdicio de material
	el doblado de arco debe ser de manera tradicional con un doblador de aros.	16/07/16	r	Consistente en un tubo de aluminio de sección oval en el que se aloja una resistencia gradual en temperatura mediante un potenciómetro manipulable en la parte frontal, el doblado debe ser con la menos humedad, por lo que se recomienda realizar el doblado lo más rápido posible ya que el calor y humedad son los principales elementos de envejecimiento de la madera, de trabajo mediante sargentos.
	la tapa acústica se corta con sierra de marquetería	17/07/16	r	se recomienda el uso de sierra de marquetería con una cuchilla o sierra de
	uso de plantilla para el trazado de la tapa acústica	18/07/16	r	la plantilla debe de contener el posicionamiento de la boca, varetas y

Una vez establecidos los requerimientos se realizan experimentos con la tapa acústica a diferentes frecuencias para documentar e identificar los patrones que se tienen por nota según la cuerda pulsada al aire de la guitarra Figura V.XXV, el experimento se realizó en una tapa acústica de guitarra clásica con varetas tipo torres como se puede ver Figura V.XXV, se utilizó este sistema de varetas ya que es el más estudiado. La relevancia de este experimento radica en comparar los resultados obtenidos de manera virtual con los físicos, lo que convierte esta prueba como un experimento de *set up*.



Figura V.XXV Ejemplo de un patrón adquirido en el experimento de Setup



Figura V.XXVI Sistema varetas tipo Torres utilizado en el set up.



Figura V.XXVII Muestra de patrones en guitarra ensamblada.

Una vez concluida la experimentación con el modelo físico de la tapa de la guitarra se modeló una tapa acústica tipo torres en Solid Works Figura V.XXVIII, la cual se somete a la misma experimentación, pero utilizando el software Ansys el cual se alimenta con los parámetros establecidos por el modelo matemático propuesto en el capítulo III sección 1.5, por el Dr. Gorrostieta, el software de Ansys se alimenta de información según la guitarra que se desea construir y se busca que los patrones sea iguales a los identificados en el experimento físico, se ajustan los parámetros hasta tener el resultado deseado.



Figura V.XXVIII Muestra de la modelación varetas tipo torres en SolidWorks.

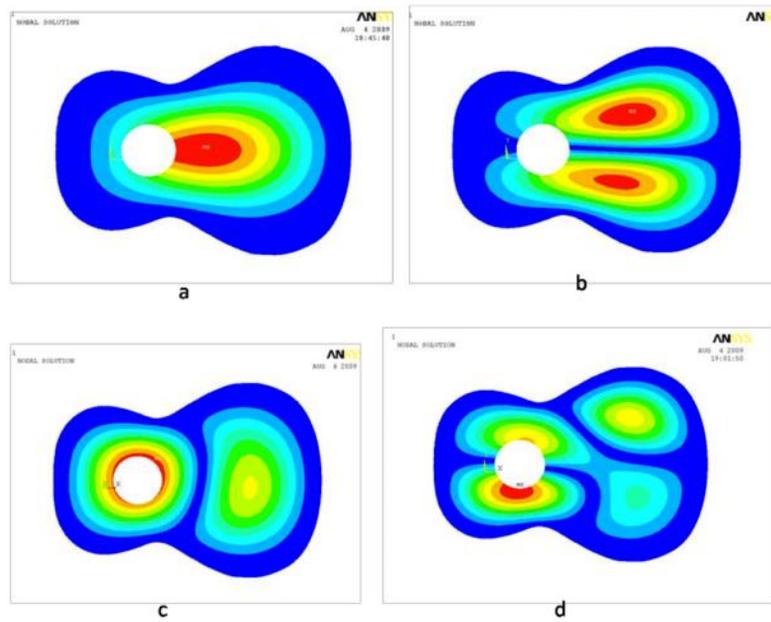


Figura V.XXIX Análisis de la tapa acústica en Ansys. a) 193.8 Hz, b) 306 Hz, c) 360 Hz (0,2), d) 552 Hz (2,0). Fuente: (Gorstieta, 2012).

En paralelo al proceso de *setup* se llevó a cabo una serie de bocetajes de nuevas propuestas para las varetas de la guitarra clásica de concierto, teniendo en cuenta los requerimientos establecidos en capítulos anteriores.

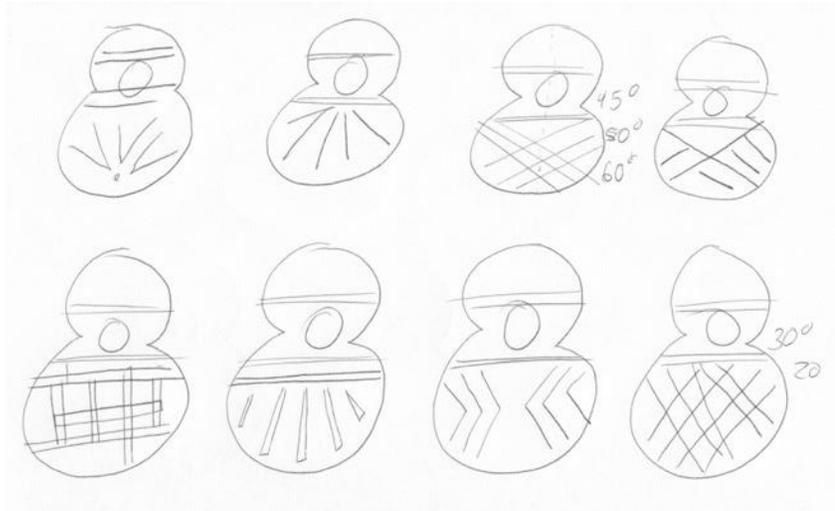


Figura V.XXX Ejemplo de boceto para el desarrollo de propuesta

Se eligen los bocetos que cumplen con los procesos de manufactura de Paracho Michoacán y se genera el modelo tridimensional en Solid Works como los que se muestran en la Figura V.XXXI, estos modelos se prueban bajo los mismos parámetros que se establecieron en Ansys en la etapa de set up iniciando el proceso de iteración de propuesta. Se mejora e itera hasta obtener el modelo final.



Figura V.XXXI Muestra de algunas propuestas de varetas generadas en Solid Works Fuente: Elaboración Propia

La propuesta que se elige por su desempeño es la que se muestra en la Figura V.XXXII, para dicha propuesta se elabora un plano general acotado y uno escala 1:1 sin cotas debido a que los lauderos de Paracho con el que se trabaja para la elaboración del prototipo funcional acostumbra trabajar con plantillas a esta escala y plantillas, el seguimiento de la manufactura fue cercana ya que es importante las geometrías establecidas en la propuesta se respeten.

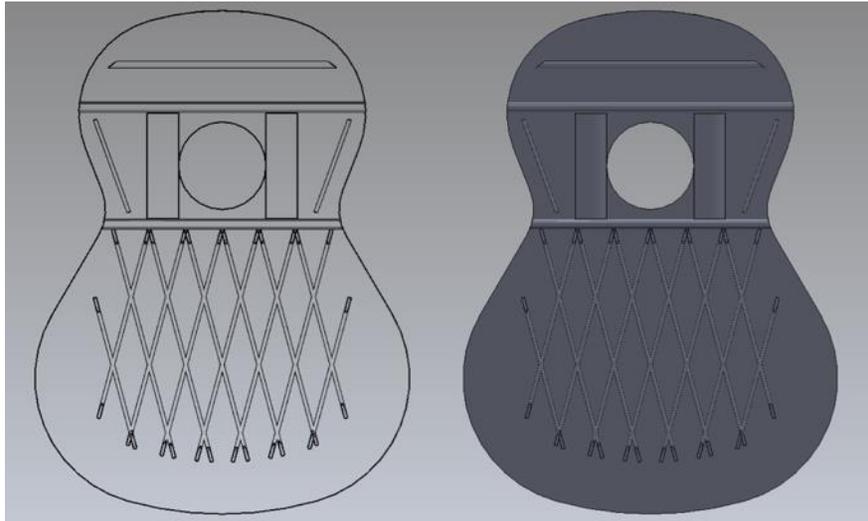


Figura V.XXXII Propuesta final de varetas para guitarra clásica de concierto.

Parte fundamental del proceso del prototipo es monitorear el armado, para asegurar se respeten las geometrías, se documentó desde el proceso de empalme para la tapa acústica y caja como se muestra en la Figura V.XXXIII, el acomodo y prensado de la tapa acústica como se ve en la Figura V.XXXIV y Figura V.XXXV hasta el barnizado.



Figura V.XXXIII Fotografía ensamble caja acústica en taller de laudero en Paracho Michoacán



Figura V.XXXIV Seguimiento de la elaboración de propuesta de varets en taller de laudería



Figura V.XXXV Fotografía del proceso de pegado de varetas modelo propuesto



Figura V.XXXVI Fotografía de la preparación del clavijero.



Figura V.XXXVII Fotografía del ensamble de los trastes.



Figura V.XXXVIII Fotografía guitarra clásica barnizada.

Una vez que se concluida la elaboración de la guitarra se entrega a un guitarrista clásico para que la use y por medio de las vibraciones naturales del uso se afloje.

1.15. Etapa 5 Valida.

La etapa de validación en esta investigación da lugar a la comprobación entre la teoría, es decir los modelos virtuales y las simulaciones, así como la practica una comprobación con la guitarra clásica de concierto elaborada con la propuesta de varetas de esta investigación en la región de Paracho Michoacán.

Para realizar una validación se eligieron 3 guitarras, las cuales fueron grabadas con un micrófono omnidireccional en un estudio de grabación el mismo día bajo los mismos parámetros, con una frecuencia de muestreo de 4800 y 24 bits por muestra Figura V.XXXIX, una vez obtenidas las grabaciones se procesó el audio en Matlab separando las muestras por nota, desde donde se escucha la cuerda pulsada al aire hasta 4 segundos después, lo que nos permite estandarizar la muestra.



Figura V.XXXIX Fotografía del micrófono omnidireccional y las guitarras siendo probadas en el estudio.

Es importante destacar que la guitarra por naturaleza inicia en la 3 era octava, la nota “mi” alcanza a estar dentro las 4 octavas, por lo que se encuentra en la sexta y primera cuerda.

Mi						1ª cuerda (más fina)
Si						2ª cuerda
Sol						3ª cuerda
Re						4ª cuerda
La						5ª cuerda
Mi						6ª cuerda (más gruesa)

Figura V.XL Relación de cuerdas y notas en la guitarra la guitarra clásica de concierto.

La generación de un sonido de calidad radica en la generación de armónicos, de cómo la guitarra capta y distribuye las ondas en forma de sonido, en el experimento se grabaron los sonidos de 3 guitarras 1P, nombre asignado a la guitarra con el modelo de varetas propuesto durante esta investigación, su construcción es de método tradicional por un laudero de guitarra clásica de concierto; 2L, es el nombre de la guitarra leña o guitarra común comercial con varetas tipo torres de construcción en serie; 3T es una guitarra de concierto elaborada por laudero de Paracho Michoacán utilizando el sistema de varetas tipo Torres.

En el software de Matlab se decidió utilizar la relación entre amplitud y frecuencia para corroborar la armonía del instrumento. Para corroborar los armónicos generados y sus complementos se comparó la cuerda 1 y 6 siendo ambos la nota MI, esto nos permite ver que tan armónica es una guitarra comparada con sí misma y generar un punto de inicio de comportamiento como se ve en la Figura V.XLI

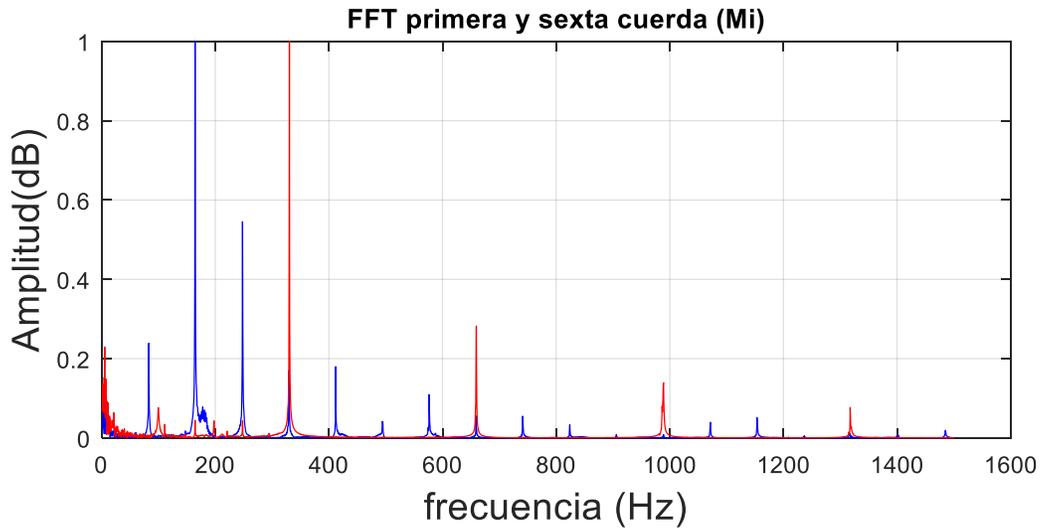


Figura V.XLI Comparación primera y sexta cuerda en la guitarra 1P.

En la gráfica donde se compara la primera y la sexta cuerda se aprecia la relación de amplitud y la frecuencia en donde está la frecuencia fundamental de la cuerda pulsada al aire, durante el análisis de esa grafica se puede apreciar que se dan armónicos en su la octava de la cuerda pulsada al aire y sus frecuencias en relación con su 5ta, 3eras, es de ahí donde se basan las teorías de armonía que se muestra en la Tabla III-I.

Tabla V-V Frecuencia de notas musicales.

FRECUENCIA DE NOTAS MUSICALES								
NOTAS (HERTZ)	1	2	3	4	5	6	7	8
C	32	65	130	261	523	1046	2093	4186
C#	34	69	138	277	554	1108	2217	4434
D	36	73	146	293	587	1174	2349	4698
D#	38	77	155	311	622	1244	2489	4978
E	41	82	164	329	659	1318	2637	5274

F	43	87	174	349	698	1396	2737	5587
F#	46	92	185	370	739	1479	2959	5919
G	49	98	196	392	784	1568	3136	6272
G#	52	104	208	416	830	1661	3322	6644
A	55	110	220	440	880	1760	3520	7040
A#	58	116	233	466	932	1864	3728	7456
B#	61	123	246	493	987	1974	3948	7896

A continuación, se compran las gráficas de amplitud y frecuencia de las cuerdas de manera individual por guitarra. Es decir, la primera cuerda de la guitarra 1P, 2L y 3T, la segunda cuerda de la guitarra 1P, 2L y 3P y así sucesivamente para las 6 cuerdas.

Analizando el comportamiento de la 6 ta cuerda en la Figura V.XLII se pude interpretar que la guitarra Prueba y la Torres generan más picos que la leña en el rango de frecuencia de los 200-400 hz, lo que se interpreta como más armónicos.

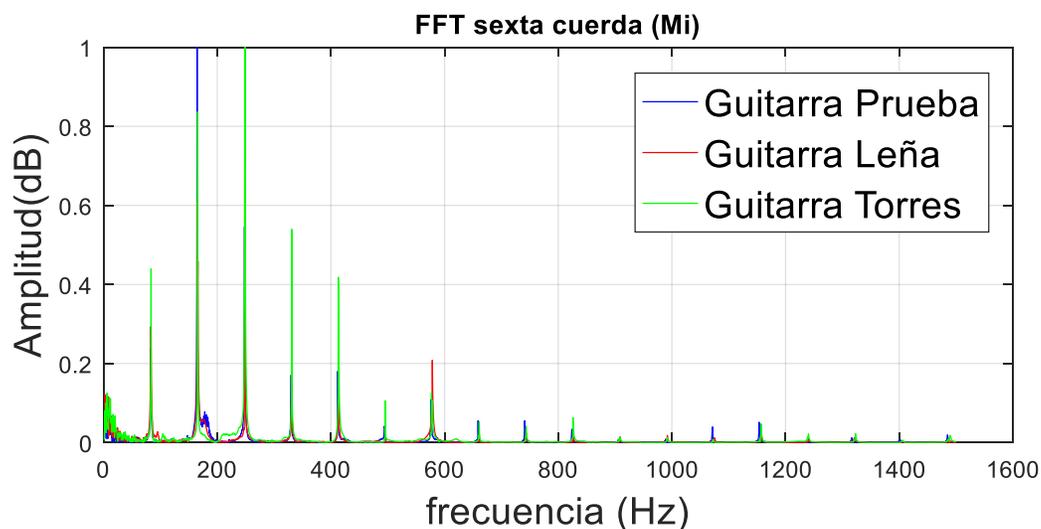


Figura V.XLII Comparación guitarras 6ta cuerda

El comportamiento de la 5 ta cuerda en la Figura V.XLIII muestra un comportamiento inusual en la guitarra tipo torres la cual posiblemente estaba desafinada en esa cuerda sin embargo la prueba y la leña en la frecuencia principal se complementan y la guitarra leña muestra armonios no complementarios o disonantes.

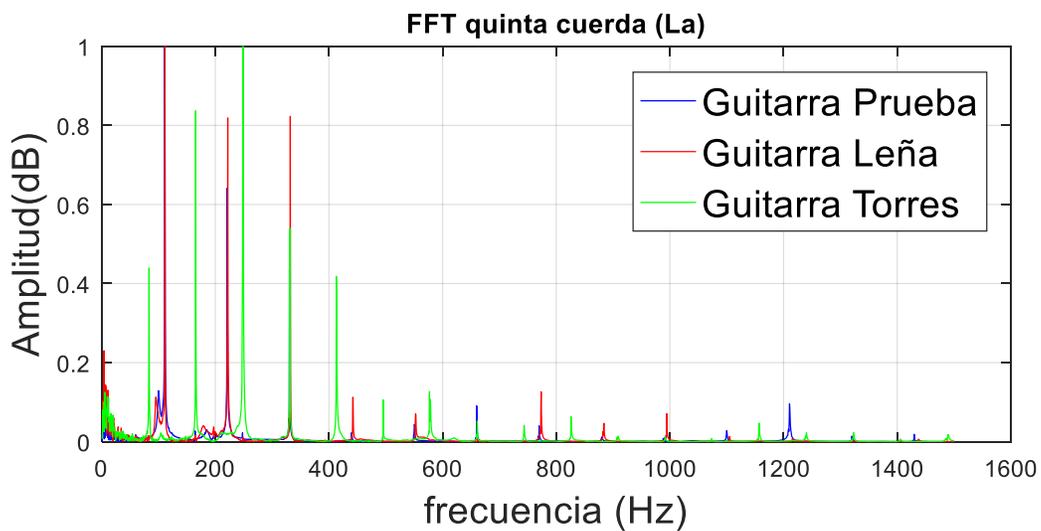


Figura V.XLIII Comparación guitarras 5ta cuerda

En la interpretación de la gráfica de la 4 ta cuerda en la Figura V.XLIV se muestra una homogeneidad entre las 3 guitarras mostrando los mismos armónicos solo variando en su amplitud lo que muestra un buen desempeño de la guitarra en esta cuerda pulsada al aire.

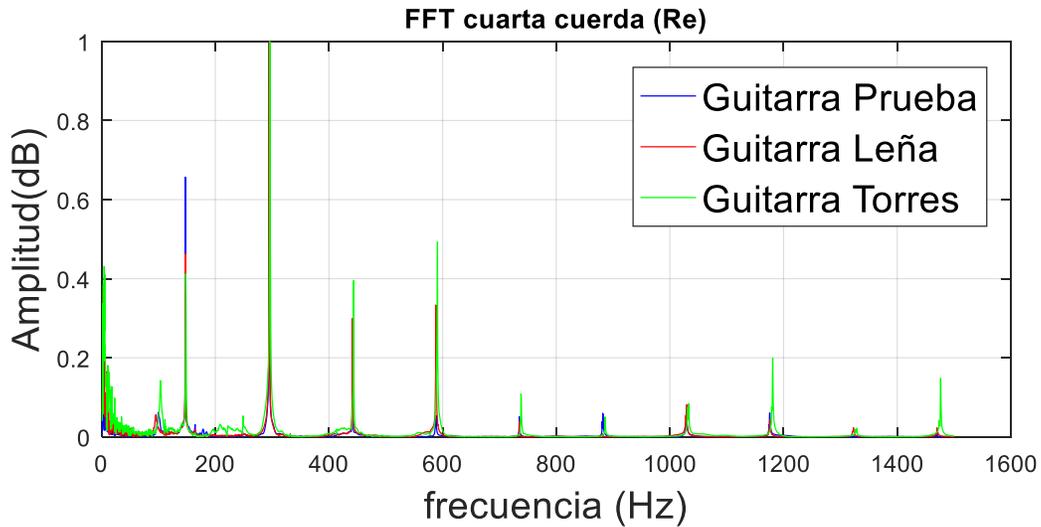


Figura V.XLIV Comparación guitarras 4ta cuerda

Al analizar la 3era, 2da y 1era cuerda en la Figura V.XLV, Figura V.XLVI y Figura V.XLVII se puede notar que la guitarra leña tiene una entrada poco nítida y un rápido decaimiento a comparación de las otras dos guitarras, esto se puede deber a que la tapa acústica con el sistema de varetas torres y la propuesta en la investigación, distribuye de una mejor manera las frecuencias altas, tal y como la teoría lo muestra en capítulos anteriores.

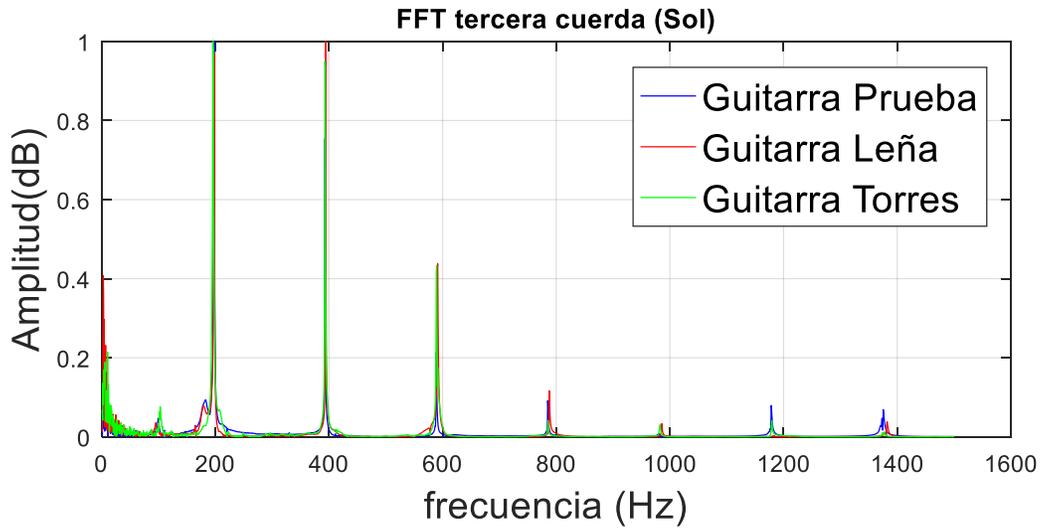


Figura V.XLV Comparación guitarras 3ta cuerda

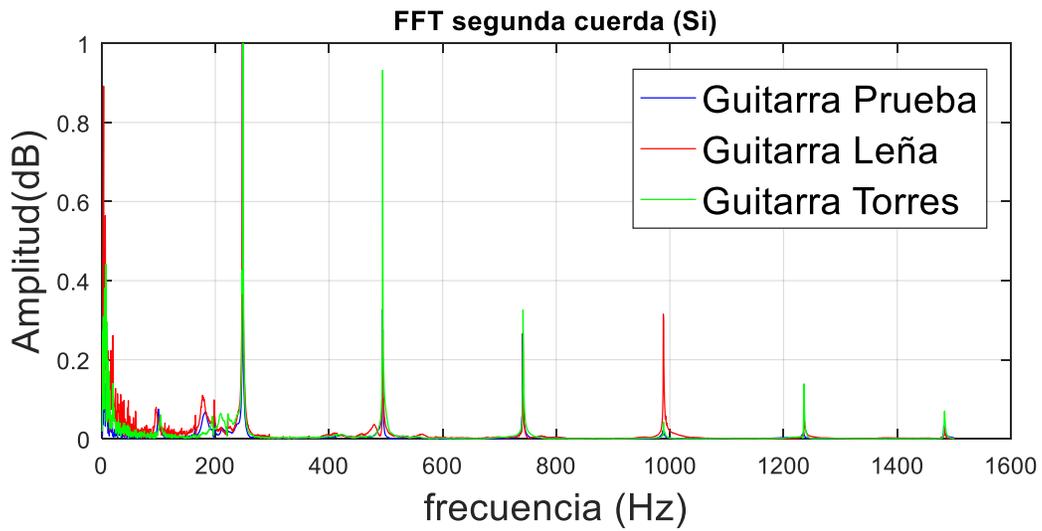


Figura V.XLVI Comparación guitarras 2da cuerda

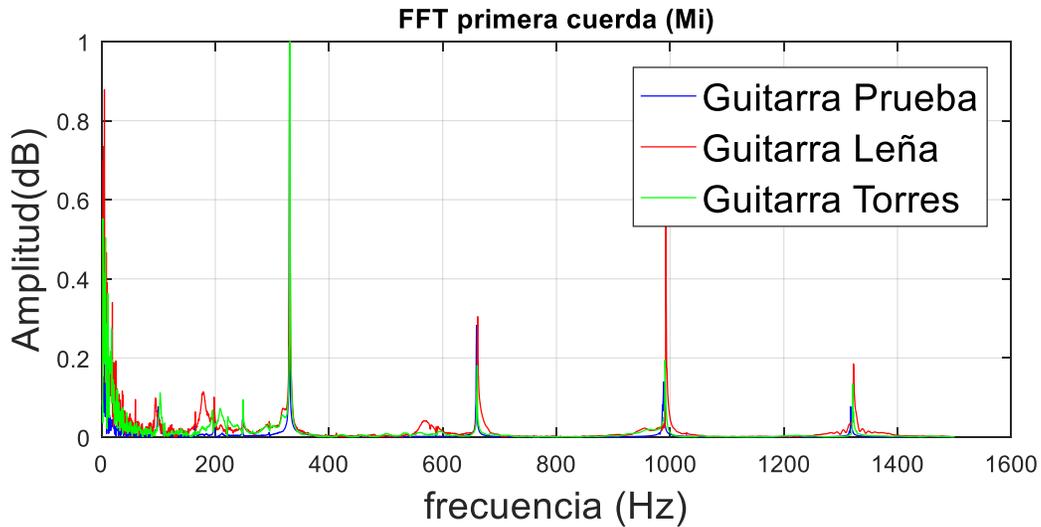


Figura V.XLVII Comparación guitarras 1 era cuerda

1.16. Proyecto de Inversión

La laudería en la región de Paracho Michoacán es tradición de cientos de años y la técnica, así como los fundamentos de construcción son los pilares de la región, la constante demanda de perfeccionar la laudería y el instrumento hace necesaria la innovación en el oficio, los músicos de hace 25 años son diferentes que los de hoy en día y lo es también el uso de la tecnología para el desarrollo de la guitarra clásica.

Como parte de esta investigación se implementó una estrategia para que los lauderos puedan adquirir tecnologías que ayuden al desarrollo del instrumento, en este caso a la adquisición del diseño de varetas, dicho diseño fue pensado para que se pueda implementar y desarrollar en la región de Paracho Michoacán. El primer paso es valorar el conocimiento desarrollado, como se puede ver el desglose de la Tabla V-VI el conocimiento generado por esta investigación toma

en cuenta desde el pago de los investigadores, así como los gastos de implementación de la propuesta, con un precio meta de \$152,953.77 pesos mexicanos a la fecha del año 2017.

Tabla V-VI Valor del Know-How desarrollado en esta investigación.

Descripción	Inversión
Desarrollo tecnología	\$83,300.00
Posicionamiento del producto (Nueva Tecnología)	\$19,653.97
Transferencia Tecnología	\$50,000.00
	\$152,953.97

Antes de realizar un plan económico para la adquisición de la nueva propuesta de varetas se realizó un estudio de retorno de inversión con una tasa de rendimiento mínimo aceptable TIR del 60% como se ve en la tabla Tabla V-VII y TREMA de 25%.26 como se ve en la Tabla V-VIII.

Tabla V-VII Tasa Interna de Retorno TIR.

PERIODO	TASA DE DESCUENTO	60%	FACTOR DE DESCUENTO	VPN	SUMATORIA VPN	Pay back	DIAS
	-\$50,000.00					-50,000	
1	\$35,074.19	0.62323615		21,859.50	\$21,859.50	-28,140.5	365
2	\$27,074.19	0.388423299		10,516.24	\$32,375.74	4,235.2	0.869184634 317.25
3	\$27,990.99	0.242079441		6,776.04	\$39,151.79	43,387.0	0
4	\$27,990.99	0.150872659		4,223.07	\$43,374.86	86,761.9	0
5	\$29,087.13	0.094029295		2,735.04	\$46,109.90	132,871.8	0
6	\$29,087.13	0.058602456		1,704.58	\$47,814.48	180,686.3	0
7	\$29,087.13	0.036523169		1,062.35	\$48,876.84	229,563.1	0
8	\$30,397.70	0.022762559		691.93	\$49,568.76	279,131.9	0
9	\$30,397.70	0.01418645		431.24	\$50,000.00	329,131.9	0
TIR	60%						
TIR: TASA DE INTERNA DE RETORNO							

Tabla V-VIII Desglose de la Tasa de Rendimiento Mínimo Aceptable.

TREMA	
Inflación	3.36%
Cetes a 28 días	5.90%
Crecimiento del sector	-0.35%
Crecimiento del precio del barril	0%
Valor TREMA	8.91%
Crecimiento del tipo de cambio	16.35%
Total TREMA	25.26%

Se plantea que el Club de laudereros mínimo 4 de ellos se alíen para la compra de la propuesta de diseño, la transferencia de tecnología se hará bajo el modelo horizontal y “catch up”. Se propone una inversión inicial de \$102.953.97 en un grupo de mínimo 4 laudereros, es decir \$25,734 por lauderero, la parte restante del costo del conocimiento a adquirir se solventará a través de un préstamo el cual se solventará a través de las utilidades generadas por el proyecto (\$50,000) en un lapso de 4 años, al modelo de transferencia de tecnología se le conoce como *catch up*, que tienen como objetivo ayudar a la actualización de los artesanos en sus procesos mediante el acercamiento de la tecnología.



Figura V.XLVIII Actores de la transferencia de tecnología de la investigación

En Tabla V-IX se plantea el peor escenario económico de los laudereros de Paracho, en donde se asume que el lauderero produce 4 guitarras por semestre y cada uno de esas guitarras se venden en un precio de \$30,000 mil pesos, del cual se descuenta el monto por financiamiento por parte de un banco como se muestra en la Tabla V-X, siendo una institución financiera la primera estrategia para solventar el costo de la adquisición de la propuesta de varetas.

Tabla V-IX Ejemplificación del peor escenario económico del laudero de Paracho.

	Bas	Semestre 1	Semestre 2	Semestre 3	Semestre 4	Semestre 5	Semestre 6	Semestre 7	Semestre 8
e									
<i>Unidades producidas</i>		4	4	4	4	4	4	4	4
<i>precio</i>		30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000	30,000
<i>Ingresos</i>		120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00	120,000.00
<i>Costos</i>		80,800.00	88,800.00	88,800.00	88,800.00	88,800.00	88,800.00	88,800.00	88,800.00
<i>Utilidad bruta</i>		39,200.00	31,200.00	31,200.00	31,200.00	31,200.00	31,200.00	31,200.00	31,200.00
<i>Menos</i>									
<i>Financiamiento</i>		4,125.81	4,125.81	3,209.01	3,209.01	2,112.87	2,112.87	802.30	802.30
<i>Utilidad después de financiamiento</i>		35,074.19	27,074.19	27,990.99	27,990.99	29,087.13	29,087.13	30,397.70	30,397.70

Tabla V-X Resumen de préstamo bancario.

Resumen del préstamo			
Pago programado		\$1,468.75	
Número de pagos programado		48.00	
Número de pagos real		48.00	
Interés total		\$20,500.00	
Interés total		\$20,500.00	
Datos generales del préstamo		Importe del préstamo	\$50,000.00
Tasa de interés anual		\$0.18	
Plazo del préstamo en años		\$4.00	
Número de pagos al año		\$12.00	
Fecha inicial del préstamo		\$42,736.00	
Pagos adicionales opcionales			

Como estrategia número dos se sugiere que el cliente aplique a convocatorias gubernamentales haciendo una transferencia de tecnología de tripe hélice como se representa en la Figura V.XLIX donde el FONART es la institución gubernamental, los investigadores de este trabajo el sector educativo o privado y los lauderos de Paracho el cliente.

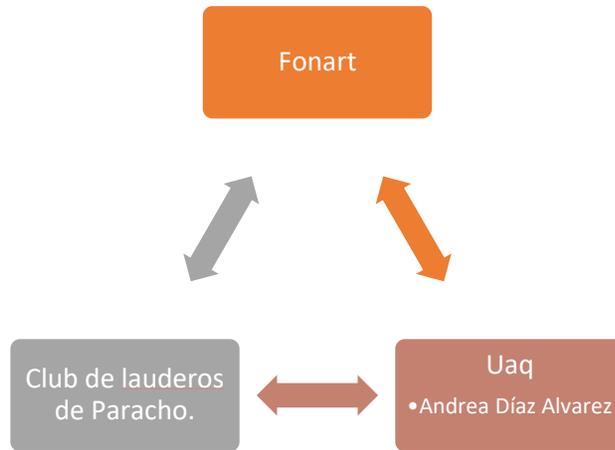


Figura V.XLIX Modelo Transferencia de tecnología tripe hélice. Fuente: Elaboración propia

Los principales fondos de Fonart que son adecuados para el Laudero de Paracho se resumen a continuación.

- Apoyo para impulsar la producción

Se podrán otorgar apoyos a grupos, conformados por al menos 5 y hasta 15 integrantes, de hasta \$225,000.00, siempre y cuando el monto por artesana o artesano no rebase los \$15,000.00

- Capacitación integral y/o asistencia técnica.

El FONART podrá cubrir los gastos asociados a tal actividad hasta por un monto de \$15,000.00 por artesana o artesano, debiendo integrarse en grupos de por lo menos 15 artesanos y artesanas. La capacitación integral podrá tener una duración de hasta 12 meses.

- Apoyos para proyectos artesanales estratégicos.

Los proyectos estratégicos estarán determinados por el alcance territorial que tenga efecto en la comunidad artesanal, identificando los impactos en mercado, ingreso Se podrá apoyar hasta con un monto de \$1'000,000.00 por proyecto al año.

El uso de las alternativas de fondeo en el proyecto de inversión propuesto en esta investigación queda a consideración del cliente dependiendo de sus capacidades y necesidades actuales, el propósito de este proyecto de inversión es la búsqueda de alternativas para la transferencia de tecnología y la factibilidad económica de la investigación como una Innovación y no solo el enriquecimiento intelectual por el aporte de la ingeniería.

La transferencia de tecnología se puede dar por secreto industrial o por medio de patente, en caso de ser patentada esta propuesta estaría en la clasificación internacional según se muestra en Tabla V-XI, el objeto de la invención y el campo de la invención se describen en la Tabla V-XII

Tabla V-XI Clasificación internacional del sistema de varetas de guitarra.

Sección	Descripción
G	Física
G10	instrumentos de música; acústica
G10D	Instrumentos musicales de cuerda; viento; acordeones; percusión; instrumentos musicales no previstos en otro lugar.
G10D 1/00	Diseño General de instrumentos de música de cuerda
G10D 1/08	de guitarras.
G10D 3/00	Partes constitutivas de los instrumentos de música de cuerda, o accesorios para estos instrumentos, p. ej. cejillas.
G10D 3/02	Amplificadores, bocinas o diafragmas.

Tabla V-XII Objeto de la invención descripción.

Título de la invención	Tapas armónicas para guitarras y otros instrumentos de cuerda
Objeto de la invención	La presente invención, tal y como se expresa en el enunciado de la vigente memoria descriptiva, se refiere a unas tapas armónicas para guitarras y otros instrumentos de cuerda, caracterizada por la configuración y disposición de los diferentes elementos que conforman las mismas.
Campo de aplicación	La presente invención tiene su aplicación en la producción artesanal e industrial de la construcción o fabricación de instrumentos musicales de cuerda y en general en todos aquellos que empleen una tapa armónica en su configuración.

VI. Conclusiones

El objetivo de esta investigación se logró a través del uso de software cad y cae por medio de la modelación de un propuesta de varetas, es importante recalcar que toda la investigación así como las propuestas de diseño se basaron en el contexto y habilidades del laudero, esto con el fin de realizar una propuesta que no solo fuera tecnológicamente viable si no que fuera aceptada por el laudero de Paracho Michoacán, para esto se utilizaron técnicas de diseño para comprender tanto al cliente como al usuario.

Dentro de los objetivos propuestos, se logró desarrollar la propuesta utilizando las herramientas tecnologías cad y cae, la propuesta final de esta investigación aun es perfectible, sin embargo, se debe contemplar que durante el proceso de ingeniería se deben establecer los recursos de tiempo a respetar. El uso de tecnologías computacionales para facilitar el desarrollo y diseño de un producto es conocido en la industria sin embargo en el caso de la guitarra clásica

de concierto fue un primer acercamiento ya que esta tecnología no había sido utilizada en la región de Paracho Michoacán.

El laudero logró elaborar una guitarra de concierto utilizando las características propuestas por esta investigación sin embargo no se utilizaron planos para establecer las medidas ya que eso cambiaría la forma en la que ellos trabajan, eso se resolvió mediante el uso de impresiones 1:1 de la geometría en 2D.

La principal aportación de la investigación dentro del diseño estratégico es la identificación y aplicación del conocimiento técnico de ingeniería en la laudería tradicional, esto mediante la generación de un producto el cual genera valor, lo que se podría considerar una paso importante para lograr una innovación

VII. Bibliografía

- Alberto, M. C. C., Prado, G., Ricardo, M. C. M., & Vivar, R. De. (2012). ARTESANÍAS Y DESARROLLO LOCAL : EL CASO DE LA PRODUCCIÓN DE BIENES NO LAUDEROS EN PARACHO MICHOACÁN (2005-2010), (52). [http://doi.org/ISSN: 1988-2483](http://doi.org/ISSN:1988-2483)
- Bader, R., & Hansen, U. (2008). Modeling of Musical Instruments. En *Handbook of Signal Processing in Acoustics* (pp. 419–446). New York, NY: Springer New York. http://doi.org/10.1007/978-0-387-30441-0_26
- Boullosa, R. R., Orduña-Bustamante, F., & Pérez López, A. (1999). Tuning characteristics, radiation efficiency and subjective quality of a set of classical guitars. *Applied Acoustics*, 56(3), 183–197. [http://doi.org/10.1016/S0003-682X\(98\)00027-9](http://doi.org/10.1016/S0003-682X(98)00027-9)

- Fletcher, N. H., & Rossing, T. D. (1998). *The Physics of Musical Instruments, Second Edition* (second).
- Flores Preciado, J., Vidrio Barón, S. B., & Reyes Fong, T. (2014). *Investigaciones sobre competitividad, innovación y desarrollo sustentable en las ciencias económico-administrativas*.
- Gorrostieta-Hurtado, E., Pedraza-Ortega, J.-C., Ramos-Arreguin, J.-M., Sotomayor-Olmedo, A., & Pérez-Meneses, J. (2012). Vibration analysis in the design and construction of an acoustic guitar. *International Journal of Physical Sciences*, 7(13), 1986–1997. <http://doi.org/10.5897/IJPS11.1603>
- Guterman, J. (2010). IDEO Method Cards. *Harvard Business Review*. Recuperado a partir de <http://www.redibw.de/db/ebsco.php/search.ebscohost.com/login.aspx%3Fdirect%3Dtrue%26db%3Dbth%26AN%3D51605598%26site%3Dehost-live>
- Jake Knapp, John Zeratsky, B. K. (2016). *Sprint – El método para resolver problemas y testar nuevas ideas en solo 5 días (Spanish Edition)*. New York, NY: Simon & Schuster. <http://doi.org/ISBN>
- Morales, G. L., & Flores, A. (s/f). Patrimonio Cultural y turismo.
- Rossing, T. D., & Caldersmith, G. (2010). *Guitars and lutes. The Science of String Instruments*. http://doi.org/10.1007/978-1-4419-7110-4_3
- Šali, S., & Kopač, J. (2000). Measuring the quality of guitar tone. *Experimental Mechanics*, 40(3), 242–247. <http://doi.org/10.1007/BF02327495>
- Torres, J. A., & Boullosa, R. R. (2009). Influence of the bridge on the vibrations of the top plate of a classical guitar. *Applied Acoustics*, 70(11–12), 1371–1377. <http://doi.org/10.1016/j.apacoust.2009.07.002>
- Torres, J. A., & Ruiz Boullosa, R. (2008). Identificación a simple vista de patrones de vibración de una tapa de guitarra. *Acústica*.

Torres Torres, J. A., & Torres Victor. (2016). Exploración de Deformaciones y Radiación Sonora de una Tapa de Guitarra Usando Modelos 3D.

VIII. ANEXOS

Fecha - 2016
Lugar: Paracho Mich

① Evento: Feria de la guitarra.

8:00 am

Llegada al pueblo de Paracho Michoacán. Desde el momento en el que se llega al pueblo se observa la importancia de la guitarra en la economía del lugar; El evento al que se asistió la feria de la guitarra, todo el pueblo está vestido de gitano, la gira de la guitarra y el arco que le precede a la Corrida Profesa. En esta feria se vende mucha guitarra, guitarras de este 800 a 1,500 pesos, en guitarra artes en otros en fibra de plástico hay una feria donde se vende guitarra por 500 pesos. La que vende algo que al entrar se ve una tienda de miniaturas donde se vende una guitarra en miniatura con todo un elefante la caja la tapa la resaca. La tienda que me llamó la atención fue Corcor en esta tienda se tiene una guitarra gigante a la entrada. El comida por este pueblo se muy rico ya que no se muy grande 13 hrs

4:00 pm

② Viste a la tienda de lauderos de paracho, me explican que el nombre ya se marca colectiva lo que

1.17. Diario de observación Laudero

2018

- ③ me lleva a pensar que la laudera se orguza
la encargada de la tienda, tiene un perfecto
dominio del lina y la historia del instrumento.
Las guitarras que trae ahí de marca colectiva
pertenece solo a alrededor de 12% de
los lauderos y que muy pocas de ellas
decidieron no formar parte del club. ∇ ∇
o o



etc. quite a fondo
de la guitarra

ojo: no todo
los lauderos quieren estar ahí?

8:00 pm



Visita # 2

Paracho Michoacan.

Hecho

- ④ Regresar al pueblo para ver destinar
mejor a las talas de lauderos que
están a la vista, se está observando
que están de 3 a 8 personas habiendo,
una madre local, cada persona realiza
más de la parte de la guitarra, a veces
se utilizan máquinas que sirven el org
de la guitarra, preparador para el
clavijero etc. le le podría decir
que el ensamble y construcción

luz con
francisco

20/6

⑤ Tandis y Marca Colectiva

• La marca colectiva no de vale por seguro que todo lo hecho bajo el mismo sistema.

• La preocupación es que la copien.

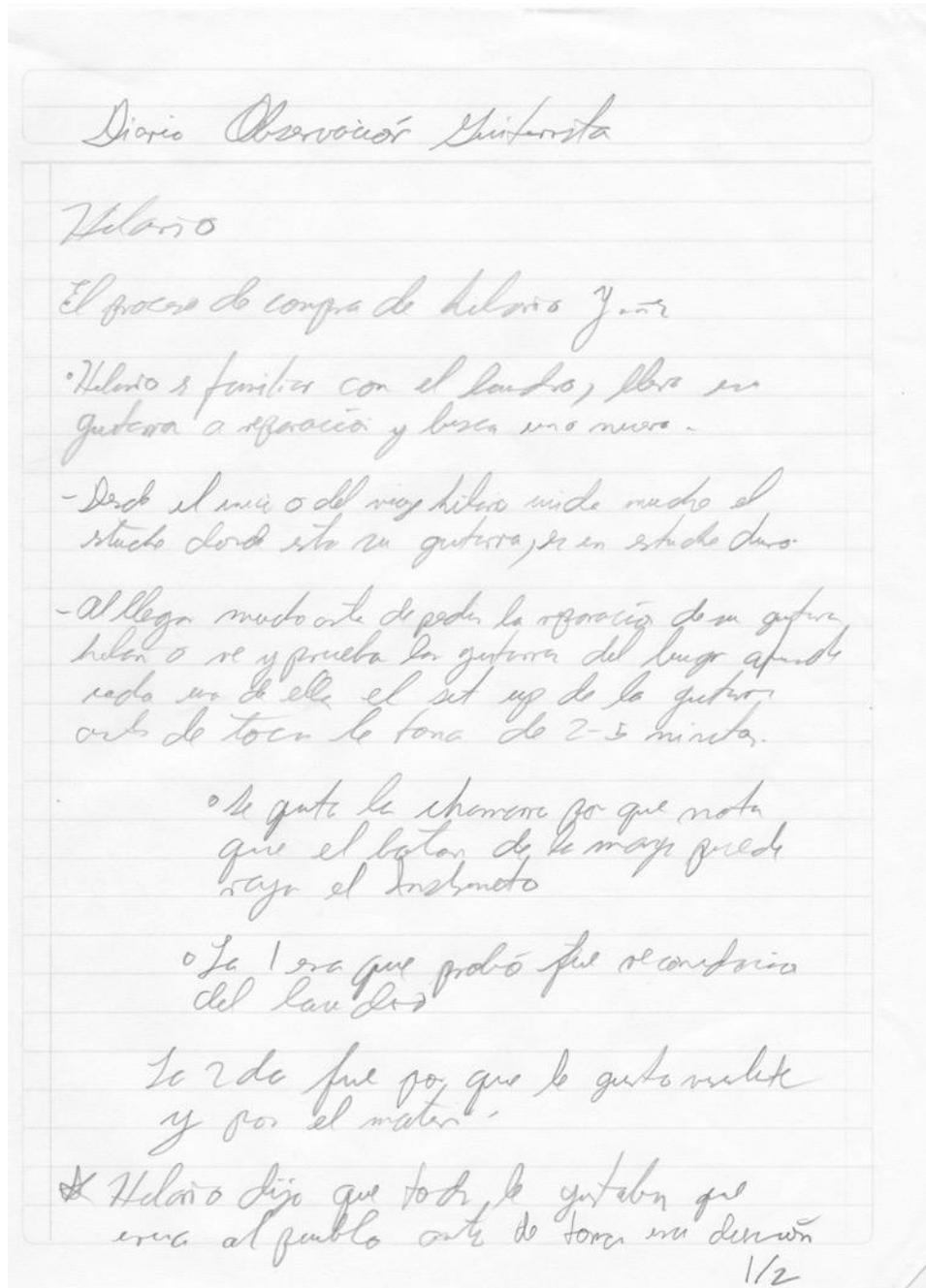
• Me enteré por mi recordado por mi trabajo que en marca colectiva

• Solo concursaron para ver que hacen el mejor trabajo, esta guita es vendida en 20? marca de la tienda del turismo.

• Cuando un cliente pide algo especial se separa por la madre que gusta y depende de la mamá que lo que se le propone el modelo, la duda que se crea son por no ofrecer garantía por escrito por ser bueno en la calidad y el buen servicio.

• he recibido laudos de todo el mundo a través de clínicas y no he dicho que ya no hay nada que enseñarles que auto trabajo es muy bueno.

1.18. Diario de Observación Guitarrista Profesional



Al momento salir al publico habido gente con un
cable y dieron a la linea de Toca entre
a la estatua que probaron ninguno le
gusto, me teno palmaral "ganza con ste
uerde" la roza por los que no le gusta
el estatuto en su mayoria a ferdin?

- Suena muy apagada
- Se oiden los agujeros
- No sta balanceada
- Los uerde no son de Calidad
- Se oye grave y mezcla

Al regresar al taller del laudero ste de
afu la guitarra y pregunte cual le gusta
hubo la se monito tambien se que
y saca la guitarra para reparar esta otra;

• Borriz gastada

o sea
gastada 

• No tan uerde

• El laudero se conoce la

guitarra

El laudero especifico:

• Cambio de maquina

• Borriz nuevo. 2/2

1.19. Guía de grupo de enfoque

Guía de moderador

El grupo de enfoque se dividirá en 3 secciones.

La guitarra como objeto de valor, donde mediremos el apego y la importancia del instrumento con los usuarios.

La guitarra de Paracho, donde se mediremos la percepción de la región y los instrumentos que ahí se construyen.

La guitarra por su sonido característica, donde mediremos que es lo más relevante para ellos al adquirir la guitarra, como se elige una guitarra clásica.

Sección 1, bienvenida, introducción y contextualización

Contexto- Presentación.

En esta sección se pretende contextualizar al usuario, ayudarlo a evocar una guitarra clásica de concierto.

Hola buen día gracias y bienvenidos a este focus group, dinámica romper el hielo.

¿Cómo es que llegaste a tocar este instrumento guitarra?

¿Tu primera guitarra de concierto como la compraste u obtuviste?

¿Cuántas horas dedicas a la guitarra?

¿qué tipo de música interpreta con mayor frecuencia?

Actividad Figura VIII.I Journey map, guiar al usuario para que nos indique como, donde y por qué compro x guitarra, y saber en estos pasos como fue su experiencia, positiva, negativa, neutral.

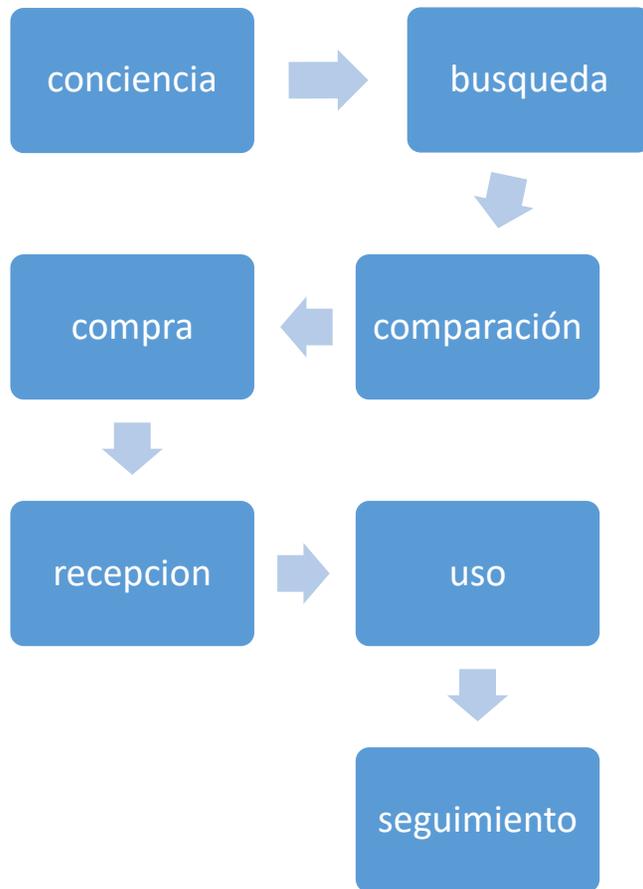


Figura VIII.1 Journey map

Que es más importante para el usuario, la marca/laudero, sonido, material?
Esperar a que comenten e invitarlos a priorizar, atención a comentarios que nos pueden dar retroalimentación de alguna relación entre las variables.

Si la guitarra se compra en línea, ¿como es que aseguran o miden la calidad de la misma?

Si la guitarra la hacen por pedido que pasa si esta no gusta.

¿Vives en el extranjero comprarían guitarras mexicanas?

Si tuvieran alrededor de 600 USD de que marca/nombre/ región material comprarías.

Si tuvieran 1000 USD

Sección 2

Breve presentación de Paracho.

Que opinan de los lauderos de Paracho con 5 adjetivos.

El vínculo con la región de que tipo es (lealtad por calidad, apego nostalgia, tradición).

Alguna vez has tenido una guitarra de Paracho.

Califica con una carita la experiencia.

Describe en una frase tu opinión hacia esa guitarra

Describe en una frase tu opinión al laudero

Describe en una frase tu opinión del proceso de compra.

Sección 3

Características Sonoras de la Guitarra.

Saber cómo se elige una guitarra clásica.

Que características buscan en una guitarra clásica. (enumerarlas)

Los instrumentos musicales son estructuras complejas, que no tiene una relación directa entre las características y materiales con los sonidos producidos por el instrumento.

Para clasificar los aspectos musicales de sonidos para ciertos instrumentos musicales propuestos por Rolf y Uwe (Bader & Hansen, 2008)

, sus características se pueden agrupar en cuatro:

Por favor priorice numéricamente del 1 al 4 los elementos según la importancia que usted considere (1 muy importante – 4 menos importante)

Timbre (calidad de sonido) _____

Ataque comportamiento _____

Proyección _____

Grado de variación posible de timbre _____

¿Si tuvieran que elegir entre balance y proyección, que elemento sonoro prefieren destacar su instrumento?