

**Configuración de alternativas modulares multipropósito mediante la técnica Taracea;
aplicación en un comedor de 4 plazas. Diseño y construcción**

José Miguel Carvajal Rodríguez

Trabajo de grado para optar al título de Diseñador Industrial

Director

Eduardo Serafín Guevara Melo

Magister en Informática

Codirector

Jorge Alberto Sarmiento O'Meara

Esp. Gerencia de Diseño

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Físico Mecánicas

Escuela de Diseño Industrial

Bucaramanga

2025

Agradecimientos

En primer lugar, elevo mi más profundo agradecimiento a Dios, por los talentos concedidos y las innumerables bendiciones recibidas que han guiado cada paso de mi camino, permitiéndome alcanzar este significativo logro profesional.

A continuación, deseo reconocer el esfuerzo, la dedicación y la persistencia personal invertidos en este proyecto. Este diseño, que con orgullo considero mi obra maestra hasta el momento, es el reflejo de incontables horas de conceptualización, desarrollo y fabricación.

Esta victoria la dedico con inmenso cariño a mis padres, cuyo apoyo incondicional, sacrificios y amor han sido el pilar fundamental a lo largo de mi formación y vida. Su fe en mí ha sido una fuente constante de inspiración. Extiendo también mi gratitud a mi hermano, a mi abuela y a mis tíos, por su constante aliento, comprensión y el afecto que siempre me han brindado. Este triunfo es para ellos.

Acompañamiento académico y profesional

Mi sincero agradecimiento a mi director de proyecto, el Maestro Eduardo Serafín Guevara Melo, por su invaluable acompañamiento, sus sabias enseñanzas y sus acertados consejos a lo largo de estos años de carrera universitaria. Su guía ha sido fundamental. Agradezco su apoyo a la financiación de este proyecto a través de la compra de una silla.

De igual forma, expreso mi gratitud al codirector, Jorge Sarmiento, no solo por su amistad, sino también por su dirección atinada, sus valiosos consejos y sus oportunos llamados de atención, que fueron cruciales en momentos donde el proyecto no encontraba un rumbo claro en las decisiones de diseño.

Colaboración y Apoyo de Colegas

Agradezco enormemente a mis colegas y compañeros de escuela, Ángel Ferreira quien ofreció un apoyo invaluable en la etapa final de este proceso de diseño. Su colaboración fue esencial.

A Jhon Fonseca quien tuvo la idea de tomar la bandera de Santander como inspiración para el módulo de la taracea y brindo un apoyo invaluable en las primeras etapas del proceso de diseño.

También extendiendo mi reconocimiento a mi colega y compañero de taller, Sergio Navarro, por su constante disponibilidad para ofrecer opiniones expertas respecto al diseño y la fabricación a lo largo de todo el proceso.

Un agradecimiento especial a mi amigo Ludwing Guerrero, cuya motivación y ánimo fueron un motor fundamental para seguir adelante cuando la cantidad de trabajo parecía abrumadora. Además, valoro enormemente sus aportes específicos al mejoramiento de la silla, particularmente en el vaciado del asiento y el refuerzo del ensamble del espaldar además de su generoso apoyo en las largas jornadas de lijado.

Asimismo, agradezco a mi amigo Saaid Jamis y a su compañera Paula González por aportar su fuerza de trabajo en una de las jornadas de lijado.

Orientación y Estímulo docente y contribuciones materiales

Finalmente, quiero expresar mi profunda gratitud a los profesores Luis Eduardo Bautista, Martín Godoy, Vaslack Rojas, María Fernanda Maradei, Juan Morales Dimarco, Claudia Díaz, Ketty Rojas, Edgar Sarmiento, Javier Martínez y Mauricio Jaraba. Cada uno de ellos en algún momento, me brindó una palabra de consejo, motivación o un aporte significativo que sumó positivamente al resultado final de este proyecto.

Un agradecimiento especial al profesor Lianel Jova, de la Escuela de Deporte, y a su familia, por su generosa contribución al proyecto: la donación de la valiosa madera de Sapán. Este

material, recuperado de la demolición de su antigua casa aportó al diseño en términos de sostenibilidad.

Al profesor Theodore Kolokolnikov del departamento de matemáticas y estadística de la universidad Dalhousie en Halifax Canadá. agradezco por su trabajo, el cual fue la base para la propuesta de la colección de alternativas modulares mediante la técnica taracea inspiradas en la bandera de Santander.

Gracias a la Escuela de Diseño Industrial y a la Universidad Industrial de Santander por brindar los espacios para el desarrollo profesional de Diseñadores y del Diseño como herramienta de transformación de la sociedad.

Contenido

Introducción	21
1. Planteamiento y justificación del Problema.....	22
1.1. Formulación de la pregunta que permite abordar la situación de estudio.....	24
2. Objetivos	25
2.1. Objetivo general.....	25
2.2. Objetivos específicos	25
3. Marco Teórico.....	26
3.1. Taracea.....	26
3.2. Geometría como lenguaje de la taracea	27
3.3. Material Laminar y técnicas artesanales	28
3.4. Innovación y sostenibilidad	29
3.5. Diseño contemporáneo y tendencias actuales.....	29
4. Metodología	31
5. La taracea, su historia, características, materiales utilizados y aplicaciones en el ámbito del diseño y fabricación de mobiliario.....	33
5.1. La geometría sagrada del islam: un testimonio histórico de la armonía entre ciencia y religión	41
6. Maderas de la región de Santander	52
7. Diseño Geométrico y su aplicación en las alternativas modulares multipropósito	60
7.1. Desarrollo de patrones geométricos con madera	60
7.2. Patrón P.....	64

7.2.1. Propuesta de colección de alternativas	65
7.2.2. Modelo de comprobación del patrón P en un producto	69
7.2.3. Colección de alternativas modulares con diseño geométrico y disposición rítmica.....	70
8. Diseño de un comedor de 4 plazas.....	74
8.1. Diseño de silla.....	74
8.1.1 Funcionalidad real y simbólica	75
8.1.2. Dimensiones y antropometría	75
8.1.4. Requerimientos para el diseño y construcción de un comedor de 4 plazas	79
8.2 Tres puntos de apoyo	81
8.2.1. Referentes silla de 3 patas.....	81
8.2.2 Prototipos rápidos sillas de 3 patas	82
8.2.3. Workshop con estudiantes de diseño	83
8.2.4. Prototipo rápido de comprobación funcional.....	85
8.3 Forma y construcción.....	88
8.3.1. Arquitectura base del producto determinada por DFM	88
8.3.2. Sistema de Sujeción insert	95
8.3.3. Prototipo a escala	96
8.4. Ensamblajes y puntos críticos.....	97
8.4.1. Ensamble asiento – Pata alta espaldar	98
8.4.2. Ensamble asiento – Pata sencilla	100
8.4.3. Ensamble del espaldar - Pata alta.....	103
8.4.4. Sistema de sujeción por perforación directa mediante guía y cazuela.....	104
8.5. Consideraciones ergonómicas.....	106

8.5.1. Bocetos y medidas asignadas.....	107
8.6. Prototipo a tamaño real	109
8.6.1. Modelado en Software 3D y Prototipo 1 a 1.....	110
8.7. Proceso de fabricación	112
8.7.1. Resultado prototipo 1 a 1	116
9. Experimento del prototipo funcional 1:1	118
9.1. Resultados	122
9.2. Conclusiones	123
9.3. Planos de cada pieza de la silla con medidas en cm	127
10. Construcción de producto final	131
10.1. Diseño de la mesa	132
10.1.1. Superficie	132
10.1.2. Ensamble pata y extensor.....	133
10.1.3. Ensamble extensor con la pieza central	133
10.1.4. Diseños dilatadores	135
10.1.5. Construcción estructura del comedor.....	136
10.2 Fabricación de los módulos P' y P''	136
10.2.1. Encolados para obtener los módulos P' y P''	137
10.2.2. Cortes de P' y P''	139
10.3 Fabricación de los asientos mediante la técnica taracea con el patrón seleccionado.....	140
10.3.1. Rectificación del supermodulo	141
10.3.2. Molde y corte del supermódulo	142
10.3.3. Redondeos y canales para el ensamble del asiento	146

10.3.4. Perforaciones para el ensamble del asiento y espaldar	150
10.3.5. Proceso de vaciado del asiento	152
10.4. Fabricación de los espaldares mediante la técnica taracea con el patrón seleccionado	154
10.4.1. Molde, encolado y corte del supermódulo para el espaldar	155
10.4.2. Maquinado ensamble espaldar – pata III	158
10.5. Ruteado y redondeos del asiento, espaldar y patas	160
10.5.1. Grabado laser y acabados del comedor de cuatro plazas	161
10.6 Ensamble del producto final	164
10.7. Producto final	166
11. Conclusiones	167
Referencias	169
Apéndices	176

Lista de Tablas

Tabla 1 Encuesta de disponibilidad.....	53
Tabla 2 Encuesta madera santandereana por excelencia	54
Tabla 3 Características de maderas identificadas	54
Tabla 4 Criterios y rangos de las maderas identificadas	58
Tabla 5 Matriz de selección de maderas	59
Tabla 6 Ejemplo de un proceso para lograr un patrón geométrico con madera.....	61
Tabla 7 Ejemplo de un proceso para lograr varios patrones geométrico con madera y cortando en ángulo	62
Tabla 8 Alternativas del patrón P generado	71
Tabla 9 Requerimientos determinados para el desarrollo del comedor de 4 plazas	80
Tabla 10 Diseños icónicos de sillas de tres patas.....	81
Tabla 11. Arquitectura del producto	89
Tabla 12. Piezas y representaciones formales.....	89
Tabla 13 Selección de bocetos en función de los principios considerados.....	92
Tabla 14 Arquitectura del producto en detalle.....	94
Tabla 15. Resumen de preguntas y resultados de las comprobaciones.....	122
Tabla 16 Arquitectura del producto en detalle (mesa).	132

Lista de Figuras

Figura 1 Edwing Armando Ortega.....	23
Figura 2. Tabla de corte – Madera teca vista de testa.....	30
Figura 3 Estandarte de Ur	34
Figura 4 Jamuga o silla de caderas	35
Figura 5 Pixis Nazari	36
Figura 6 Mesa estilo barroco	37
Figura 7 Jarrones artesanales barniz de pasto	38
Figura 8 Alicatados	40
Figura 9 Grupos cristalográficos planos	42
Figura 10 Flujograma para la clasificación del grupo cristalográfico	43
Figura 11 Ejemplo de azulejo	44
Figura 12 Ejemplo de teselados	45
Figura 13 Ejemplo de taracea	46
Figura 14 Studiolo del duque Federico da Montefeltro	47
Figura 15 Gabinete plus ultra.....	47
Figura 16 Caja octogonal - Taracea Siria - Modelo Damasco.....	48
Figura 17 Productos de la empresa Laveta aplicando la técnica taracea.	49
Figura 18 Paneles de madera contrachapada	50
Figura 19 Maderas en Bucaramanga	52
Figura 20 Caja de marquetería de patrón triangular	60
Figura 21 Hexidex: Pavimentos para balcones, terrazas y azoteas ajardinadas	60

Figura 22 Variedad a partir de 2 módulos	64
Figura 23 Supermódulos a partir del módulo P	65
Figura 24 Desarrollo del módulo P.....	66
Figura 25 Modulo P	67
Figura 26 Módulos P.....	68
Figura 27 Exploración con módulos P.....	69
Figura 28 Comprobación de modulo P	70
Figura 29 Duplicación Fractal Patrón P [6x6]	73
Figura 30 Mapa mental desarrollo silla Intarcea	74
Figura 31 Artek Alvar Aalto 60.....	77
Figura 32 Silla numero 14 Thonet	78
Figura 33 Silla Ant.....	79
Figura 34 Prototipos rápidos, sillas de 3 patas.....	83
Figura 35 Bocetos sillas de 3 patas	84
Figura 36 Prototipo funcional de baja fidelidad configuración (1)	85
Figura 37 Prototipo funcional de baja fidelidad configuración (2)	86
Figura 38 Cruzar las piernas	86
Figura 39 Reclinarse	87
Figura 40 Bocetos sillas de tres patas	88
Figura 41 Bocetos y prototipos del asiento.....	93
Figura 42 Bocetos y prototipos del espaldar.....	94
Figura 43 Sistema de sujeción insert	95
Figura 44 Prueba sistemas insert	96

Figura 45 Prototipo a escala.....	97
Figura 46 Ajustes y detalles del asiento.....	98
Figura 47 Ensamble media madera.....	98
Figura 48 Prototipado de asiento en tamaño real.....	99
Figura 49 Prototipo de pata trasera en tamaño real	99
Figura 50 Prueba de ensamble y ajuste de detalles.....	100
Figura 51 Prototipo a escala, ensamble de la pata sencilla con el asiento	100
Figura 52 Prototipo a escala, ensamble de la pata sencilla con el asiento	101
Figura 53 Modelo de comprobación en tamaño real	102
Figura 54 Modelo de ensamble pata sencilla y asiento a tamaño real	102
Figura 55 Ensamble entre el espaldar y pata alta.....	104
Figura 56 Ensamble entre asiento y patas I y II.....	105
Figura 57 Cambio de sistema de ensamble.....	105
Figura 58 Asientos según el tipo de silla	106
Figura 59 Esquema según el nombre de la medida.	107
Figura 60 Bocetos silla teniendo en cuenta medidas	108
Figura 61 Plantilla de la vista lateral a tamaño real	109
Figura 62 Modelado 3d silla	110
Figura 63 Render silla.....	111
Figura 64 Ruteadora DeWalt y fresas copiadoras	112
Figura 65 Proceso con fresa 1 para obtener las patas de la silla.....	113
Figura 66 Proceso con fresas (1) y (2) para obtener las patas de la silla	114
Figura 67 Patas y asiento para modelo de validaciones en pino a tamaño real.	115

Figura 68 Detalles prototipo de la silla a tamaño real	115
Figura 69 Modelos a diferentes escalas	116
Figura 70 Resultado prototipo alta fidelidad.	117
Figura 71 Manual de ensamble.....	120
Figura 72 Segunda parte manual de ensamble.....	121
Figura 73 Modelo de validaciones en el ambiente de experimentación	125
Figura 74 Evaluación experimental	126
Figura 75 Planimetría espaldar	127
Figura 76 Planimetría para I y II.....	128
Figura 77 Planimetría pata III.	129
Figura 78 Planimetría asiento silla.....	130
Figura 79 Render comedor de 4 plazas.....	131
Figura 80 Vidrio en forma de ovalo.....	132
Figura 81 Ensamble pata mesa con extensor	133
Figura 82 Ensamble extensor con pieza central horizontal	134
Figura 83 Desarrollo y construcción del dilatador.....	135
Figura 84 Prototipos de la estructura mesa y silla	136
Figura 85 Pega de los componentes horizontales del patrón P.....	137
Figura 86 Pega del componente vertical del patrón P	138
Figura 87 Módulos P' y P''	138
Figura 88 Cortes de P' y P''	139
Figura 89 Cortes de P' y P' a 7,3 cm.	139
Figura 90 Encolado del supermódulo	140

Figura 91 Supermódulo compuesto por P' y P''.	141
Figura 92 Rectificación del espesor	141
Figura 93 Lijado del super modulo	142
Figura 94 Modificaciones molde asiento	143
Figura 95 Corte molde en MDF del molde en vista superior.	143
Figura 96 Corte super modulo sierra sinfin.	144
Figura 97 Super modulo del asiento	144
Figura 98 Super modulo del asiento	145
Figura 99 Resultado del proceso de un tiraje de 5 unidades de asientos.	145
Figura 100 Vaciado para los ensambles	146
Figura 101 Redondeos para los ensambles patas I y II con asiento	147
Figura 102 Redondeo pata III con asiento	147
Figura 103 Dispositivo para realizar vaciado del canal	148
Figura 104 Canal de ensamble pata III	148
Figura 105 Ensamble pata III con asiento.	149
Figura 106 Prototipo pino y modelo con taracea.	149
Figura 107 Perforaciones y abocardados para los ensambles.	150
Figura 108 Rosca interior	151
Figura 109 Dry-fit asiento patas I y II	151
Figura 110 Dispositivo para diseño de galgas.	152
Figura 111 Combinación de discos de desvaste.	153
Figura 112 Perforación de agujeros guía visual de profundidad.	153
Figura 113 Vaciado de los asientos	154

Figura 114 Guía de módulos del P' y P''	155
Figura 115 Corte de módulos del P' y P''	155
Figura 116 Encolado supermódulos	156
Figura 117 Vector del molde de corte del espaldar	156
Figura 118 Molde curvo para corte de espaldares fabricado con dos láminas de triplex de 4mm.	157
Figura 119 Molde y supermodulo del espaldar	158
Figura 120 Guía y ruteado del espaldar	159
Figura 121 Refuerzo ensamble mediante la inserción de tarugos metálicos	160
Figura 122 Ruteado y redondeo.....	160
Figura 123 Lijado y grabado laser en el asiento.	161
Figura 124 Prototipo de comprobación en pino y silla intarcea.	162
Figura 125 Maquinado con lijadora orbital.	162
Figura 126 Aplicación inmunizante.....	163
Figura 127 Aplicación de laca sobre el comedor de 4 plazas	164
Figura 128 Ensamble de las 4 sillas intarcea.	165
Figura 129 Comedor de 4 plazas intarcea.....	166

Lista de Apéndices

Nota. Los apéndices están adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la biblioteca UIS

Apéndice A. Contenido trabajo de grado (Bitácora).	176
Apéndice B. Workshop sillas de 3 patas.....	176
Apéndice C. Propiedades físicas y mecánicas de maderas identificadas.....	176
Apéndice D. Manual de armado silla intarcea.	176
Apéndice E. Planos silla intarcea.....	176

Glosario

Tapering: Hace referencia a un proceso de carpintería, específicamente en las patas se realiza un afilado, reduciendo las dimensiones de la parte central de la pieza hacia los extremos.

Torx: Tipo específico de cabeza de tornillo con forma estrella hexagonada.

Taracea: Técnica artesanal de incrustación decorativa en madera mediante piezas de diversos materiales, generando patrones geométricos.

Diseño Geométrico: Uso de formas y patrones basados en principios matemáticos, para lograr composiciones estéticas y funcionales.

Teselado: División de un plano en figuras geométricas repetitivas sin superposición ni espacios vacíos.

Fractal: Principio matemático y geométrico basado en la autosimilitud y autorepetición.

Patrón Geométrico: Composición repetitiva de figuras que sigue principios de construcción controlada de la forma.

Modularidad: Principio de diseño donde formas unitarias aparecen más de una vez en el producto, susceptibles de ser agrupados y organizados de formas diferentes.

Material Multipropósito: Producto proyectado a base de madera susceptible de ser usado en múltiples propósitos según lo defina el usuario.

Antropometría: Estudio de las medidas y proporciones humanas para diseñar productos ergonómicos.

Diseño Contemporáneo: Creación de productos que integran corrientes de diseño, necesidades y tecnologías actuales.

Diseño Minimalista: Enfoque de diseño basado en la simplicidad, funcionalidad y eliminación de elementos innecesarios.

Materiales Autóctonos: Recursos obtenidos de forma local, que reflejan la identidad cultural de una región.

Aniconismo: Representación gráfica de seres divinos a través de la geometría, que evita la representación de humanos, animales o divinidades.

DFM (*Design for Manufacturing*): Principios de diseño enfocados en facilitar y optimizar los procesos de fabricación.

Curvatura transversal: Se refiere a la forma cóncava o convexa del respaldo vista desde arriba (en planta), adaptada a la anatomía de la parte superior de la espalda (zona escapular y hombros).

Resumen

Título: Configuración de alternativas modulares multipropósito mediante la técnica Taracea; aplicación en un comedor de 4 plazas. Diseño y construcción

Autor: José Miguel Carvajal Rodríguez

Palabras Clave: taracea; teselado; diseño geométrico; mobiliario.

Descripción:

Este proyecto de grado se propone configurar una colección de alternativas modulares mediante la aplicación de la técnica taracea, “que es un oficio artesanal de gran valor histórico, basado en la técnica de pegado e incrustación de materiales como carey, hueso, cuerno y caparazón de coco sobre superficies, generalmente de madera.

Estos materiales se disponen decorativamente para crear diseños y figuras geométricas en disposiciones rítmica” (Artesanías de Colombia, 2023).

Este proyecto se enfoca específicamente en taracea de madera sobre madera y como a través de esta técnica y utilizando maderas obtenida localmente de la región de Santander se puede proponer la producción de un material laminar "multipropósito" susceptible de ser usado en la fabricación de mobiliario.

La metodología se estructura en fases que inician con una investigación sobre la taracea y sus patrones geométricos, así como las especies de madera disponibles en la región de Santander y sus propiedades físico mecánicas y concluye con la producción de una colección de alternativas modulares multipropósito con diseños geométricos y disposición rítmica, así como el diseño y la construcción de un comedor de 4 plazas utilizando el material laminar producido.

El comedor será totalmente funcional, de tamaño real y con acabados finales, siendo el diseño de la silla el foco principal para posteriormente diseñar una mesa que conserve coherencia intraformal e interformal demostrando así su aplicabilidad en la fabricación de mobiliario, buscando hacer un aporte a la preservación y revitalización de la técnica taracea.

Abstract

Title: Configuration of multipurpose modular alternatives using the inlay technique; Application in a 4-seater dining room. Design and Construction

Author(s): José Miguel Carvajal Rodríguez

Key Words: inlay; tessellation; geometric design; furniture.

Description:

This degree project aims to configure a collection of multi-purpose modular alternatives through the application of the inlay technique. Inlay is a traditional craft of great historical value, based on the technique of gluing and inlaying materials such as tortoiseshell, bone, horn, and coconut shell onto surfaces, generally wood. These materials are decoratively arranged to create geometric designs and figures in rhythmic dispositions (Artesanías de Colombia, 2023).

This project focuses specifically on wood-on-wood inlay. It proposes that, by utilizing this technique and locally sourced woods from the Santander region, it is possible to propose the production of a "multi-purpose" laminar material susceptible to be used in furniture manufacturing.

The methodology is structured in phases beginning with an investigation into the inlay and its geometric patterns, as well as the wood species available in the Santander region and their physicomechanical properties. The project concludes with the production of a collection of multi-purpose modular alternatives featuring geometric designs and rhythmic disposition, as well as the design and construction of a 4-seater dining set utilizing the produced laminar material.

The dining set will be fully functional, real-sized, and feature final finishes. The design of the chair will be the main focus, followed by the design of a table that maintains intraformal and interformal coherence, thus demonstrating its applicability in furniture manufacturing and seeking to contribute to the preservation and revitalization of the inlay technique.

Faculty of Physics Mechanics. School of Industrial Design. Director: Eduardo Serafín Guevara Melo. Master of Science in Informatics. Co-Director: Jorge Alberto Sarmiento O'Meara, Specialist in Design Management

Introducción

La taracea, técnica ornamental con profundas raíces históricas en el arte islámico y la artesanía hispanoárabe, ha sido reconocida por su capacidad para fusionar estética y funcionalidad. Este oficio, basado en la incrustación de materiales en madera, se caracteriza por sus diseños geométricos y disposición rítmica, y ha sido adaptado a lo largo del tiempo en diversas regiones del mundo. En el contexto colombiano, esta técnica representa un valioso legado cultural que enfrenta actualmente el riesgo de desaparición.

En este proyecto de grado, se busca revalorizar la taracea mediante su aplicación en la configuración de alternativas modulares multipropósito, explorando su potencial como técnica para la producción de mobiliario contemporáneo. La investigación y desarrollo se enfoca específicamente en la región de Santander, aprovechando maderas autóctonas para proponer un material funcional y estético. Este material será utilizado en el diseño y construcción de un comedor de cuatro plazas, el cual integrará principios de diseño geométrico.

El trabajo no solo busca preservar una tradición artesanal, sino también demostrar su aplicabilidad en el diseño contemporáneo, promoviendo la sostenibilidad y el uso de recursos locales. Este enfoque representa un esfuerzo por combinar innovación y patrimonio, ofreciendo soluciones creativas que integran el arte, la cultura y la funcionalidad en un contexto de diseño industrial.

1. Planteamiento y justificación del Problema

La técnica taracea es un oficio basado en el pegado e incrustación de materiales generalmente de carey, hueso, cuerno y caparazón de coco dispuestos decorativamente sobre superficies generalmente de madera, que reproduce figuras que, por lo regular, tienden a ser de carácter geométrico y en disposiciones rítmicas (Herrera, 1989).

En la actualidad aún algunos talleres artesanales en el mundo continúan empleando la técnica taracea, con el fin de preservar así el valioso legado que los árabes han dejado en la historia. Por ejemplo, en un municipio de España, el taller de artesanías donde Manuel Morillo, un artesano que aprendió de su padre el oficio de la taracea, una de las técnicas artesanales nazaríes más minuciosas consistente en la creación de dibujos geométricos de estilo árabe en diferentes maderas que van superponiendo hasta crear un diseño único (Moreno, 2018).

Este artesano asegura que es una técnica destinada a desaparecer, es por esto por lo que trabaja cada día en su taller, para mantener viva esta tradición en el municipio de Mijas "No me gustaría que esto desapareciera y me gustaría que mi hijo lo heredara. Sería una pena que se perdiera porque es un legado que nos dejaron los árabes" comentó el artesano (Moreno,2018).

Ante esta problemática, se hace importante abordar la situación de estudio y encontrar soluciones que permitan preservar y revitalizar la técnica taracea. Pues como dijo Edwing Armando Ortega uno de los pocos maestros taraceadores de Colombia *“la taracea es una técnica olvidada hasta ese momento”* Por lo que se hace necesario investigar y desarrollar estrategias que promuevan su valoración, difusión y enseñanza, así como explorar alternativas para obtener materiales sostenibles y localmente disponibles que puedan ser utilizados en la taracea.

Figura 1*Edwing Armando Ortega*

Nota. Edwing Ortega uno de los pocos maestros taraceadores de Colombia. Tomado de (Artesanías de Colombia, 2023).

En la industria maderera colombiana encontramos especies muy valiosas como como el haya, el cerezo, el aliso y el arce, que siguen en alza, así como el roble claro. También aumenta el uso de coníferas como el abeto y el pino. El nogal es la única madera oscura que incrementa su demanda (Álzate 2004). En Santander se comercializan varias de las maderas mencionadas como el roble, pino y nogal y otras como cedro, guayacán, maqui, sapán y teca. La ciudad de Bucaramanga cuenta con una fuerte tradición en el trabajo de la madera, asimismo la región cuenta con numerosos aserríos donde la madera proveniente de bosques locales es procesada en tablones, tablas, listones o bloques y es comercializada.

En el contexto social, se evidencia la disminución en el número de artesanos dedicados a la taracea, lo que progresivamente lleva a una pérdida de conocimientos y relacionadas con esta antigua tradición artesanal. Esta situación se debe, en parte, a la falta de incentivos económicos y de reconocimiento social hacia esta labor, lo que ha llevado a una disminución en el interés de las generaciones más jóvenes por aprender y practicar la taracea.

En el contexto técnico, se establecen las herramientas necesarias para llevar a cabo este proyecto, Esta técnica requiere habilidades específicas y un conocimiento de las propiedades de los diferentes tipos de madera utilizada tales como humedad, dureza, densidad. Asimismo, requiere de conocimiento y experiencia en el manejo de herramientas especializadas como: sierra, planeadora, fresadora, lijadoras entre otras.

La importancia de este proyecto está fundamentada en la técnica taracea, la cual es un valioso patrimonio cultural que está en riesgo de perderse con el tiempo. Al investigar y promover su preservación, estamos contribuyendo a salvaguardar una tradición artesanal única y a mantener viva una forma de expresión cultural.

La incorporación de tecnología contemporánea para la fabricación de un material laminar multipropósito a partir de la técnica taracea representa una oportunidad para la innovación y la exploración de nuevas posibilidades en el diseño de interiores y la industria del mueble. Este proyecto busca demostrar la versatilidad y el potencial de la taracea como una técnica artesanal y funcional. Por lo anteriormente expuesto, se plantea la siguiente pregunta de investigación.

1.1. Formulación de la pregunta que permite abordar la situación de estudio

¿Cómo incorporar la técnica taracea en la fabricación de un material laminar multipropósito para la construcción de un comedor de 4 plazas?

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Configurar una colección de alternativas modulares basadas en la técnica Taracea; se aplicará en el diseño y fabricación de un comedor de 4 plazas.

2.2. Objetivos específicos

Investigar y analizar la técnica de la taracea, su historia, características, materiales utilizados y aplicaciones en el ámbito del diseño y fabricación de mobiliario.

Identificar y clasificar las maderas de la región de Santander, considerando sus propiedades físicas y disponibilidad, para determinar cuáles maderas serán incorporadas en la fabricación del material laminar.

Desarrollar una colección de alternativas modulares con diseño geométrico y disposición rítmica.

Hacer un aporte a la preservación y revitalización de la técnica taracea.

Diseñar y construir un comedor de 4 plazas utilizando el material laminar producido a partir de la incorporación de sobrantes de madera y otras maderas oriundas de la región de Santander con el fin de demostrar la viabilidad de su uso en la industria del mobiliario.

3. Marco Teórico

El presente marco teórico busca fundamentar el desarrollo del proyecto desde una perspectiva conceptual y metodológica, tomando como eje central la técnica de la taracea y su relación con el diseño geométrico, los materiales, la innovación y el mobiliario contemporáneo. El propósito es comprender cómo una tradición artesanal con un profundo legado histórico puede proyectarse en propuestas de diseño que respondan a las necesidades actuales, revitalizando al mismo tiempo prácticas culturales y aportando al diseño sostenible.

3.1. Taracea

La taracea es una técnica ornamental de gran tradición en la artesanía hispanoárabe y el arte islámico. Consiste en la incrustación de diversos materiales —madera, hueso, carey o conchas— sobre superficies de madera, generando composiciones decorativas geométricas de alto valor estético (Artesanías de Colombia, 2023). Históricamente, la taracea ha representado un puente entre funcionalidad y belleza, al ser aplicada tanto en mobiliario como en objetos decorativos. Hoy, la taracea constituye no solo una técnica artística, sino también un símbolo de patrimonio cultural tangible e intangible que conecta a las comunidades con su historia y creatividad (Díaz, 2021).

Figura 2*Mesa de ajedrez*

Nota. Ejemplo de taracea simple. Tomado de (Artesanías de Colombia, 2024).

3.2. Geometría como lenguaje de la taracea

El diseño geométrico constituye el eje visual de la taracea, sustentado en principios matemáticos como la simetría, los teselados y la proporción áurea se generan configuraciones armónicas y complejas. Como explica Ruiz (2021), este tipo de diseño ha sido utilizado históricamente en tradiciones artísticas como el arte islámico, en el que los patrones geométricos no solo responden a un fin estético, sino también a significados espirituales. El teselado, entendido como la división del plano en formas repetitivas sin vacíos ni superposiciones, constituye un principio clave en la creación de patrones decorativos de alta precisión (Lovric, 2009).

A su vez, los patrones geométricos, derivados de la repetición matemática de figuras, enriquecen la expresividad visual y promueven la experimentación en el diseño de muebles (Requena, 2014). La geometría islámica, con su carácter espiritual y su búsqueda de armonía, ha influido notablemente en la taracea al inspirar composiciones simétricas y rítmicas (Burckhardt, 1987). Finalmente, las proporciones matemáticas regulan la relación entre dimensiones, asegurando equilibrio y coherencia estética en los diseños (Burckhardt, 1987).

Figura 3

Mesa de Florencia - Alessandro Mendini



Nota. Mesa inspirada en el infinito, con bordes redondeados. Tomada de (Galería Kreo Dakota del Norte, s.f.)

3.3. Material Laminar y técnicas artesanales

El valor de la taracea no solo reside en el diseño, sino también en los materiales y procesos que la hacen posible. El material laminar se refiere a una estructura compuesta por capas delgadas de material adheridas entre sí, utilizadas para maximizar la resistencia y versatilidad. En la técnica de la taracea, estas láminas de madera se fabrican, combinando colores y texturas para crear superficies únicas. (archdaily, 2015). Su fabricación se vincula directamente con técnicas artesanales transmitidas generacionalmente, donde la precisión y la creatividad marcan la diferencia. Díaz (2021) resalta que estas técnicas, aunque adaptadas a contextos modernos, conservan valores culturales y funcionales que fortalecen la identidad artesanal en un mundo cada vez más industrializado.

3.4. Innovación y sostenibilidad

El contexto contemporáneo exige que las tradiciones artesanales se proyecten hacia la innovación.

La innovación artesanal combina saberes tradicionales con tecnologías modernas, abriendo posibilidades para nuevos mercados y aplicaciones sin perder la esencia histórica (Alm, 2023).

La sostenibilidad se integra de manera natural en la taracea, dado que reutiliza sobrantes de madera, emplea materiales locales y se desarrolla mediante técnicas de bajo impacto ambiental (Hernández, 2016). Asimismo, el principio de modularidad resulta clave para el diseño multipropósito, ya que permite configurar sistemas flexibles y adaptables a distintos contextos de uso (Kolokolnikov, 2017). En este sentido, la taracea no solo preserva el pasado, sino que se adapta a los desafíos actuales vinculados a la eficiencia, la reutilización y el diseño responsable.

3.5. Diseño contemporáneo y tendencias actuales

La relación entre tradición y modernidad se manifiesta en el diseño contemporáneo, entendido como la creación de productos que reflejan las necesidades y estéticas actuales sin abandonar sus raíces. En la taracea, esta visión se traduce en muebles funcionales que, además de rescatar un legado artesanal, dialogan con las exigencias del mercado moderno (Artesanías de Colombia, 2024).

El diseño contemporáneo también incorpora criterios de antropometría, garantizando que el mobiliario taraceado se adapte a las dimensiones y necesidades del cuerpo humano, ofreciendo comodidad y ergonomía (Maradei & Espinel, 2009). A su vez, el enfoque del diseño minimalista contribuye a resaltar la esencia de los patrones geométricos y los materiales naturales, equilibrando tradición y modernidad mediante propuestas estéticas simples y funcionales (Gessato, s.f.).

Figura 2.

Tabla de corte – Madera teca vista de testa



Nota. Aplicación de propiedades y geometría de la madera. Tomada de (Templo del Filo, 2025.)

4. Metodología

La metodología de este proyecto se enmarca en un enfoque cualitativo, exploratorio y proyectual, propio del diseño industrial, cuyo propósito fue desarrollar alternativas modulares multipropósito mediante la aplicación de la técnica de la taracea y el diseño geométrico. Para ello, se recurrió a herramientas de investigación en diseño, análisis de referentes, exploración formal y validación de conceptos, que permitieron fundamentar tanto de manera teórica como práctica las decisiones de diseño a lo largo del proceso.

El desarrollo se estructuró en cuatro fases principales. La primera correspondió a la fase de investigación y análisis, en la cual se recopiló información relacionada con la taracea, los patrones geométricos y el mobiliario modular contemporáneo. En esta etapa se aplicaron herramientas como la revisión bibliográfica, el análisis de referentes (especialmente de mobiliario y artes decorativas), el *benchmarking* y la observación directa en talleres artesanales. Asimismo, se elaboraron mapas conceptuales y *moodboards* con el fin de sintetizar las influencias formales, estéticas y funcionales que servirían como base para la propuesta.

Posteriormente, en la fase de conceptualización, la información recolectada se tradujo en propuestas de diseño preliminares. Se emplearon herramientas como diagramas funcionales, bocetaje exploratorio, teselados geométricos y análisis de patrones, a partir de los cuales se generaron configuraciones modulares iniciales que integraban la taracea con el mobiliario. Durante este proceso se consideraron también principios de antropometría y ergonomía, lo que permitió garantizar la usabilidad de las propuestas y su pertinencia en el contexto del mobiliario doméstico.

La fase de desarrollo y prototipado consistió en la consolidación de las propuestas seleccionadas. Para ello se recurrió al modelado tridimensional en software CAD, que permitió

evaluar proporciones, uniones y posibles configuraciones modulares. De igual manera, se construyeron prototipos a escala en madera, aplicando la técnica de la taracea en ejercicios experimentales que posibilitaron poner a prueba la factibilidad material y estética de los diseños. En este punto se tuvieron en cuenta criterios de sostenibilidad, como el uso de maderas autóctonas y la reutilización de sobrantes, fortaleciendo el valor ambiental y cultural de la propuesta.

Finalmente, la fase de validación y resultados estuvo orientada a verificar la pertinencia y calidad de las alternativas propuestas. Se aplicaron técnicas como encuestas, a través de consultas con artesanos y diseñadores, el análisis de factibilidad constructiva y la revisión estética-funcional a lo largo del proceso. El resultado fue la documentación y definición de configuraciones multipropósito que no solo cumplen con criterios de modularidad y valor estético, sino que también rescatan y revalorizan la tradición artesanal de la taracea en un contexto contemporáneo.

5. La taracea, su historia, características, materiales utilizados y aplicaciones en el ámbito del diseño y fabricación de mobiliario

La taracea es una técnica ancestral que pertenece a las artes decorativas, cuyo origen se remonta al mundo árabe. Su objetivo principal consiste en crear composiciones geométricas mediante el ensamblaje de piezas de madera de diversas especies cuidadosamente seleccionadas, cortadas y empalmadas con meticulosidad. Según el Patronato de la Alhambra y el Generalife, entidad responsable de la conservación del Conjunto Monumental de la Alhambra y el Generalife en Granada, España, el término "taracea" proviene del árabe hispano *tarsí*, derivado del árabe clásico *tarṣī*, que hace referencia a la técnica de incrustación. Este arte ornamental se basa en colocar pequeñas piezas de madera sobre superficies, logrando decoraciones únicas y detalladas (2016)

Por su parte, el investigador Herrera Neve, en su publicación *Listado general de oficios artesanales* realizados para Artesanías de Colombia (1989), define la taracea como un oficio que implica la incrustación y pegado de diversos materiales, como carey, hueso, cuerno y caparazón de coco, sobre superficies de madera. Estas incrustaciones suelen reproducir figuras geométricas dispuestas en patrones rítmicos y decorativos, lo que destaca el carácter estético y funcional de la técnica.

El hallazgo más antiguo relacionado con la taracea se remonta a la civilización sumeria, ubicada en el territorio que hoy corresponde a la República de Irak. En 1920, el arqueólogo británico Leonard Woolley descubrió el *Estandarte de Ur*. una caja trapezoidal de madera atribuida al período protodinástico (aproximadamente 2500 a. C.) Este artefacto destaca por su uso de materiales como lapislázuli, roca caliza, cornalina y conchas, incrustados mediante la técnica de la taracea, lo que evidencia la sofisticación de esta práctica desde épocas remotas.

Figura 3*Estandarte de Ur*

Nota. Objeto de forma trapezoidal, en madera con incrustaciones de calizas rojas, cornalinas, lapislázuli y conchas. Tomado de (La Cámara del Arte, 2021).

Este descubrimiento que actualmente reposa en las instalaciones del museo británico en Londres es una reconstrucción lograda a partir del negativo que estaba impreso en la tierra. Asimismo, otros descubrimientos han arrojado luz sobre el uso de la taracea en el mundo árabe. En el territorio que hoy conocemos como Siria, las muestras arqueológicas recuperadas, datadas en torno al año 1500 a. C. revelan que los artesanos decoraban muebles lujosos con incrustaciones de piedras semipreciosas, conchas y huesos, destinados a los palacios de las ciudades más prominentes. (Enciclopedia Británica, 2023).

En la península ibérica, específicamente en Granada, capital del Reino Nazarí, la cultura musulmana alcanzó su mayor esplendor. Esta civilización dejó un legado significativo a través de su diseño urbanístico, sus logros arquitectónicos, como los palacios de la Alhambra y el Generalife, y la ornamentación basada en patrones geométricos. Declarados Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO, estos monumentos reflejan la riqueza del arte islámico y su inclinación por el aniconismo, un estilo que evita representaciones figurativas, centrándose en formas geométricas.

La geometría no solo es un elemento estilístico en el arte islámico, sino también un principio organizador presente en toda su arquitectura y ornamentación. En el arte nazarí, los diseños geométricos se repiten en diversos formatos y superficies, como se evidencia en la “*jamuga*” una silla de doble tijera decorada con taracea en plata, marfil y cuero repujado, o en la caja octogonal. Su decoración tiene un diseño geométrico organizado en diferentes niveles y con distintos tratamientos en la zona de tapadera, en cada una de las caras del octágono que forman el cuerpo de la caja y en las bandas continuas que delimitan la pieza tanto en la zona superior como en la inferior; ambos objetos representativos del refinamiento de esta técnica.

Figura 4

Jamuga o silla de caderas



Nota. Silla de doble tijera, taracea con plata y marfil. Tomado de (Patronato de Alhambra y Generalife, 2014)

Figura 5*Pixis Nazari*

Nota. Cuerpo octogonal con incrustaciones, aplicando la técnica taracea, de hueso natural teñido de azul y verde. Tomado de (Christie's, 2023)

La llegada de la taracea a territorio americano marcó un hito en la historia del diseño y la artesanía de esta región. Durante la conquista española, junto con los colonizadores, arribaron una gran cantidad de objetos y muebles fabricados en madera mediante la combinación de técnicas de ebanistería y taracea. Esta transferencia cultural permitió que los artesanos locales aprendieran y adaptaran esta técnica, que ha logrado perdurar hasta la actualidad, conservando su esencia ornamental y optimizando los recursos materiales.

La Revista internacional de investigación en mobiliarios y objetos decorativos por Patricia Díaz para el instituto de investigaciones estéticas en México, en donde hablan a partir de la historiografía del arte novohispano, cómo aún siguen vivos técnicas como la taracea para diseños decorativos, según esta investigación cuenta como siguen siendo usado estas técnicas, las cuales son vinculadas con la ciudad de Puebla dentro de un grupo más amplio de mobiliario taraceado con decoración geométrica.

En el museo de Arte popular de la ciudad de México entre el 31 de agosto y el 17 de noviembre del año del 2019, se presentó un repertorio heterogéneo de muebles taraceados, Esto evidencia que todavía sigue vigente la tendencia a entender este tipo de piezas atemporalmente, como el producto de una herencia, de un origen, de una tradición o de una pervivencia del arte hispanomusulmán (Díaz,2021).

Figura 6

Mesa estilo barroco



Nota. Placas de pierna grabadas y ennegrecidas, con detalles de marquetería en la lámina (Museo Colonial Santa clara, 2020)

Actualmente en Colombia, existen museos como el Museo colonial santa clara, el cual cuenta con exposiciones de la técnica taracea, en donde se expone una pieza llamada “Bufetillo”, la cual es madera taraceada y torneada. En el tablero de este ejemplar podemos apreciar la ornamentación en taracea, técnica decorativa consistente en incrustar gran número de fragmentos de maderas u otros materiales de diferentes calidades y colores para componer motivos

decorativos. Esta decoración se observa en la parte central y en los bordes que rodean los medallones presentes en el tablero. (Museo Colonial,2020)

Figura 7

Jarrones artesanales barniz de pasto



Nota. Aplicación de la técnica barniz de pasto. Tomado de (GRANJA, 2020)

Técnica de procedencia aborigen, consistente en el trabajo de aplicación de telas de contextura elástica, elaboradas con sustancias vegetales extraídas del árbol mopamopa. Dichas sustancias se procesan con técnicas de maceración, molido y cocción para su conversión, por estiramiento, en telas transparentas, y que se aplican sobre superficies de madera. (Herrera, 1989).

Hay quienes afirman que la taracea debería iniciar una adaptación hacia las nuevas tecnologías, y su aplicación en nuevos productos, en beneficio tanto del artesano como del diseñador por ejemplo La utilización de tecnología láser para el corte y grabado de la madera, ahorraría mucho tiempo / mano de obra que a su vez bajaría los costos de producción, (Hernández, 2016).

Gracias a los avances en los procesos de industrialización durante el siglo XX, la madera, principal material empleado en la taracea, se puede encontrar en calibres tan delgados como $\frac{1}{2}$ mm, en forma de chapillas. Este desarrollo no solo reduce el desperdicio de material, sino que también facilita la fabricación, haciendo de esta técnica una opción más accesible para nuevas aplicaciones en el diseño.

Es precisamente este desafío el que motiva el desarrollo del presente proyecto de grado, el cual busca revalorizar y preservar la taracea, promoviendo su difusión y adaptándola a las demandas del diseño contemporáneo. La investigación se centra en la creación de alternativas modulares multipropósito aplicadas a un comedor de cuatro plazas, explorando la viabilidad de combinar esta técnica artesanal con enfoques sostenibles y materiales localmente disponibles.

Este proyecto de grado apunta a ofrecer un aporte a la preservación cultural de esta técnica y se sumerge en la esencia de la taracea como una técnica ornamental del arte islámico, influenciada históricamente por la geometría. no solo como un elemento estético, sino también como una representación de verdades espirituales y cósmicas. Según Burckhardt (1987), la geometría en este contexto refleja proporciones fundamentales que encarnan la esencia de la belleza, alineándose con la idea platónica de que *“La belleza es el esplendor de la verdad”*.

Los patrones geométricos islámicos, caracterizados por su simetría y ritmo, ilustran una riqueza infinita de variaciones que invitan a la contemplación. Estos diseños se basan en principios matemáticos estrictos, como las isometrías, que incluyen traslaciones, rotaciones, simetrías y simetrías deslizadas, permitiendo un crecimiento lineal que puede extenderse indefinidamente. En el caso de la taracea, esta riqueza geométrica se manifiesta en composiciones cuidadosamente teseladas, donde círculos, estrellas y polígonos se multiplican y subdividen en patrones que pueden abarcar superficies completas. Como la describe (Ruiz, 2021) la innovación de los artesanos

hispanomusulmanes radica en la capacidad de crear patrones con múltiples ejes de simetría, logrando diseños que combinan funcionalidad y estética en perfecta armonía.

Figura 8

Alicatados



Nota. Alicatados hispanomusulmanes basados en: epigrafía, vegetación y geometría. (Generalife, 2017).

Existe una característica que está presente en todos los patrones geométricos islámicos y es la simetría, y para dar un significado preciso a la palabra "simetría", necesitamos introducir el término geométrico del movimiento rígido. Un movimiento rígido de un objeto es un movimiento que mantiene inalterada la dimensiones (es decir, tamaño, forma, ángulos, distancias) y posición

relativa de los puntos de ese objeto. Hay cuatro tipos de movimientos rígidos en el plano: traslación, reflexión, rotación y reflexión de planeo (Lovric M. 2009).

Los entramados geométricos de la decoración del arte hispanomusulmán se basan en tres elementos claves para teselar el plano.

1. Un motivo poligonal como base de las composiciones.
2. La creación de composiciones a través de isometrías, es decir, de movimientos del plano de dichos motivos conservando sus proporciones. Esto se lleva a cabo mediante:

- Traslación: desplazamiento a una nueva posición fijo sin cambiar la orientación.
- Rotación: giro directo del motivo sobre un punto fijo.
- Simetría: reflexión o imagen especular inversa del motivo.
- Simetría deslizada: traslación de la reflexión en el mismo eje sin un punto fijo.

3. El crecimiento lineal de dichas composiciones que se podría continuar hasta el infinito.

La repetición simétrica, la multiplicación y subdivisión en fracciones o partes, de los círculos, cuadrados, estrellas y polígonos -especialmente pentágonos y octágonos- son frecuentes en la geometría musulmana, pero lo más interesante es que ellos hicieron patrones geométricos teselados con 2,3,4,5 y 6 ejes de simetría, es decir, con todas las únicas y posibles que permiten ‘rellenar’ todo un plano utilizando la misma pieza (Ruiz C, 2021).

5.1. La geometría sagrada del islam: un testimonio histórico de la armonía entre ciencia y religión

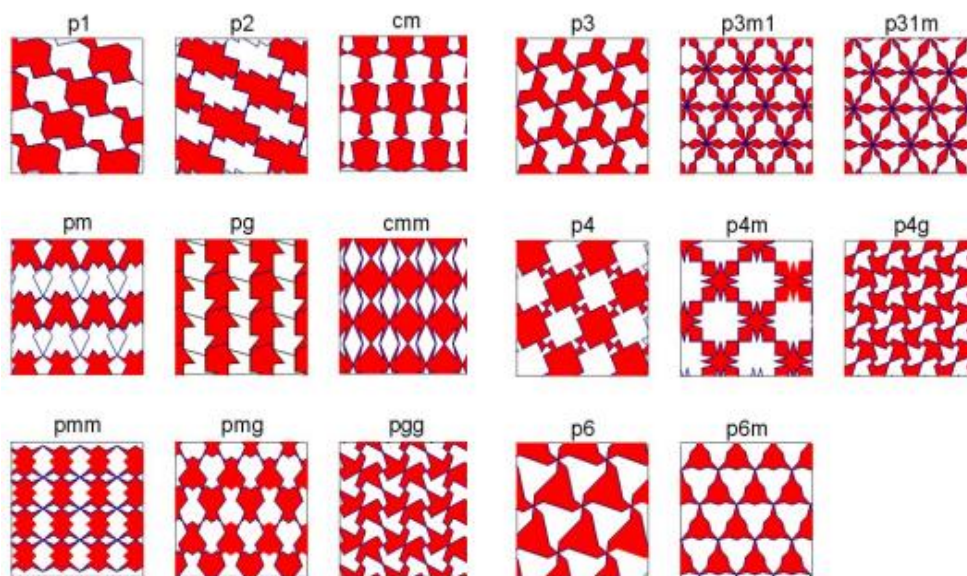
En geometría existen sólo 17 grupos cristalográficos planos, es decir 17 formas de teselar un plano. Estos grupos cristalográficos fueron demostrados por el cristalógrafo ruso (Fedorov E. 1891), sin embargo, todos ellos habían sido representadas con anterioridad en la Alhambra. Los artesanos

nazaríes trazaron con tal maestría las representaciones geométricas que llegaron a generar todos los grupos de simetría posibles dejando un legado no solo ornamental, sino también matemático pues es el único monumento antiguo en el cual están presentes los 17 diseños. Estos grupos pueden ser agrupados en función del orden máximo de giros, así se generan:

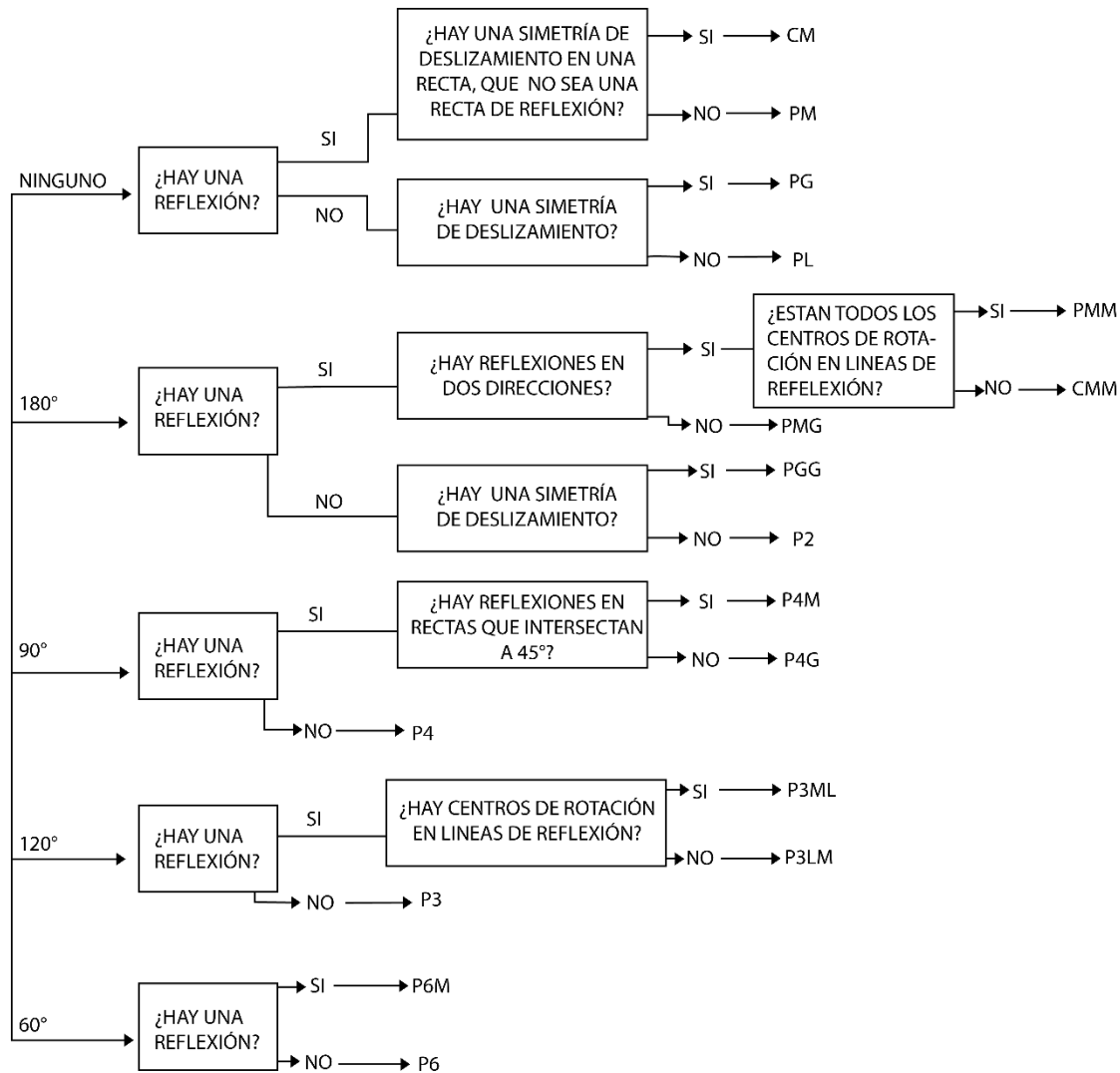
- Grupos de simetría sin giros: Existiendo 4 grupos (en concreto, según la nomenclatura del sistema internacional abreviado: P1, cm, pg y pm)
- Grupos de simetría con giros de 180 grados: Existiendo 5 tipos de simetría (P2, cmm, pmm, pmg, pgg)
- Grupos de simetría con giros de 120 grados: Con 3 grupos de simetrías (P3, P31m, P3m1)
- Grupos de simetría con giros 90 grados: Con 3 grupos (P4, P4m, P4g)
- Grupos de simetría con giros de 60 grados: Con 2 grupos (P6, P6m)

Figura 9

Grupos cristalográficos planos



Nota. Las 17 formas de teselar un plano. Tomado de (Macauley, 2014)

Figura 10*Flujograma para la clasificación del grupo cristalográfico*

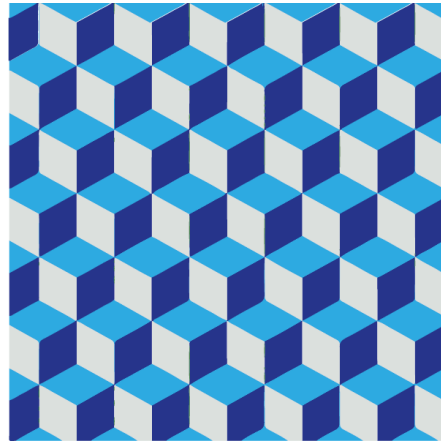
Nota. Diagrama de flujo en el cual se clasifican los 17 grupos cristalográficos, los cuales representan todas las maneras de teselar un plano. Tomado de (Wan Bakar et al., 2019)

Muchos de estos patrones teselares al ser observados transmiten al espectador la sensación de volumen, otro aspecto fundamental del diseño geométrico islámico como lo es la ilusión óptica. Los azulejos heredan de los mosaicos la visión estereográfica. Uno de los azulejos más repetidos

son los tres rombos para formar un hexágono: la ilusión espacial de los cubos, que además es un trampantojo doble.

Figura 11

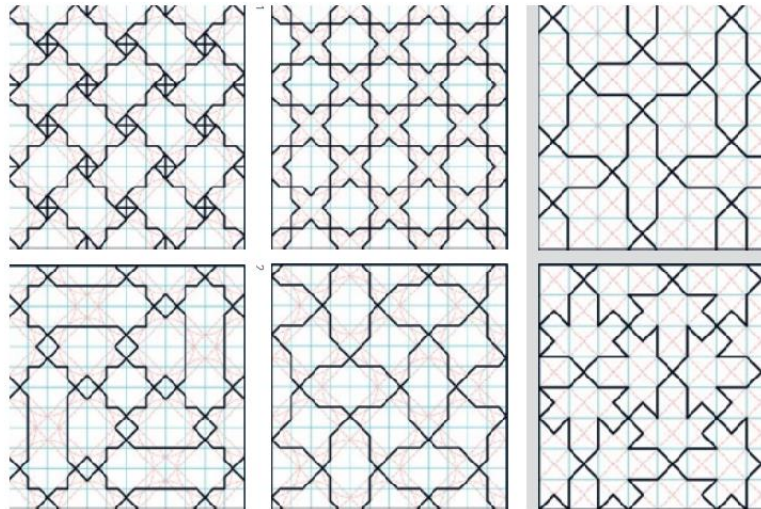
Ejemplo de azulejo



Nota. Cada módulo está compuesto por 3 rombos, y estos al ser agrupados generan la ilusión óptica. .

Las geometrías regulan el orden de los patrones basándose en proporciones matemáticas, lo que influye en la comprensión del universo, el hombre y la naturaleza; Estas proporciones son, por su naturaleza, los ingredientes esenciales de la geometría sagrada, ya que los pitagóricos afirmaron que estas proporciones armónicas interpretan la música en un patrón equilibrado.

La proporción geométrica está fuertemente ligada a la cosmología, la filosofía y las dimensiones metafísicas islámicas. Aporta significados y ejercicios espirituales al espectador, deconstruyendo los significados que sustentan el marco geométrico. Como tal, el espectador es más que un observador; él o ella participa en el establecimiento de un fuerte vínculo con la geometría que simboliza al hombre, la naturaleza y el cosmos (Dabbour, 2012).

Figura 12*Ejemplo de teselados*

Nota. Geometric proportions: The underlying structure of design process for Islamic geometric patterns, *Frontiers of Architectural Research*, Volume 1, Issue 4 (Dabbour, 2012).

La influencia del cristianismo en las tendencias decorativas se orientó hacia las artes figurativas, destacándose por representar seres supremos y figuras humanas. Países como Italia, Austria, los Países Bajos y Alemania adoptan diseños basados en elementos orgánicos, como motivos animales, florales y humanos. Italia se consolidó como el máximo exponente de estas artes durante el Renacimiento, cuando la Iglesia católica apadrinó a grandes artistas. Un ejemplo notable es Fray Damiano Zambelli da Bergamo, nacido en 1490, reconocido por su dominio en la técnica de la taracea. Su trabajo sobresale por la precisión y la maestría que transformaron sus obras en verdaderas narraciones históricas y referentes para la incrustación pictórica.

Figura 13

Ejemplo de taracea



Nota. Obras del maestro Fray Damiano Zambelli. Tomado de (Victoria, 2015).

Esta técnica alcanzó su esplendor en el Renacimiento, destacándose en proyectos como el “*studiolo*” del duque Federico da Montefeltro, en su palacio en Gubbio. Este espacio, creado por Francesco di Giorgio Martini, incluye paneles de marquetería que representan objetos como armaduras, insignias, instrumentos musicales y libros. Estas representaciones, realizadas con maderas como nogal, haya, palisandro y roble, son testimonio del amor del duque por el estudio y su legado bélico. El “*studiolo*” magnífica muestra de un interior renacentista, solo es comparable con otra estancia encargada por el mismo para su palacio en Urbino, donde aún puede admirarse (Metropolitan Museum of Art. S.f.).

Figura 14

Studiolo del duque Federico da Montefeltro



Nota. Mobiliario ubicado en el palacio en Gubbio Tomado de (Ducal Palace in Gubbio, 2021).

Figura 15

Gabinete plus ultra



Nota. Hecho de nogal con incrustaciones de motivos y ornamentos en perspectiva. Tomado de (Victoria, 2025).

Aunque históricamente considerada una artesanía menor, la taracea ha ganado reconocimiento en años recientes por su complejidad y capacidad para asombrar al observador. Este cambio en la percepción ha revitalizado su apreciación como arte aplicado. Actualmente,

empresas como Tarxia, fundada en Granada por Adrián Rosales Millán, Rafael Ruiz Casares y Tomás Beas Bimbela, han revitalizado esta técnica. Su enfoque combina tradición y creatividad para producir carcasas de iPhone, gafas de madera y otros artículos personalizados, utilizando patrones geométricos tradicionales. Gracias a su innovación, Tarxia recibió en 2020 el apoyo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional para implementar un plan de marketing digital internacional.

Figura 16

Caja octogonal - Taracea Siria - Modelo Damasco.



Nota. Cajón hecho con el más mínimo detalle aplicando la técnica taracea por maestros ebanistas. Tomado de (Jaima Alkaúzar, 2025).

Figura 17

Productos de la empresa Laveta aplicando la técnica taracea.



Nota. Colección realizada junto con tarxia, cuidando y empleando materiales 100% naturales.
Tomado de (LAVETAxTARXIA, 2025).

Las principales herramientas de trabajo en esta técnica son, en su mayoría, las mismas utilizadas para la talla y el labrado de la madera como formones, gubias, mazos, serruchos, cepillos, garlopas, pulidoras. Entre los productos elaborados bajo esta técnica, se destacan los bargueños, las mesitas de centro y esquineras, algunos muebles, cofres y cajas, entre otros (Artesanías de Colombia 2024).

En el ámbito contemporáneo, Michael Alm, diseñador radicado en la Seattle, ha explorado la técnica de la taracea utilizando madera contrachapada, también conocida como tríplex. Este

material, fabricado con capas de madera blanda laminada, es valorado por su ligereza y resistencia. Alm desarrolló un producto denominado "madera contrachapada estampada", que consiste en paneles de triplex con patrones decorativos. Estos paneles son versátiles y pueden usarse en mobiliario, frentes de cajones y otros proyectos de carpintería (Alm, 2023).

Estos paneles de patrones en madera contrachapada se pueden volver a aserrar o cortar en cualquier forma que se adapte a su proyecto. Son ideales para una amplia gama de aplicaciones, incluida la fabricación de muebles, frentes de cajones, balanzas para cuchillos, posavasos o incluso como lienzo en blanco (Alm M. 2023).

Figura 18

Paneles de madera contrachapada



Nota. Patterned plywood (Alm, 2019)

A pesar de su riqueza cultural, la taracea enfrenta el riesgo de desaparecer. Los artesanos destacan la importancia de preservarla como un legado dejado por los árabes. En este contexto, surgen proyectos que buscan combinar la tradición con aplicaciones contemporáneas. Se propone crear un material laminar multipropósito mediante la técnica de taracea utilizando maderas nativas de Santander. Este material podría emplearse en la fabricación de mobiliario, como un comedor de cuatro plazas, demostrando su viabilidad en la industria del diseño mobiliario.

La preservación de la taracea es esencial no solo por su valor cultural, sino también por su potencial para innovar en la industria del mueble. Este enfoque permite integrar elementos únicos y personalizados, ampliando las opciones en el diseño de interiores y fortaleciendo la tradición artesanal en un contexto contemporáneo.

6. Maderas de la región de Santander

Figura 19

Maderas en Bucaramanga



Nota. Maderas no ordinarias disponibles en los aserríos de la ciudad de Bucaramanga. .

La industria maderera en Colombia se caracteriza por su amplia gama de especies forestales que abarcan desde maderas comunes hasta maderas finas y exóticas. Según Álzate (2004), en Colombia destacan especies como el haya, el cerezo, el aliso y el arce, así como el roble claro. También se observa un aumento en el uso de coníferas como el abeto y el pino, mientras que el nogal, siendo la única madera oscura, incrementa su demanda.

Colombia, por su naturaleza, es un territorio predominantemente forestal. De los 114 millones de hectáreas que componen el país, aproximadamente 55 millones (50% del territorio nacional) mantienen cobertura forestal. De esta área, el 50% está concentrado en tierras colectivas de comunidades indígenas y afrodescendientes (Delgado, 2013). Estas vastas áreas forestales ofrecen una diversidad de maderas con diferentes características, como textura, color, densidad, olor y resistencia, que las hacen adecuadas para diversos productos finales.

Blanco (2020), en el "Catálogo de maderas de Colombia", caracteriza las 30 especies forestales maderables más movilizadas en el país. Estas representan el 70% del volumen de madera comercializado a nivel nacional proveniente de bosques naturales. El 67% de la madera movilizada corresponde a madera en bloque, el 20% de madera en troza o rolliza, y el 13% restante a productos

con transformación primaria y secundaria. Las especies seleccionadas son las de mayor demanda debido a su resistencia, trabajabilidad, durabilidad y comportamiento adecuado para usos como construcción, producción de chapas y contrachapados, fabricación de muebles y carpintería.

Según Blanco (2020), las especies más movilizadas y utilizadas en el país son seleccionadas por sus excelentes características mecánicas y estéticas. Esto subraya la importancia de realizar un análisis técnico y descriptivo de las maderas empleadas en procesos de transformación y producción de mobiliario. En este contexto, se propuso realizar una encuesta en aserríos y depósitos de madera en Bucaramanga.

Tabla 1

Encuesta de disponibilidad

Nombre común	Disponible	No disponible	Alguna vez
Guaymaro			x
Roble flormorado	x		
Cedro	x		
Caracolí		x	
Mequí	x		
Abarco de río			x
Perillo			x
Sapán	x		
Nogal cafetero	x		
Algarrobo			x
Eucalipto		x	
Pino	x		
Teca		x	
Guayacán Amarillo	x		
Guayacán rosado	x		

Nota. Encuesta enfocada a administradores o dueños de aserríos y ventas de madera. .

El objetivo de esta encuesta es contrastar las percepciones locales con la información proporcionada por (Álzate, 2004) Este análisis es fundamental para seleccionar las especies maderables sobre las cuales se hará una revisión bibliográfica para recopilar datos relevantes como sus propiedades físicas y mecánicas, así como descripciones de sus características.

La combinación de conocimiento empírico y datos bibliográficos permite fundamentar mejor las decisiones relacionadas con el uso de maderas en proyectos de diseño y manufactura.

Tabla 2

Encuesta madera santandereana por excelencia

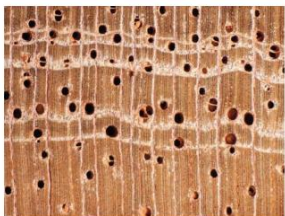
Proveedor	Madera Santandereana por excelencia
Aserrio 1	Guayacán Amarillo
Aserrio 2	Roble Flormorado
Aserrio 3	Nogal
Aserrio 4	Cedro Rosado
Aserrio 5	Nogal
Aserrio 6	Roble Flormorado
Aserrio 7	Nogal
Aserrio 8	Nogal
Aserrio 9	Guayacán Amarillo

Nota. Encuesta enfocada a administradores o dueños de aserríos y ventas de madera. .

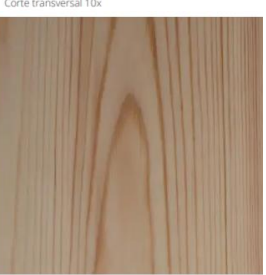
A partir de la tabla anterior se identifican las maderas mencionadas, sumado a la experiencia como carpintero, desarrollando la siguiente tabla donde se detallan estas maderas, junto con sus propiedades físicas y mecánicas.

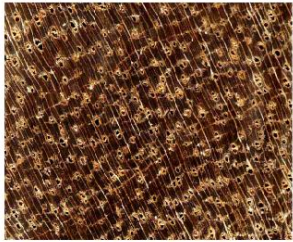
Tabla 3

Características de maderas identificadas

Nombre Común / Científico / Familia	Características	Propiedades Físicas y Mecánicas
Cedro Rosado Cedrela odorata Meliaceae  Corte transversal 10x	Albura castaño claro; duramen rosado a rojizo oscuro; textura mediana; grano recto o entrecruzado; lustre medio a alto. Fácil de trabajar, pero puede presentar acebolladuras y problemas con goma. Excelente retención de clavos, acabado y encolado. Popular en la industria de chapas y contrachapados. Destaca por su facilidad de trabajo y versatilidad. Producido en mayor proporción en Nariño (36%) y Santander (30%).	Densidad: 0,42 g/cm ³ Módulo de elasticidad: 8465 Mpa Dureza Janka: 265 Kgf

Nombre Común / Científico / Familia	Características	Propiedades Físicas y Mecánicas
 Corte tangencial macro Guayacán Amarillo <i>Handroanthus chrysanthus</i> Bignoniaceae  Corte transversal 10x	Madera muy dura y pesada (1.195 g/cm³), textura fina, grano entrecruzado. Difícil de trabajar por su dureza y aceites naturales. Resistente a termitas y agua salada. Adecuada para torneado y uso industrial. Utilizada en muebles, pisos industriales y artesanías. Muy durable a la intemperie. Requiere cuidados especiales en el clavado, encolado y acabado debido a su resina.	Densidad: 0.95 g/cm³ Módulo de elasticidad: 131.000 kg/cm Dureza Janka: 3.510 -4.500 lbF
 Corte tangencial macro Maquí / Amargoso <i>Vatairea guianensis</i> Leguminosae  Corte transversal 10x	Duramen castaño rojizo, textura gruesa, grano recto a irregular. Moderada resistencia al procesamiento mecánico. Alta resistencia a la pudrición y termitas, pero vulnerable a brocas y organismos marinos. Resistente y de textura gruesa. Útil para perforación y torneado, pero presenta levantamiento de fibras en la planeadora. Moderadamente permeable a preservativos.	Densidad: 0,59 g/cm³ Módulo de elasticidad: 13435 Mpa Dureza Janka: 695 Kgf

Nombre Común / Científico / Familia	Características	Propiedades Físicas y Mecánicas
 Corte tangencial macro Nogueira / Mónico <i>Cordia alliodora</i> Boraginaceae	Albura amarilla a marrón claro; duramen marrón dorado con vetas longitudinales oscuras; textura fina; grano recto o irregular; lustre medio a alto. Fácil de trabajar, buen acabado, alta resistencia al clavado, encolado y al uso estructural.	Densidad: 0,39 g/cm³ Módulo de elasticidad: 8775 Mpa Dureza Janka: 247 Kgf
 Corte transversal 10x	Madera versátil y resistente a termitas. Popular en chapas, muebles y tableros aglomerados. La albura es más susceptible a deterioro que el duramen.	
 Corte tangencial macro Pino Prumnopitys montana Podocarpaceae	Albura amarillo pálido, duramen rojizo. Fibra recta, grano fino o medio. Resistente y versátil, pero afecta el trabajo la presencia de nudos y resina. Fácil de cepillar y secar, aunque con riesgos de deformación y problemas en el acabado debido a la resina.	Densidad: 540 kg/m³ Módulo de elasticidad: 90.000 kg/cm² Dureza Janka: 420 lbf
 Corte transversal 10x	Una de las maderas más usadas por su abundancia y facilidad de trabajo. Es adecuada para carpintería en general, pero requiere cuidado para evitar embotamiento de herramientas y deformaciones.	
Corte tangencial macro		

Nombre Común / Científico / Familia	Características	Propiedades Físicas y Mecánicas
Roble Flormorado Tabebuia roseae Bignoniaceae  Corte transversal 10x  Corte tangencial macro	Albura marrón amarillento; duramen marrón a marrón oscuro. Grano recto a entrecruzado, textura media a gruesa. Fácil de trabajar, con excelentes acabados. Veteado atractivo y lustre mediano a alto. Usada en muebles, carpintería y torneado. Aunque puede astillarse en el planeado, su facilidad de trabajo y buen acabado la hacen adecuada para diversas aplicaciones.	Densidad: 0,54 g/cm³ Módulo de elasticidad: 12150 Mpa Dureza Janka: 562 Kgf
Sapán / Alma Negra Clathrotropis brunnea Fabaceae  Corte transversal 10x  Corte tangencial macro	Albura rosada; duramen castaño oscuro con vetas finas. Grano entrecruzado, textura fina, lustre alto. Difícil de trabajar sin herramientas de metal duro, buena resistencia al lijado y encolado. Alta durabilidad frente a hongos y pudrición. Madera durable y resistente a hongos. Su procesamiento requiere cuidado por su dureza. Santander produce el 3% y Antioquia el 97% de su producción nacional.	Densidad: 0,82 g/cm³ Módulo de elasticidad: 25102 Mpa Dureza Janka: 1309 Kgf
Teca / Teka Tectona grandis Lamiaceae	Albura amarillenta; duramen verde oliva a café oscuro. Moderadamente dura y pesada. Fácil de aserrar y cepillar, pero sus resinas afectan el encolado y acabado. Muy resistente a la intemperie, pero requiere pretaladros para el clavado. Valiosa por su durabilidad, apariencia y facilidad de trabajo. Popular en muebles, pisos y construcciones exteriores.	Densidad: 0,57 g/cm³ Módulo de elasticidad: 140.000 kg/cm² Dureza Janka: 315 kgf

Nombre Común / Científico / Familia	Características	Propiedades Físicas y Mecánicas
 Corte transversal 10x	Originaria de Asia, pero ahora cultivada en América y África.	
 Corte tangencial macro		

Nota. Descripción y propiedades de las maderas a evaluar.

Teniendo en cuenta las tablas 1 y 2 como guías para la selección de maderas se establecen los siguientes criterios

Tabla 4

Criterios y rangos de las maderas identificadas

Disponibilidad	1 - Muy disponible 2 - Disponible 3 - Poco disponible
Densidad	1 - [0,2 g/cm ³ ; 0,5 g/cm ³ ; 2 - [0,5 g/cm ³ ; 0,7 g/cm ³ ; 3 - >0,7 g/cm ³
Trabajabilidad (Dureza)	1 - [200 kgf ; 250 kgf) 2 - [250 kgf ; 300 kgf) 3 - [300 kgf ; 400 kgf)
Precio	1 - \$2500 ft ³ 2 - \$2600 ft ³ ; \$2600 ft ³ 3 - \$4300 ft ³

Nota. Se establecen rangos con el fin de aplicarlos en la tabla 5.

Tabla 5*Matriz de selección de maderas*

Criterio de exclusión: No nativo

Criterio de exclusión: Puntaje superior a 12 en la matriz

Criterio	Cedro	Guayacán	Maquí	Nogal	Pino	Roble	Sapán	Teca
Disponibilidad	1	3	2	1	1	2	1	2
Densidad	1	3	2	1	2	2	3	2
Trabajabilidad	1	2	3	1	1	2	3	3
(Dureza)								
Precio	2	3	3	2	1	3	3	3
Origen: Nativo / No nativo	Nativo	Nativo	Nativo	Nativo	No nativo	Nativo	Nativo	No nativo
	5	11	10	5		9	10	

Nota. Las casillas marcadas en verde son las maderas seleccionadas.

Teniendo en cuenta los puntajes de la matriz de selección, las maderas que se tienen en cuenta para generar las alternativas modulares multipropósito mediante la técnica Taracea y su posterior aplicación en un comedor de 4 plazas son: Cedro, Guayacán, Nogal, Roble, Sapán.

7. Diseño Geométrico y su aplicación en las alternativas modulares multipropósito

Figura 20

Caja de marquetería de patrón triangular



Nota. Patrones de madera. Tomado de (*Forsey's Furniture Galleries*, 2025).

Figura 21

Hexidex: Pavimentos para balcones, terrazas y azoteas ajardinadas



Nota. Este módulo permite jugar con su organización y por ende los resultados al repetirlos.

Tomado de (Hexidek – Ecquality Timber, 2025).

7.1. Desarrollo de patrones geométricos con madera

Teniendo en cuenta la selección de la tabla 4, surge la siguiente pregunta:

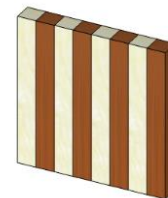
¿Cómo se pueden lograr estos patrones geométricos con madera?

Supongamos que quieres hacer un tablero de ajedrez de madera. Tienes un poco de madera oscura (como el nogal) y algo de madera clara (como el arce) para hacer cuadrados en blanco y negro. También tienes una sierra de mesa y un poco de pegamento para madera. Una posibilidad es cortar 32 cuadrados blancos y 32 cuadrados negros y luego pegarlos. Sin embargo, organizar todos los cuadrados e intentar pegarlos todos a la vez introducirá muchas imperfecciones sin darse cuenta. En la siguiente figura se ilustra una forma mucho mejor, y la forma en que se hace en la práctica (Kolokolnikov, 2015).

Tabla 6

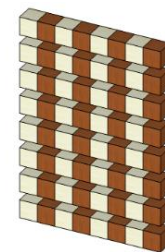
Ejemplo de un proceso para lograr un patrón geométrico con madera

Primero, corte ocho tiras de madera (cuatro blancas y cuatro negras) y luego péguelas formando una tabla, iterando en blanco y negro.



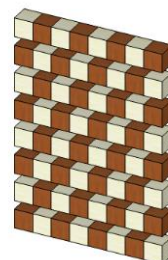
(a)

Luego haga siete cortes, lo que dará como resultado 8 franjas



(b)

Voltee cada segunda franja y vuelva a pegar



(c)

Un tablero de ajedrez



(d)

Nota. Paso a paso a partir de listones hasta lograr un tablero de ajedrez. Tomado de *(Mathematics of the Chopping Block, 2015)*

La técnica consiste en pegar tiras de madera, cortarlas, reorganizarlas y volver a pegarlas. Luego, se gira la madera para crear una tabla de cortar de fibra de testa, ya que mejora su estabilidad. Este diseño mejora la adherencia del pegamento al trabajar a lo largo de las fibras y prolonga la durabilidad (Kolokolnikov, 2015).

Si queremos un patrón hexagonal esto requiere cortes a inglete (es decir, cortes en ángulo). El procedimiento se ilustra a continuación:

Tabla 7

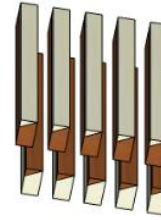
Ejemplo de un proceso para lograr varios patrones geométrico con madera y cortando en ángulo

Comience cortando, 5 tiras negras y 5 blancas



(a)

Corte a lo largo de la fibra una esquina de 60 grados de cada una y luego péguela en una tira de color opuesto



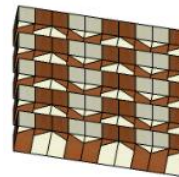
(b)

Luego, reorganice y pegue diez tiras, siendo este el “generador” del patrón.



(c)

Una vez seco, haz varios cortes transversales, dando como resultado rayas idénticas.



(d)

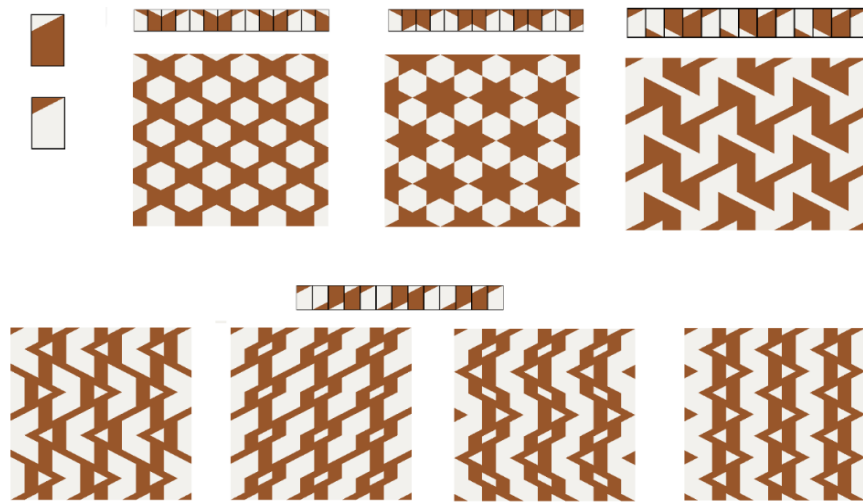
Voltee cada segunda franja y vuelva a pegar una sobre otra.



(e)

Nota. Paso a paso a partir de listones hasta lograr un super modulo. Tomado de (Mathematics on the Chopping Block, 2015).

Se puede hacer una gran variedad de tableros diferentes utilizando un orden y orientación diferentes de las franjas de colores mezclados. La siguiente figura muestra un diseño de red de estrellas, un diseño de efecto 3D y varios otros. Todos ellos se producen de la misma forma y requieren la misma cantidad de madera para su elaboración.

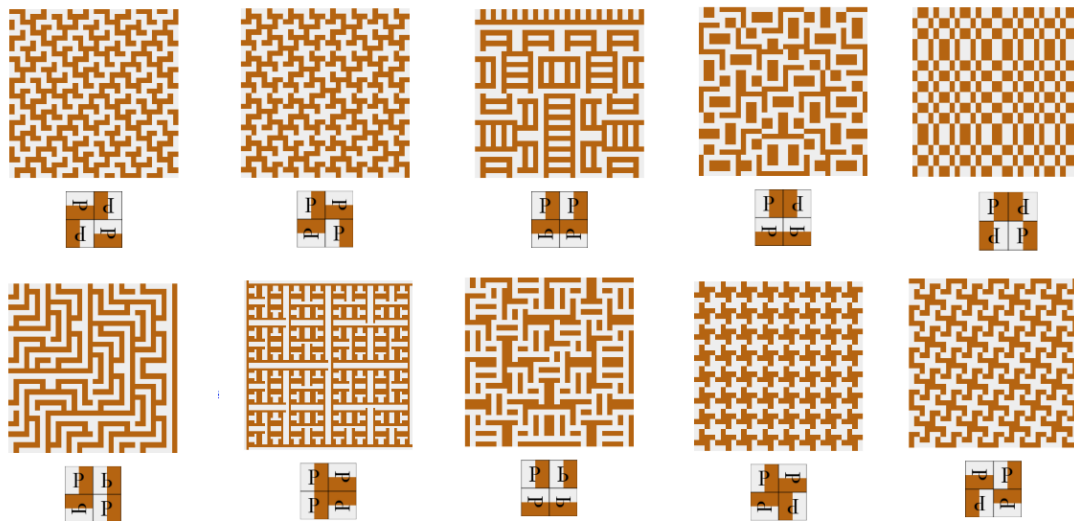
Figura 22*Variedad a partir de 2 módulos*

Nota. Muestra de cómo los colores y ángulos influyen en los resultados del supermódulo y sus patrones. Tomado de (Mathematics on the Chopping Block, 2015).

7.2. Patrón P

En la siguiente figura se muestran diversos patrones que se obtienen partiendo de un cuadrado

inicial mitad claro y mitad oscuro: 

Figura 23*Supermódulos a partir del módulo P*

Nota. Diseños de duplicación fractal a partir de subdivisiones repetidas. Diez diferentes resultados de patrones. Tomado de (Mathematics on the Chopping Block, 2015).

7.2.1. Propuesta de colección de alternativas

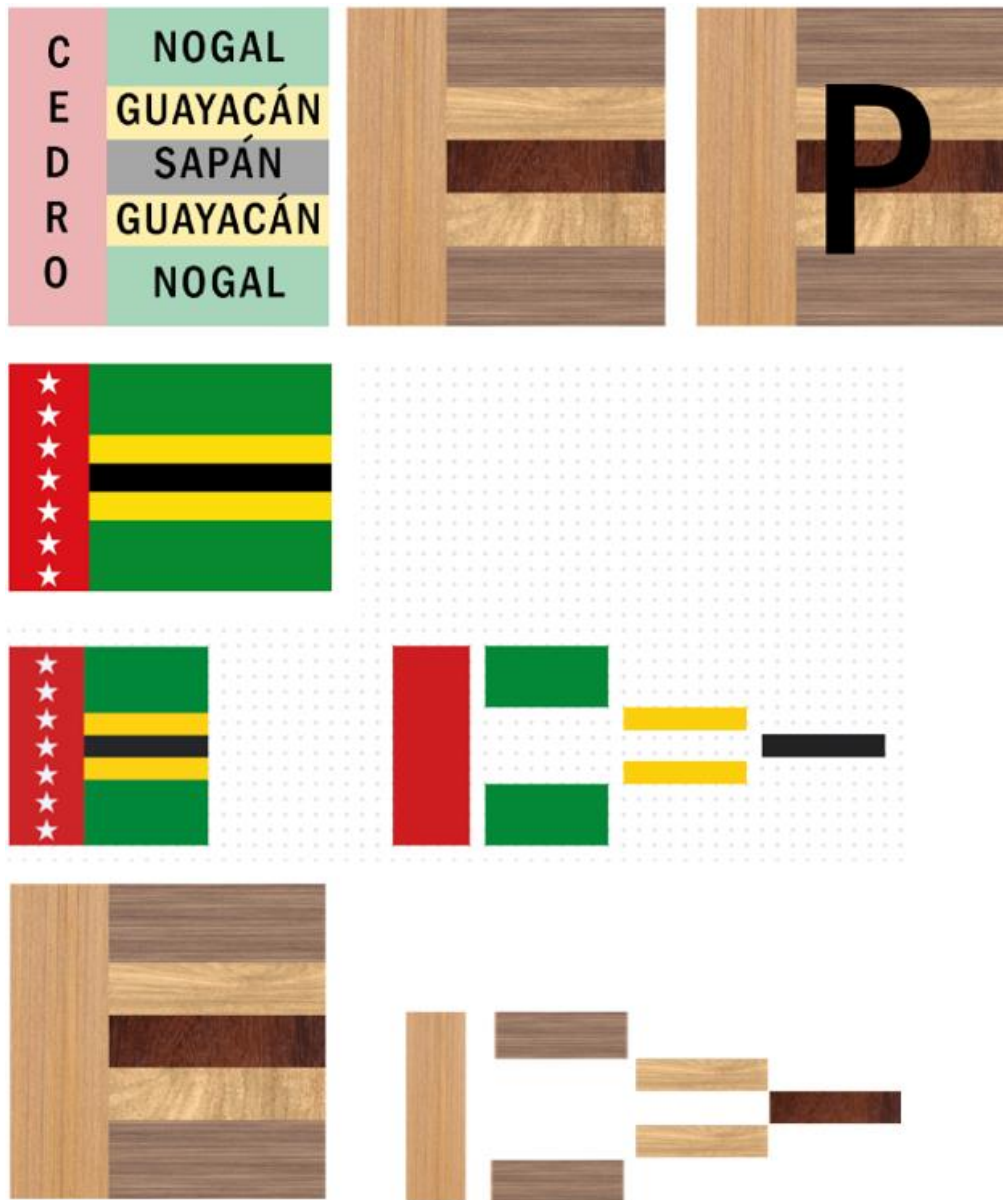
Teniendo en cuenta la propuesta anterior planteada por Kolokolnikov, y que el proyecto busca incorporar las maderas disponibles en la región de Santander, como resultado de una actividad de lluvia de ideas, surge la propuesta de tomar como inspiración para el módulo P la bandera del departamento de Santander, a partir de un análisis morfológico de los elementos de esta, una descomposición de dichos elementos y reemplazando cada color por una especie de madera asignada, (Figura 24).

El rojo será reemplazado por madera de cedro que tiene una tonalidad rosa o rojiza, el verde será reemplazado por madera de nogal que tiene un color café, el amarillo será

reemplazado por madera de guayacán amarillo que tiene una tonalidad amarilla y finalmente en negro será reemplazado por Sapán que tiene un color marrón oscuro.

Figura 24

Desarrollo del módulo P



Nota. Representación gráfica del módulo P a partir de la asignación de maderas seleccionadas según su tonalidad con los colores de la bandera de Santander.

Figura 25*Modulo P*

Nota. El primer modelo realizado es para comprobar el contraste entre las variedades de madera y su viabilidad. .

Posteriormente se realizó un primer encolado de maderas con las diferentes especies a utilizar con listones de 60cm en la configuración planteada anteriormente, luego cortes transversales para obtener láminas de madera de 4mm de espesor con la configuración del módulo planteado inspirado en la bandera del departamento de Santander.

Figura 26

Módulos P



Nota. 24 unidades P, estas láminas permiten explorar las posibilidades de configuración.

Figura 27

Exploración con módulos P



Nota. Posibilidades de configuración siguiendo el ejemplo de Kolokolnikov.

7.2.2. Modelo de comprobación del patrón P en un producto

El siguiente paso es fabricar un modelo con las dimensiones reales del módulo, para este caso el módulo P fue plateado de 7 cm * 7 cm para comprobar la viabilidad de la fabricación del asiento

mediante esta técnica, para lo cual se fabrica una tabla de corte con una matriz de 4x4 de dimensiones 28 cm * 28 cm y espesor 2.5cm.

Figura 28

Comprobación de modulo P



Nota. Tabla de corte desarrollada a en una matriz [4x4] .

Este modelo permite comprobar la viabilidad del uso de la técnica para la aplicación sugerida de un asiento y espaldar mediante la comprobación directa con procesos de maquinado propios de la carpintería como el fresado, lijado y aplicación de acabado final.

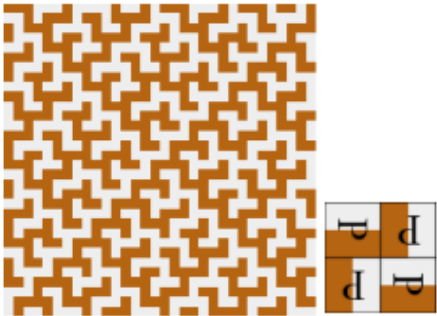
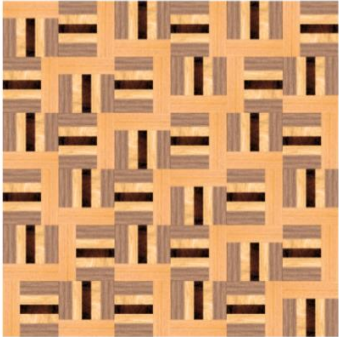
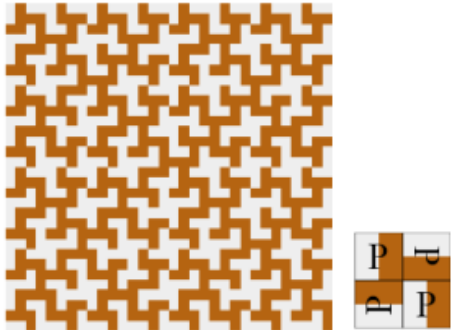
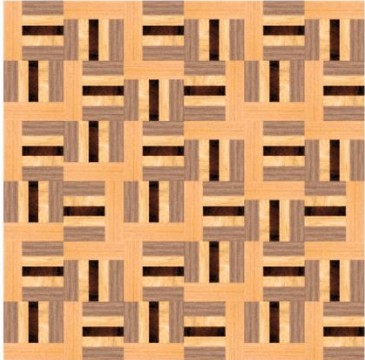
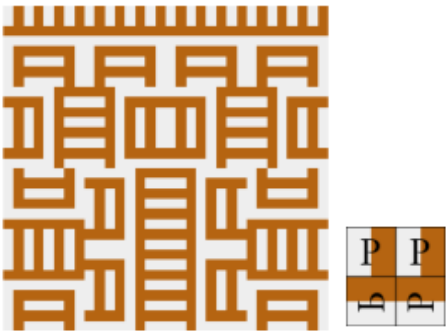
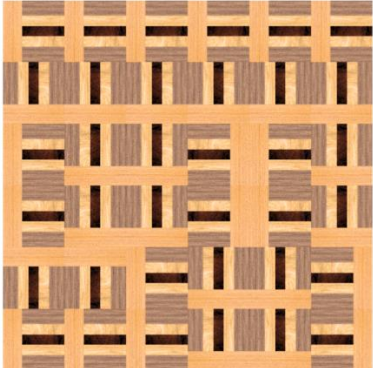
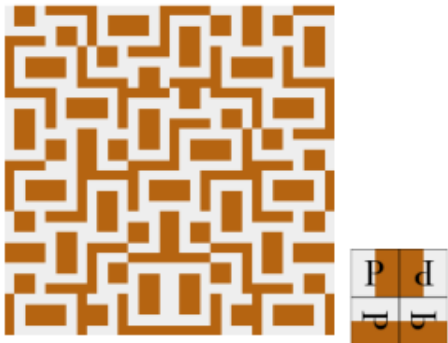
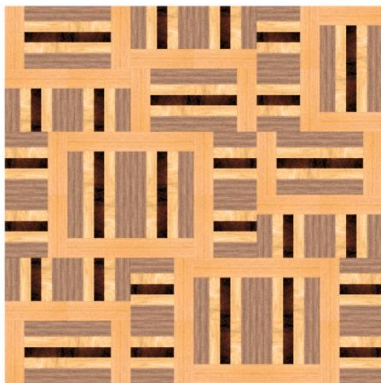
7.2.3. Colección de alternativas modulares con diseño geométrico y disposición rítmica

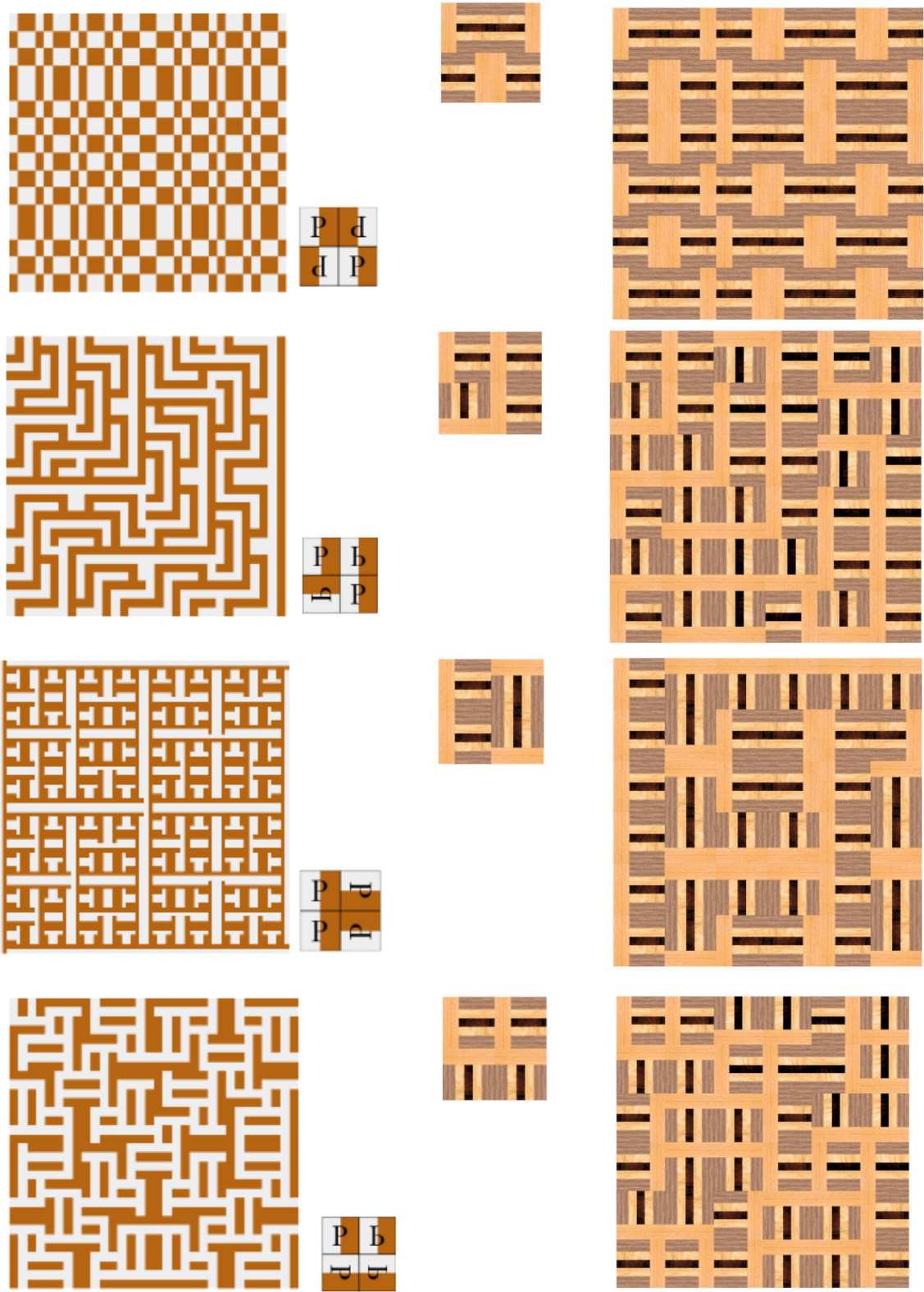
Usando lo anteriormente definido por Kolokolnikov en la (figura 25) sobre Duplicación de fractal.

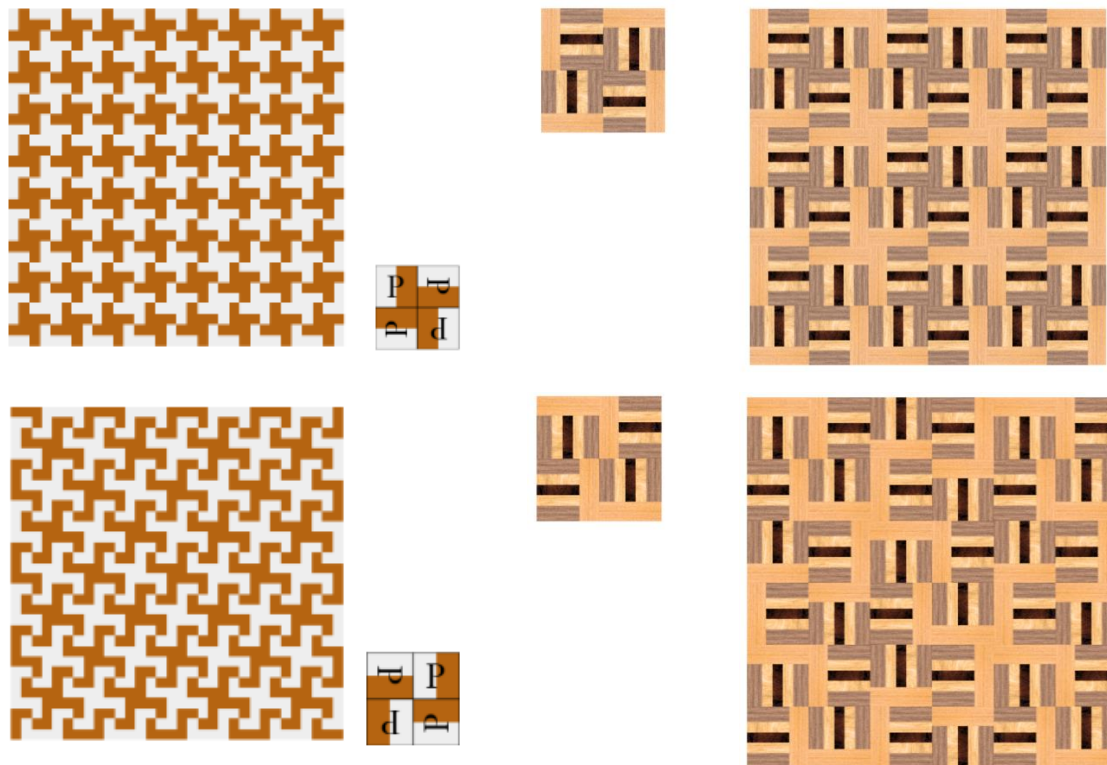
Se proponen 10 alternativas.

Tabla 8

Alternativas del patrón P generado

Patron Kolokolnikov	Patron P	Patron P de 6 x 6
		
		
		
		

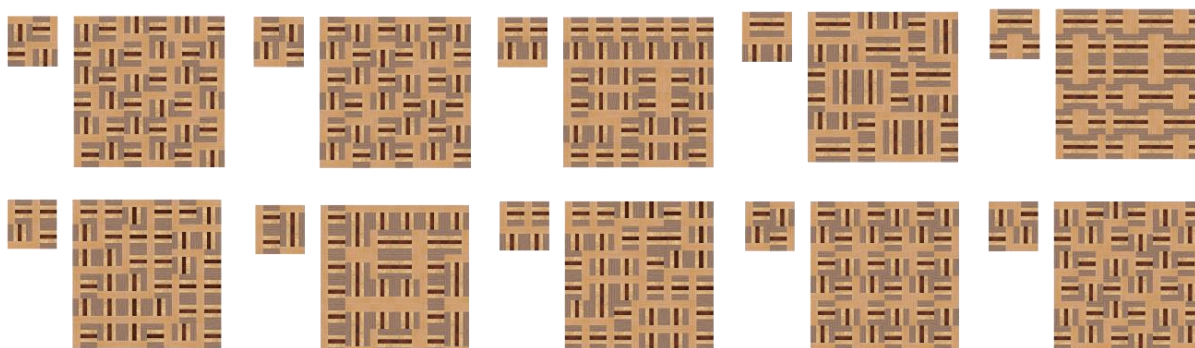




Nota. Resultado de las 10 alternativas generadas a partir del módulo P y patrones de organización de Kolokolnikov. .

Figura 29

Duplicación fractal patrón P [6x6]



Nota. Resultado de 10 alternativas generadas a partir del módulo P inspirado en la bandera de Santander y patrones de organización según propuesta de Kolokolnikov. .

8. Diseño de un comedor de 4 plazas

8.1. Diseño de silla

El presente trabajo aborda el diseño de un comedor de cuatro plazas, para lo cual se plantea una estrategia en la que, inicialmente, el proceso de diseño se enfocará en la creación de una silla. A partir de esta base, se diseñará una mesa como complemento, logrando una familia de objetos relacionados mediante coherencia formal.

Figura 30

Mapa mental desarrollo silla Intarcea



Nota. Bocetos e identificación de relaciones clave en el proceso de diseño. .

El enfoque del diseño que toma como referencia, características del diseño escandinavo, cuyas cualidades estéticas y funcionales han demostrado ser altamente eficaces en la creación de mobiliario. Algunos de los principios destacados de este estilo son:

- Estética minimalista.

- Diseño discreto enfocado en la función.
- USO de colores claros y neutros.
- Incorporación de tonos apagados y oscuros que evocan paisajes nórdicos.
- Predilección por muebles de madera con detalles en acero, latón o cobre.

Los elementos clave del diseño escandinavo incluyen funcionalidad, sencillez y artesanía, con una fuerte preferencia por materiales naturales, especialmente maderas claras. Aunque algunos diseños pueden presentar patrones tradicionales o acentos de colores brillantes, predominan las propuestas minimalistas y sobrias (Gessato, s.f.).

8.1.1 Funcionalidad real y simbólica

En el diseño de una silla, es fundamental considerar tanto su función real como su función simbólica. La función real está relacionada con permitir que un usuario adopte una posición sedente de manera segura y cómoda. Por su parte, la función simbólica abarca aspectos como el confort, la comunicación, la identidad, la cultura y el arte.

Según Konstantin Grcic, las sillas presentan numerosos retos en términos de diseño debido a su carácter distintivo y su personalidad inherente. Cada silla tiene un "rostro" único, lo que las convierte en objetos fascinantes para explorar y expresar la esencia del diseñador.

La naturaleza antropomórfica de la silla también es un aspecto destacado. Este mueble posee respaldo, asiento y patas; ocasionalmente, brazos, codos y pies, lo que le confiere una presencia humana incluso cuando está desocupada (Wilhide, 2010).

8.1.2. Dimensiones y antropometría

Para garantizar la comodidad y funcionalidad de la silla, se han tomado como referencia los datos antropométricos recopilados por (Maradei y Espinel, 2008) Datos antropométricos para

el diseño Este estudio proporciona información relevante sobre las medidas promedio de la región nororiental de Colombia, lo que permite ajustar el diseño a las necesidades de la población objetivo.

Entre las dimensiones más importantes destacan la profundidad y la altura del asiento. Un asiento demasiado alto puede generar presión excesiva en las corvas, mientras que uno demasiado bajo puede incrementar la presión sobre los huesos que sostienen la columna vertebral. Asimismo, un asiento poco profundo obliga a llevar el peso hacia atrás, afectando la comodidad del usuario (Wilhide, 2010).

8.1.3. Referentes de Diseño

El diseñador finlandés Alvar Aalto (1898-1976) creó el icónico taburete de tres patas Modelo Núm. 60 (1932-1933), que se caracteriza por su innovador diseño en "L" que podían atornillarse directamente bajo el asiento, eliminando la necesidad de ensambles y armazones de soporte. Estas soluciones ejemplifican cómo aplicar los principios del DFM para crear diseños eficientes y adaptados a la producción en serie. El objetivo declarado de ofrecer “una perspectiva humana del racionalismo”. Este modelo es un ejemplo paradigmático de eficiencia formal y funcional, así como de optimización en los procesos de fabricación (Wilhide, 2010). El presente proyecto incorpora esta filosofía de eficiencia y simplicidad en el desarrollo de la silla.

Figura 31*Artek Alvar Aalto 60*

Nota. Piezas de mobiliario elemental, que es reflejo de eficiencia. (PALETTE & PARLOR, 2025)

El enfoque de Diseño para la Manufactura DFM, por sus siglas en inglés tiene como objetivo optimizar el diseño de un producto para facilitar y hacer más eficiente su proceso de fabricación.

Entre los principios fundamentales de esta metodología se encuentran:

- Reducir el número total de partes.
- Desarrollar un diseño modular.
- Usar materiales y componentes estandarizados.
- Diseñar partes multifuncionales.
- Diseñar para facilitar la fabricación.
- Evitar partes separadas.
- Utilizar tolerancias amplias.

- Minimizar el número de operaciones.

Un ejemplo emblemático de aplicación de estos principios es la silla número 14 de Michael Thonet, diseñada en 1855. Esta silla, construida con sencillos elementos curvos de madera reblandecida al vapor, se destacó por su facilidad de transporte y ensamblaje, ya que podía embalarsse de manera compacta y ensamblarse con unos pocos tornillos. Este diseño revolucionario la convirtió en un ícono del mobiliario, siendo considerada por muchos críticos y diseñadores como "la silla de sillas". Le Corbusier afirmó que "jamás ha existido un diseño mejor ni más elegante, ni un objeto tan bien construido y tan práctico" (Wilhide, 2010).

La silla número 14 también marcó un hito al anticipar, con más de cincuenta años de antelación, las técnicas industriales modernas de producción de mobiliario. Inspiró a diseñadores como Alvar Aalto y Arne Jacobsen, cuyas propuestas de sillas de tres patas siguen principios similares de eficiencia y simplicidad.

Figura 32

Silla numero 14 Thonet



Nota. Desarrollo del producto usando una única tecnología de doblado al vapor. Tomada de (Lugo, 2022)

Durante la exploración del trabajo de diseñadores escandinavos como Alvar Aalto y Arne Jacobsen, se observó que ambos realizaron propuestas de sillas de tres patas. Este enfoque se alinea con el principio del DFM de reducir el número de piezas. Por ejemplo, la silla Ant, diseñada por Jacobsen en 1952, está compuesta por solo dos partes: un asiento y respaldo combinados en madera contrachapada prensada, y una estructura tubular de acero. Inspirada en los taburetes utilizados en granjas danesas para suelos irregulares, la silla Ant es reconocida por su resistencia y comodidad, además de su delicada expresión visual (Wilhide, 2010).

Figura 33

Silla Ant



Nota. Icono del diseño industrial y eficiencia productiva. Tomado de (Auctionet, 2025).

8.1.4. Requerimientos para el diseño y construcción de un comedor de 4 plazas

Teniendo en cuenta el análisis respecto a los referentes de diseño, así como la aplicación de la taracea y modulo P en este proyecto, principios del DFM, maderas seleccionadas, se plantean los requerimientos para el diseño y construcción de un comedor de 4 plazas.

Tabla 9

Requerimientos determinados para el desarrollo del comedor de 4 plazas

Requerimiento	Factor determinante	Factor determinado	Subparámetro	Cuantificación
Tomar en cuenta el número de comensales (mesa). Garantizar que la mesa y las sillas sean prácticas y cómodas Diseñar en base a la población objetivo (nororiental colombiana).	Número de comensales: 4. Dimensiones estándar y facilidad de uso. Antropometría y datos de población.	Cubierta de tipo ovalada Altura poplítea. Diseño anatómico y ergonómico Dimensiones y proporciones anatómicas.	Largo y ancho en mm Altura de la mesa y sillas. Altura poplítea Ancho de codos Distancia nalga - rodilla Altura iliocrestal Altura subescapular	Largo: 1500 mm Ancho: 900 mm Mesa: 75 cm Asiento: 44 cm Datos en las figuras 58, 59 del presente documento.
Garantizar una superficie resistente en la mesa.	Materiales resistentes a líquidos y manchas.	Protección superficial	Acabado final	Laca base Agua mate
Diseñar sillas que se perciban estables y comodidad	Percepción	Estabilidad y comodidad	Escala de liker	En una escala de 1 a 7, donde: 1 = poco estable y 7 = muy estable. Percepción de Comodidad: En una escala de 1 a 7 donde: 1 = poco cómoda y 7 = muy cómoda.
Diseño minimalista y moderno	Diseño escandinavo	Líneas simples y elegantes	Relación proporcional de elementos	Principio de proporción aurea y sucesión de Fibonacci
Aplicar taracea en elementos clave	Uso de patrones geométricos en madera	Zonas de aplicación (espaldar, asiento, centro de la mesa)	Maderas seleccionadas en la tabla 4 aplicadas en el patrón P.	Selección de las alternativas modulares multipropósito
Utilizar materiales sostenibles	Madera certificada	Especificación de materiales	Tabla de selección de maderas	Cedro, Nogal, Guayacan, Sapán, Roble flormorado.
Garantizar resistencia a esfuerzos Facilitar el ensamblaje de las piezas	Carga máxima soportada Modularidad de components	Resistencia estructural Compatibilidad entre partes	Peso máximo para la mesa Sistema de conjunto	350 Kg < 6 piezas silla < 7 piezas mesa
Minimizar el volumen durante el transporte	Diseño desmontable de mesa y sillas	Reducción del espacio ocupado	Espacio ocupado	89cm × 45 cm × 19 cm Silla 150 cm x 80 cm x 13 cm Mesa

Nota. Requerimientos.

8.2 Tres puntos de apoyo

La mayoría de las mesas y sillas tienen cuatro patas, pero suelen cojear cuando el suelo presenta desniveles. Esto no siempre responde a defectos de diseño o fabricación, sino a la incapacidad de los cuatro puntos de apoyo para adaptarse a irregularidades del suelo. Por el contrario, los objetos con tres patas no presentan este problema. Esto se debe a que tres puntos definen un plano perfecto, independientemente del desnivel del suelo.

Según Euclides, un plano está definido por tres puntos conectados mediante rectas. En un objeto de tres patas, dos posicionan el objeto en un eje común, mientras la tercera se adapta para estabilizarlo. Aunque visualmente pueden generar sensación de inestabilidad, matemáticamente son más estables que aquellos con más patas. Este principio también implica una reducción en materiales, piezas y procesos de fabricación (Pérez, 2014).

8.2.1. Referentes silla de 3 patas

Comprendiendo los beneficios que brinda una silla de 3 patas en términos de estabilidad y de reducción de piezas, materiales y procesos, es claro que la silla debe tener 3 patas, se hizo una búsqueda de referentes respecto a este tipo de productos.

Tabla 10

Diseños icónicos de sillas de tres patas

Diseñador	Modelo	Descripción
Chi Wing Lee	Wong (Milk Design)	Inspirada en el mobiliario chino de la dinastía Ming. De geometría simple y materiales nobles (roble y nogal), combina elegancia y funcionalidad para distribuir el peso equitativamente sin comprometer el confort ni la estética.



(Experimenta, 2021)
Tobia Scarpa

Pigreco (1959)

Representa dinamismo y ligereza mediante dos patas conectadas por un elemento horizontal. Este diseño minimalista mantiene resistencia estructural y simplicidad visual.



(Chair Pigreco by Designer
Tobia Scarpa for Tacchini, 2023)
Rapoport & Sabattini

Mor

Diseñada con la pata sola al frente, esta configuración utiliza las piernas del usuario como cuarta y quinta patas, mejorando la estabilidad y evitando caídas.



(Designo Patagonia, 2017)

Nota. Diseños que representan la eficacia y eficiencia de su proceso. .

8.2.2 Prototipos rápidos sillas de 3 patas

Cuando posicionamos al ser humano al lado de un objeto como la silla, solo en ese momento cobran sentido conceptos como adelante y atrás, ahora podemos hablar de las configuraciones posibles, una silla de tres patas nos ofrece solamente 2 posibilidades de configuración.

Figura 34

Prototipos rápidos, sillas de 3 patas



(1)

(2)

Nota. Configuración (1) dos patas adelante y una atrás, configuración (2) con una pata adelante y dos atrás. .

8.2.3. Workshop con estudiantes de diseño

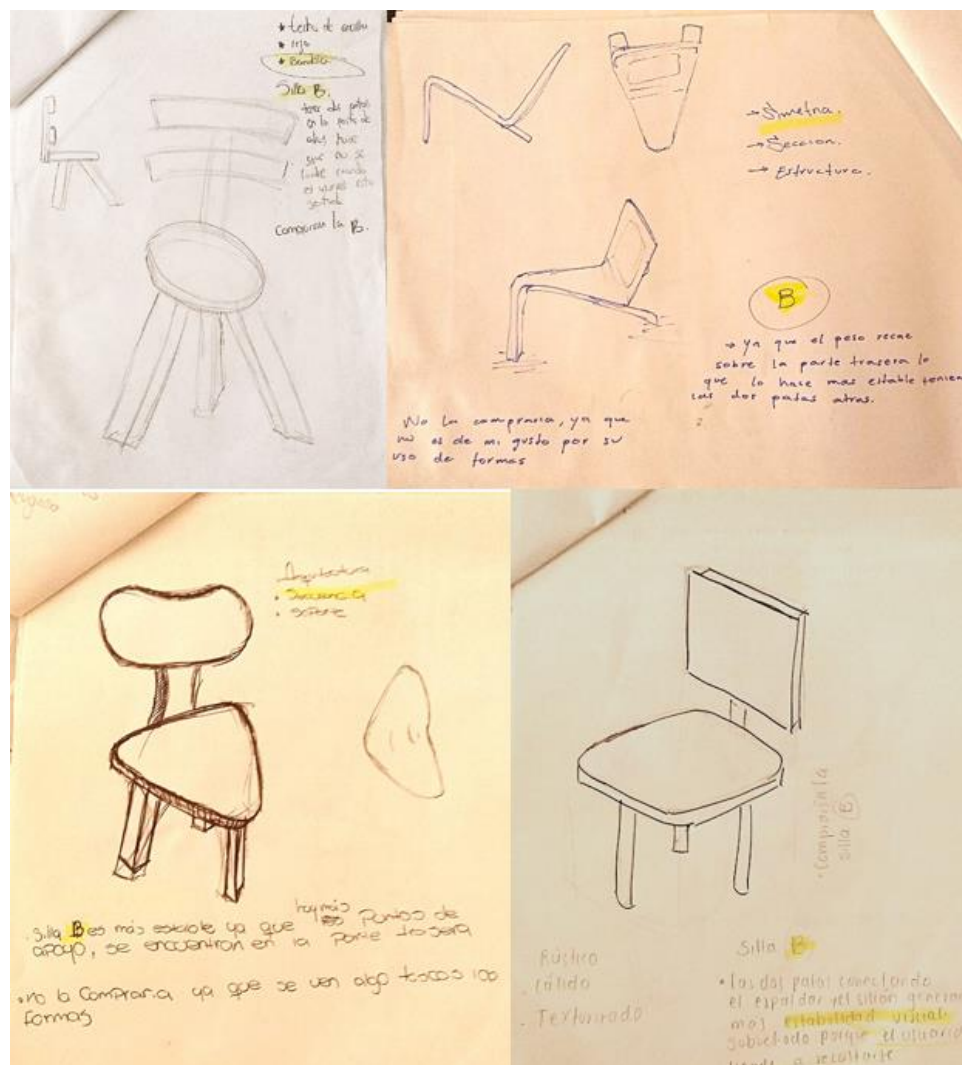
Durante el proceso de diseño, surge una hipótesis inicial: una silla con dos patas atrás y una adelante configuración (2) será percibida como más estable. Para evaluar esta idea, se lleva a cabo un workshop con estudiantes de la clase de Diseño VIII. A través de entrevistas, donde 15 de 18 estudiantes consideran que esta configuración es la más estable en comparación que la configuración (1). Este resultado inicial parece confirmar la dirección a seguir.

Continuando con la actividad, se entregaron a los participantes módulos que combinaban las siguientes maderas: cedro, nogal, guayacán y sapán, y se les pidió que escribieran palabras que

asociaran con este módulo. Entre las palabras evocadas estuvieron "naturaleza", "calidez", "rústico", "orgánico" y "artesanal", lo que reflejó una fuerte conexión emocional con los materiales naturales. Un hecho particularmente interesante fue que uno de los participantes escribió la palabra "bandera", lo que resonó con la intención del ejercicio, ya que la combinación de maderas replicaba morfológicamente la bandera del departamento de Santander.

Figura 35

Bocetos sillas de 3 patas



Nota. Realizadas por los estudiantes de diseño VIII UIS en un workshop.

8.2.4. Prototipo rápido de comprobación funcional

Según Konstantin Grcic: “El diseño es un proceso de toma de decisiones, y es mucho más fácil tomar decisiones en este tipo de escenario. Haces algo, lo observas y te formas un juicio sobre ello. Cuantas más cosas podamos simular o poner a prueba, y cuanto más cerca de la realidad podamos trabajar, mayor control tendremos sobre el proceso y el resultado”, cómo Diseñar una Silla. Con este enfoque, se implementa la metodología de “Fast Prototyping” para construir una maqueta funcional de baja fidelidad que permite cambiar su configuración de la (1) a la (2). Esto permite interactuar con los usuarios y obtener insights clave a través de validaciones formativas.

Evaluación Formativa y Resultados

Figura 36

Prototipo funcional de baja fidelidad configuración (1)



Nota. Prototipo rápido de comprobación, configurado con dos patas adelante y una atrás.

Figura 37

Prototipo funcional de baja fidelidad configuración (2)



Nota. Prototipo rápido de comprobación, configurado con una pata adelante y dos atrás.

La interacción con los usuarios reveló dos insights fundamentales que influenciaron la decisión de diseño:

1. Cruzar las piernas: Los usuarios valoraron mucho la posibilidad de cruzar las piernas al estar sentados. Sin embargo, la configuración 2 dificulta este gesto, ya que la pata central bloquea el espacio entre las piernas.

Figura 38

Cruzar las piernas



Nota. Perfil frontal con la configuración (1) permite cruzar las piernas.

Perfil lateral con la configuración (2) no permite cruzar las piernas.

2. Reclinarse hacia atrás: Otro gesto apreciado es la opción de reclinarse hacia atrás. Sin embargo, este movimiento puede resultar peligroso. La configuración (1) dos patas adelante y una atrás limita este gesto, reduciendo el riesgo de caídas.

Figura 39

Reclinarse



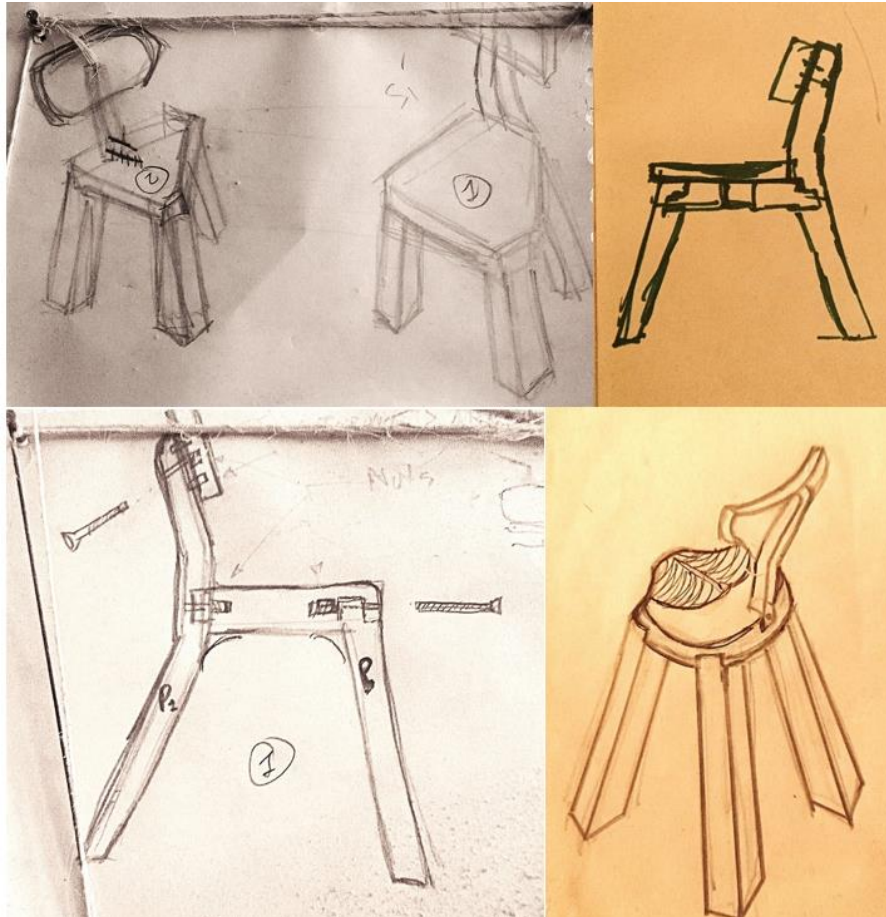
Nota. La configuración (2) permite que el usuario se recline.

Tomando en cuenta los insights anteriores: la percepción de estabilidad, la realización de los gestos de cruzar las piernas y reclinar la silla hacia atrás se toma la decisión de seleccionar la configuración (1). Dos patas adelante y una atrás permitirá al usuario cruzar las piernas cómodamente, limitará la posibilidad de realizar un gesto potencialmente peligroso como reclinarse hacia atrás, y aunque esta opción es percibida como la menos estable es claro que físicamente ambas configuraciones presentan exactamente la misma estabilidad.

8.3 Forma y construcción

Figura 40

Bocetos sillas de tres patas



Nota. Bocetos rápidos que representan una idea inicial de la estructura de la silla.

8.3.1. Arquitectura base del producto determinada por DFM

Con la configuración seleccionada, se procede a determinar la arquitectura del producto y construcción de la silla., siguiendo los principios del Diseño para la manufactura (DFM), e incluyendo el concepto de la proporción aurea y su número (1,618), buscando una relación

armónica entre su forma, sus piezas y su función. La arquitectura del producto permite identificar las piezas necesarias para que una silla de comedor exista.

- Asiento
- Espaldar
- Patas
- Elementos de sujeción

Tabla 11

Arquitectura del producto

Pieza	Cantidad	Relación
Pata sencilla	2 unidades	asiento
Pata alta espaldar	1 unidad	espaldar / asiento
Asiento	1 unidad	pata sencilla / pata alta
Espaldar	1 unidad	pata alta

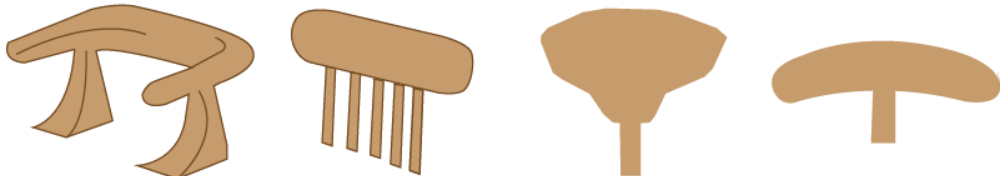
Nota. Piezas y cantidades para una silla de comedor.

Mediante ensamblaje directo entre estas piezas, evitando la fabricación de componentes adicionales innecesarios. Por ello se determinan las siguientes representaciones formales para cada pieza, y posteriormente se generan las alternativas al agruparlas:

Tabla 12.

Piezas y representaciones formales

Asiento	
---------	--

Espaldar	
Patas	
Resultados	

Nota. Visualización de posibilidades formales a partir de los 3 componentes determinados, generadas a partir de bocetos que se encuentran en anexos.

Selección del Modelo Base

Teniendo en cuenta los principios del Diseño para la Fabricación (DFM), se procede a evaluar las propuestas alternativas mediante una matriz de decisión. Estos principios permitieron analizar las opciones desde una perspectiva técnica y práctica, priorizando la simplicidad, la funcionalidad y la viabilidad de producción.

Principios considerados en el análisis:

Simplicidad constructiva: Se prioriza el diseño que minimiza la cantidad de componentes y operaciones necesarias, asegurando una estructura clara y de fácil montaje. Este principio garantiza un proceso más eficiente y económico, reduciendo riesgos de error en la fabricación.

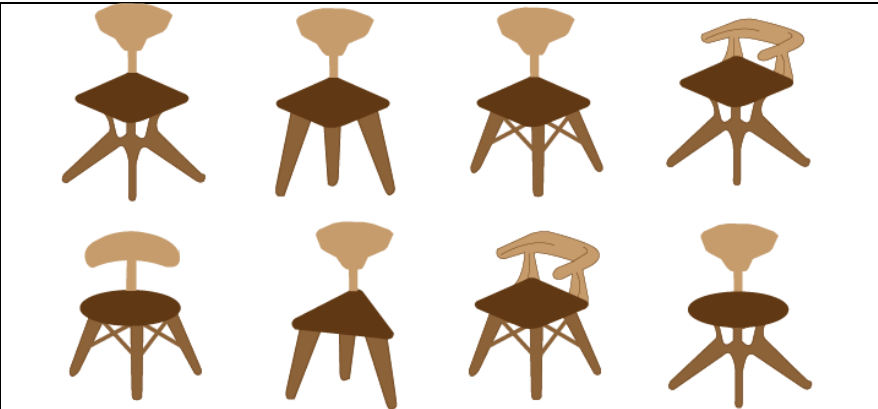
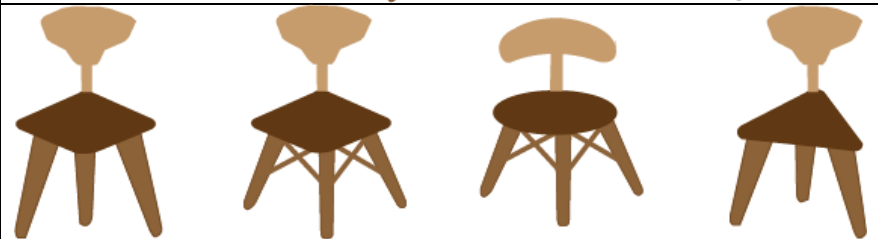
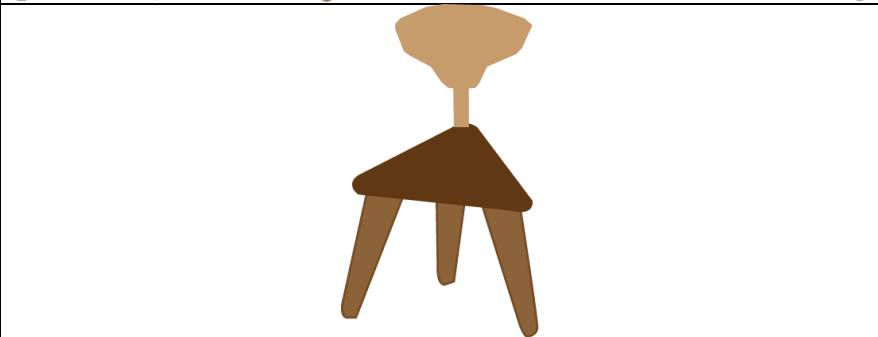
Reducción del número total de piezas: Las alternativas se evalúan en función de su capacidad para integrar funciones en el menor número posible de componentes, sin comprometer la funcionalidad ni la estética. Esto facilita tanto la producción como el mantenimiento del producto.

Diseño modular: Se priorizan opciones que presentan módulos independientes, facilitando el ensamblaje, la reparación y la adaptabilidad a diferentes configuraciones o necesidades del usuario.

Diseñar para facilitar la fabricación: Las alternativas fueron valoradas según su compatibilidad con procesos de producción estandarizados y la optimización del uso de materiales. Se dio preferencia a diseños que aprovechan herramientas y tecnologías accesibles, reduciendo tiempos y costos de fabricación; (ruteadora o fresadora con fresas copiadoras, permiten replicar perfiles exactos en madera; plantillas cortadas previamente en MDF mediante una máquina de corte láser, asegurando exactitud en las dimensiones y ángulos de las piezas).

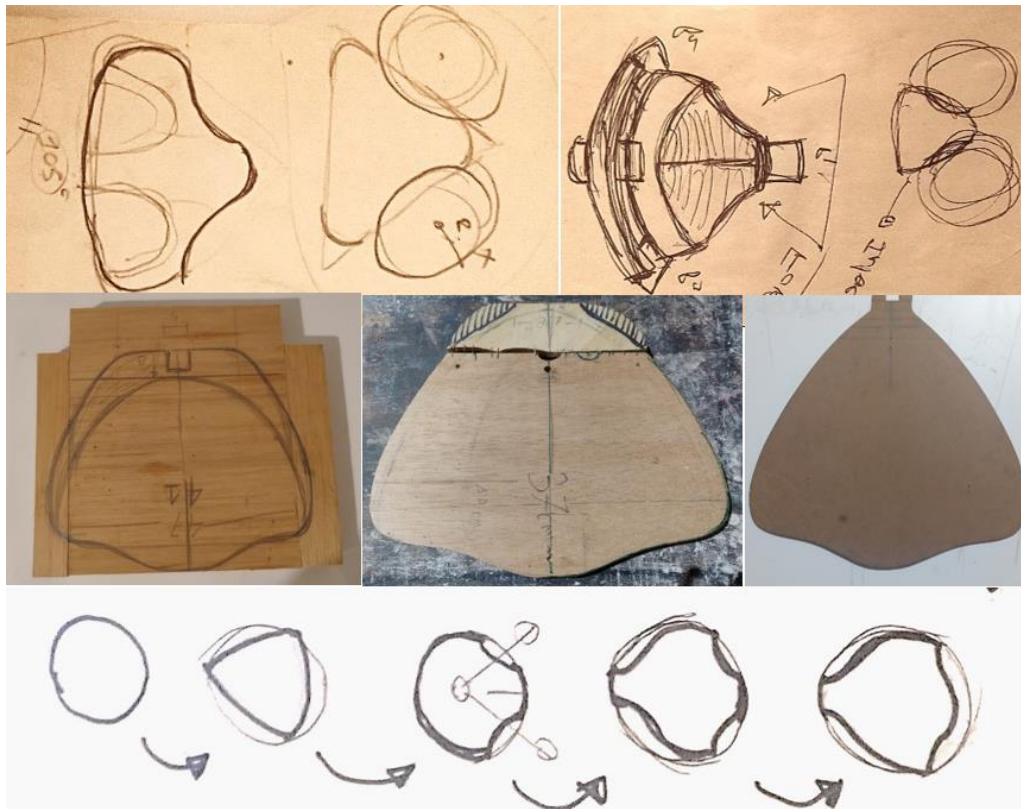
Tabla 13

Selección de bocetos en función de los principios considerados

Simplicidad constructiva Reducción del Número Total de Partes	
Diseño Modular	
Diseñar para Facilitar la Fabricación	

Nota. Selección a partir de los principios del Diseño para la Fabricación.

En cuanto al diseño del asiento, se establece el triángulo como figura principal, dada la coherencia formal con la configuración de tres patas. A partir de un triángulo inscrito en un círculo, se redefine la forma incorporando intersecciones de secciones circulares. Esto permite mejorar la ergonomía y hacer más cómodo el punto donde el asiento recibe las piernas del usuario. Este proceso iterativo aseguró un diseño funcional, ergonómico y visualmente atractivo, alineado con las necesidades identificadas y las mejores prácticas de diseño.

Figura 41*Bocetos y prototipos del asiento*

Nota. Desarrollo formal y primeros ajustes del asiento.

Este modelo me permitió ver que debía seguir reduciendo a su mínima expresión la forma del asiento retirando la mayor cantidad de material posible, simplificando la forma.

El siguiente elemento en ser concebido debía ser el espaldar, su forma debía guardar coherencia con el asiento y sentirse armonioso, estético y proporcional al asiento.

Figura 42

Bocetos y prototipos del espaldar



Nota. Desarrollo formal y primeros ajustes del espaldar, relacionándolo formalmente con el asiento.

Tabla 14

Arquitectura del producto en detalle.

Pieza	Cantidad	Relación
Pata sencilla	2 unidades	Asiento
Pata alta espaldar	1 unidad	espaldar / asiento
Asiento	1 unidad	pata sencilla / pata alta
Espaldar	1 unidad	pata alta
Elementos de sujeción		
Tornillos	4 unidades	asiento / pata alta / espaldar
Tuerca insert	4 unidades	pata sencilla / asiento / espaldar
Cazuela	4 unidades	tornillos / asiento / pata alta

Nota. Se mantienen las piezas y se tienen en cuenta los elementos de sujeción.

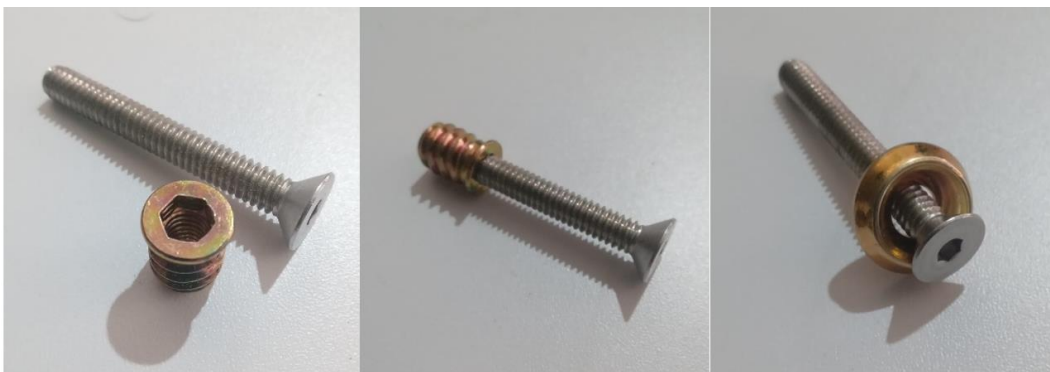
Tras identificar la totalidad de las piezas, las cantidades necesarias y las relaciones entre estas, el siguiente reto es determinar los puntos críticos de ensamblaje entre ellas.

8.3.2. Sistema de Sujeción insert

Partiendo del concepto de empacabilidad y ensamblabilidad, definidos como requerimientos clave para este proyecto, se estable que la silla debía poder ser empacada en el menor volumen posible. Asimismo, desde permitir que el usuario, probablemente sin experiencia previa en el armado de mobiliario, pudiera ensamblarla y desarmarla fácilmente. Por lo tanto, el proceso de armado debía ser lo más simple y directo posible. Para cumplir con estos requerimientos, se optó por un elemento de sujeción temporal como el tornillo.

Figura 43

Sistema de sujeción insert



Nota. Componentes del sistema insert: Tornillo, tuerca fija, cazuela.

En este punto del proyecto se realizan pruebas con el sistema insert, este herraje metálico permite insertar en la madera un componente que actúa como tuerca fija en uno de los elementos a unir, mientras que el otro elemento se perfora con un agujero pasante que recibe el tornillo. Este tornillo

se enrosca en la tuerca insertada, generando la fuerza de sujeción que mantiene las piezas de la silla unidas. Además, se le agrega una cazuela la cual actúa como guía de ensamble y aporta valor estético a la unión.

Figura 44

Prueba sistemas insert



Nota. Destaca el detalle de la cazuela y como resalta el sistema, permite comprender el herraje y su modo de ensamblaje.

8.3.3. Prototipo a escala

En esta etapa del proyecto, se desarrolla una idea general de la esencia y la forma de la silla. Por ello, se decide realizar un modelo a escala menor para visualizar mejor su forma y su relación con el espacio. Este proceso permite identificar elementos que requieren ajustes y mejoras.

Figura 45*Prototipo a escala*

Nota. Esencia y forma de la silla a partir de elementos determinados como: orden y cantidad de patas, asiento, espaldar.

8.4. Ensamblajes y puntos críticos

Posteriormente, se procedió a la fabricación de modelos específicos que simulaban únicamente los puntos críticos de ensamblaje. Adicionalmente, se elaboró un modelo específico del asiento, simulando un vaciado que recibiría los glúteos del usuario con el objetivo de mejorar la comodidad de la interfaz (*figuras 48, 49*).

El primer ensamblaje desarrollado es el que une el asiento con la pata alta. En el modelo inicial, este es simulado con un ensamblaje común conocido como "media madera", que consistía en realizar un vaciado en ambas caras laterales de la pata para recibir dos espigas ubicadas en la parte posterior del asiento. Sin embargo, al modelar este ensamblaje en tamaño real, se identificó que presentaba un problema estructural significativo, lo que incrementaba el riesgo de ruptura en ese punto. Como resultado, se llevó a cabo una iteración del diseño para lograr una solución más robusta y eficiente (*figura 50*).

Figura 46

Ajustes y detalles del asiento



Nota. Prototipo escala 1:3 del asiento, aplicando el vaciado.

8.4.1. Ensamble asiento – Pata alta espaldar

Figura 47

Ensamble media madera



Nota. Análisis y ajuste del punto crítico de ensamble entre el asiento y pata posterior.

Figura 48

Prototipado de asiento en tamaño real



Nota. Desarrollo del molde para el asiento del modelo de validación.

Figura 49

Prototipo de pata trasera en tamaño real



Nota. Ajuste del ensamble de la pata respecto del asiento.

Finalmente se propone una iteración más con el objetivo de aumentar el área de contacto entre las piezas, con la intención de obtener una mayor fricción entre ellas, mejorando el ensamble en términos generales. Creando una espiga lineal central del ensamble.

Figura 50

Prueba de ensamble y ajuste de detalles



Nota. Fresado interno y externo entre las caras que entran en contacto al realizar el ensamble.

8.4.2. Ensamble asiento – Pata sencilla

El siguiente ensamble desarrollado fue el que une la pata sencilla con el asiento. Este ensamble resultó más sencillo de plantear, ya que debía realizarse de forma directa entre las piezas, maximizando el área de contacto y obteniendo una transición sutil entre ellas. Para ello, se propuso un ensamble de caja y espiga.

Figura 51

Prototipo a escala, ensamble de la pata sencilla con el asiento



Nota. Ensamble de caja y espiga.

Figura 52

Prototipo a escala, ensamble de la pata sencilla con el asiento



Nota. Ensamble de caja y espiga.

La creación de este modelo permitió identificar la necesidad de una nueva iteración para incrementar el área de contacto entre las superficies de las piezas. Esto se logró añadiendo un pequeño escalón en la parte posterior de la pata, lo que incrementó la rigidez del conjunto. Posteriormente, se realizaron modelos en tamaño real para validar el diseño.

Figura 53

Modelo de comprobación en tamaño real



Nota. Vista inferior y superior del ensamble de caja del asiento.

Figura 54

Modelo de ensamble pata sencilla y asiento a tamaño real



Nota. Se comprueba el ensamble de caja, y ajuste del volumen de la pata en su cara posterior en tamaño real.

8.4.3. Ensamble del espaldar - Pata alta

Para el ensamble entre el espaldar y la pata alta, se identificó como concepto principal la necesidad de limitar posibles errores del usuario durante el armado de la silla. Las piezas debían permitir únicamente una forma de ensamblaje correcta.

Inicialmente, se propuso un ensamble que utilizaba dos tarugos metálicos insertados de manera fija en la pata alta. El espaldar, por su parte, debía contar con dos agujeros que correspondieran a la ubicación de los tarugos, además de una tuerca insertada. La pata alta debía tener un agujero pasante para recibir un tornillo, asegurando la alineación vertical, fijando el espaldar en su posición y limitando su rotación sobre el eje del tornillo.

Para garantizar que las piezas ofrecieran una única posibilidad de ensamblaje, se planteó la distribución del tornillo en el punto áureo entre los tarugos. De esta manera, el espaldar solo podría ensamblarse de forma correcta. Sin embargo, tras realizar el modelo, se identificó una oportunidad de simplificación del ensamble al reemplazar los tarugos por una espiga similar a la utilizada en el ensamble de la pata larga con el asiento. Esto mantuvo la función de alineación, limitó el armado incorrecto y eliminó la necesidad de elementos adicionales como los tarugos metálicos.

Figura 55

Ensamble entre el espaldar y pata alta



Nota. Implementa el sistema espiga, el cual incrementa el área de contacto entre piezas. .

8.4.4. Sistema de sujeción por perforación directa mediante guía y cazuela

Tras la fabricación de los ensambles e interacciones, entre los prototipos anteriores, se toma de decisión de cambiar los componentes de ensambles de la siguiente manera.

Para garantizar los ensambles de manera efectiva se había planteado el sistema señalado en la figura 45, sin embargo, se cambia el sistema por un tornillo de 4.5” pulgadas para la pata I y II, 5.5”, para la pata III; ya que estos permiten un ensamble que atraviesa la espiga y se incrusta nuevamente en el asiento. Obteniendo así un ensamble más fuerte.

Figura 56

Ensamble entre asiento y patas I y II

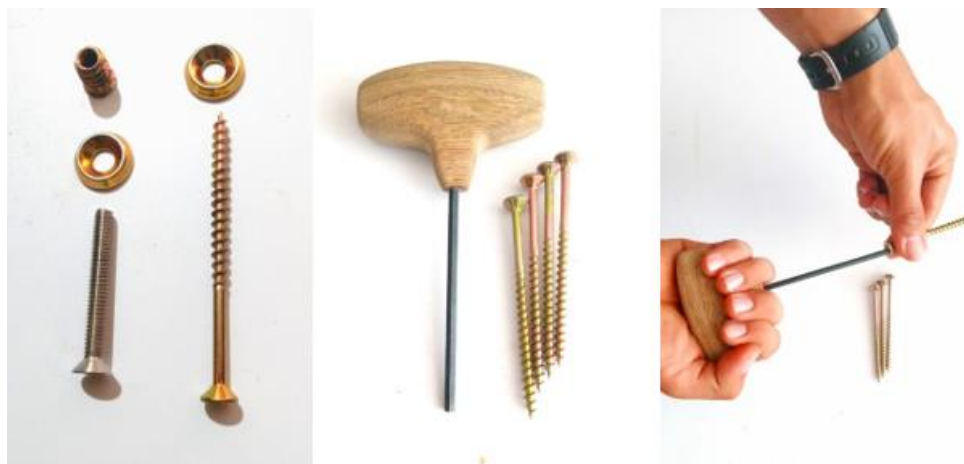


Nota. Implementa el ensamble tipo caja y espiga más tornillo pasante. .

Además, se complementa con una herramienta manual que fue diseñada teniendo en cuenta parámetros anatómicos y ergonómicos; que permite insertar el tornillo y obtener la sujeción óptima entre las piezas. De esta manera el usuario cuenta con todos los componentes necesarios para armar la silla.

Figura 57

Cambio de sistema de ensamble



Nota. Se elimina la necesidad de la tuerca insert, pasando de tres componentes a dos.

8.5. Consideraciones ergonómicas

En este punto del proceso, se definieron las dimensiones ergonómicas claves para la silla. Según (Maradei y Espinel, 2008), para una silla las dimensiones relevantes son:

Figura 58

Asientos según el tipo de silla



Nota. Guía de medidas importantes del asiento. Tomado de (Maradei y Espinel, 2008.)

Altura poplítea: Distancia vertical entre el suelo y la parte posterior de la rodilla cuando la persona está sentada con los pies apoyados y las rodillas en ángulo de 90 grados (j).

Distancia nalga-poplítea: Medida entre la parte posterior de las nalgas y el pliegue de la rodilla, crucial para determinar la profundidad del asiento (k).

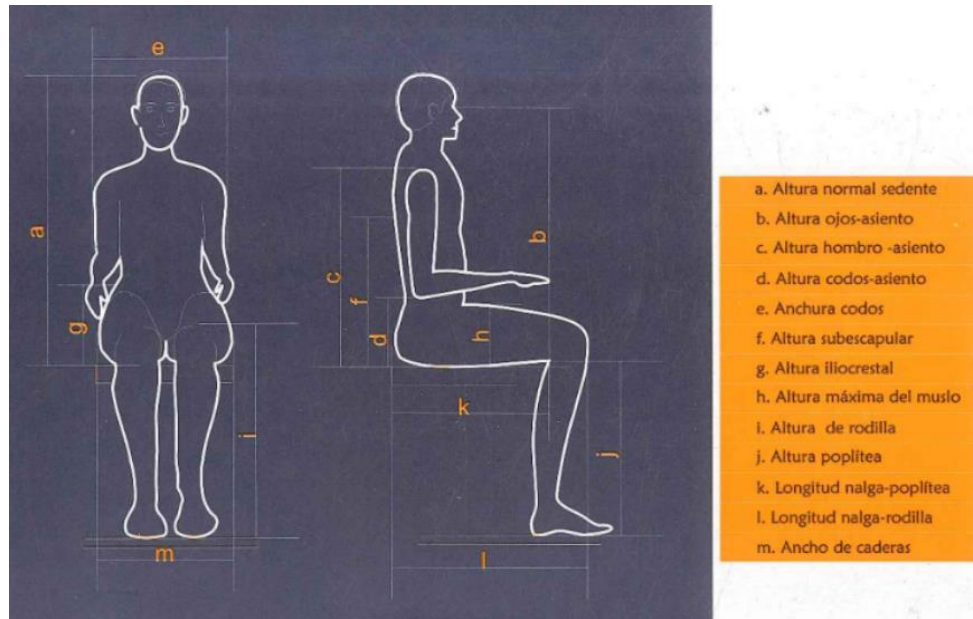
Altura subescapular: Distancia vertical desde el asiento hasta el borde inferior de la escápula, utilizada para determinar la altura del respaldo (f).

Altura iliocrestal: Distancia vertical desde el asiento hasta la cresta ilíaca, en la parte superior del hueso de la cadera (g).

Anchura de codos: Distancia horizontal entre los puntos exteriores de los codos cuando los brazos están relajados a los lados del cuerpo (e).

Figura 59

Esquema según el nombre de la medida.

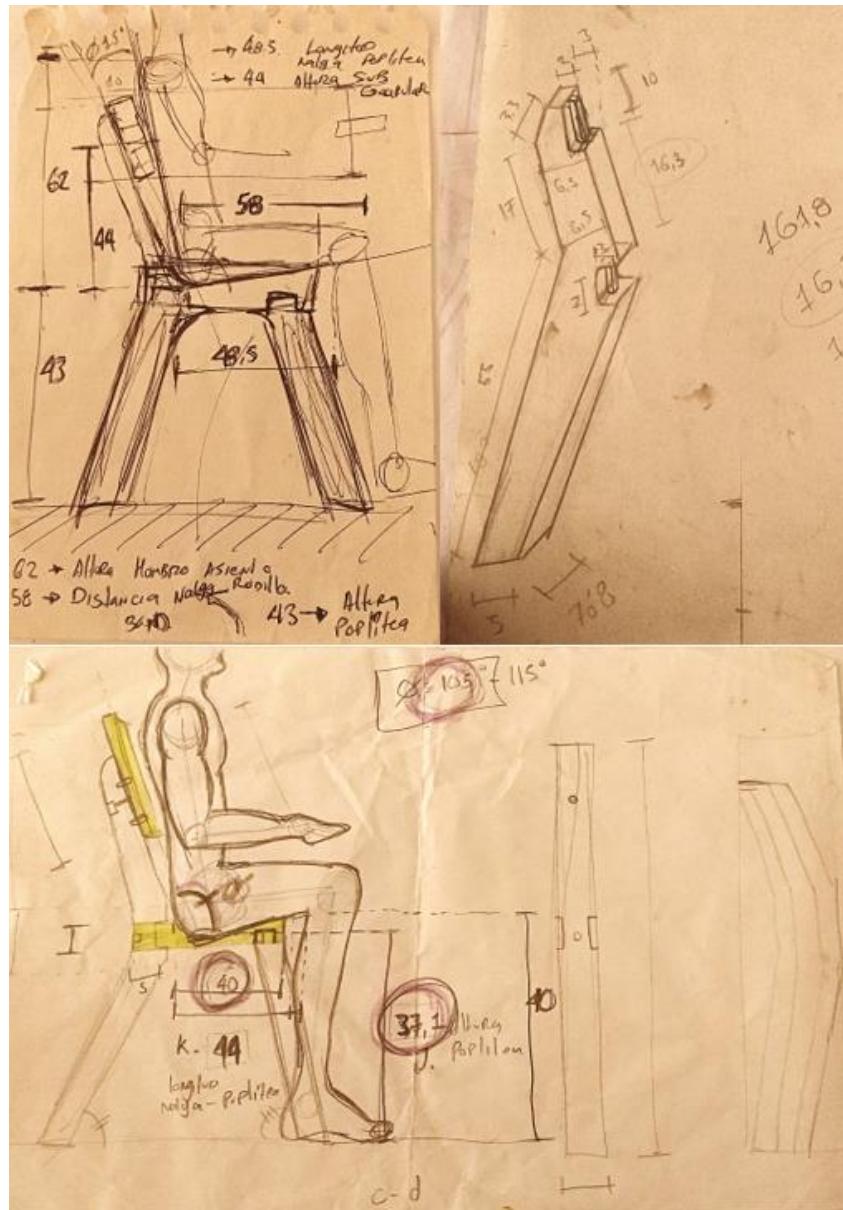


Nota. Cada letra representa una medida específica, lo cual complementa la imagen anterior.

Tomado de (Maradei y Espinel, 2008.)

8.5.1. Bocetos y medidas asignadas

Con estas dimensiones, se realizaron bocetos detallados que aclararon el panorama general del diseño. A partir de estos, se fabricaron modelos a tamaño real y maquetas que posteriormente sirvieron como moldes para transferir la forma a la madera.

Figura 60*Bocetos silla teniendo en cuenta medidas**Nota.* Primeros bocetos con dimensiones – piezas de la silla.

8.6. Prototipo a tamaño real

Figura 61

Plantilla de la vista lateral a tamaño real



Nota. Boceto vista lateral, que permite obtener un plano de cada pieza y su relación con los demás componentes.

8.6.1. Modelado en Software 3D y Prototipo 1 a 1

Figura 62

Modelado 3d silla



Nota. Desarrollo de modelado 3d, el cual permite tener exactitud en cuanto a algunas medidas, y generar moldes guía para corte.

Figura 63*Render silla*

Nota. Resultado del modelado 3D a partir de los prototipos desarrollados.

8.7. Proceso de fabricación

Para garantizar precisión y consistencia en la fabricación, se utilizó una ruteadora o fresadora con fresas copiadoras. Estas herramientas permiten replicar perfiles exactos en madera. Las plantillas fueron cortadas previamente en MDF mediante una máquina de corte láser, asegurando exactitud en las dimensiones y ángulos de las piezas.

Figura 64

Ruteadora DeWalt y fresas copiadoras



Nota. Herramientas para replicar la forma de los moldes.

Las plantillas de MDF se pegaron temporalmente sobre las piezas de madera calibradas utilizando cinta doble faz. Posteriormente, la ruteadora, equipada con la fresa (1) con balinera en la parte inferior, se pasó sobre la pieza, retirando una porción del material.

Figura 65

Proceso con fresa 1 para obtener las patas de la silla



Nota. Avance del proceso con fresadora pata III.

Luego, se retiró la plantilla de MDF y se giró la pieza de madera para trabajar la cara opuesta. Se utilizó la fresa (2), con la balinera en la parte superior, para completar el proceso de desbaste. Este método permitió obtener piezas de madera con dimensiones exactas, asegurando que todas las patas tuvieran exactamente las mismas dimensiones.

Figura 66

Proceso con fresas (1) y (2) para obtener las patas de la silla



Nota. Avance del proceso con fresadora pata III.

El proceso de diseño y fabricación de la silla de tres patas combinó un enfoque iterativo con herramientas ergonómicas, metodologías de validación y técnicas de manufactura. Esto permitió lograr un diseño funcional, seguro y estéticamente coherente.

Figura 67

Patas y asiento para modelo de validaciones en pino a tamaño real.



Nota. Avance del proceso con fresadora, patas I, II, y asiento.

Figura 68

Detalles prototipo de la silla a tamaño real



Nota. Resultado del volumen 3d según las medidas seleccionadas y prototipos desarrollados.

Figura 69

Modelos a diferentes escalas



Nota. Proceso de diseño representado en modelos de baja fidelidad.

8.7.1. Resultado prototipo 1 a 1

Teniendo en cuenta que se ha determinado cada uno de los detalles de las 4 piezas que componen esta silla, se continua con el desarrollo del prototipo funcional 1 a 1 con el fin de ponerla a prueba

y comprobar aspectos ergonómicos, estéticos y perceptivos. En las siguientes fotos se evidencia en proceso de acabados en el prototipo 1 a 1.

Figura 70

Resultado prototipo alta fidelidad.



Nota. Prototipo funcional a escala 1:1 para las comprobaciones.

9. Experimento del prototipo funcional 1:1

Tras haber desarrollado el prototipo funcional a escala 1:1 de la silla diseñada, se pasa a una etapa crucial en el desarrollo del producto: la evaluación mediante un experimento controlado. Este proceso es esencial para validar las características ergonómicas, funcionales y estéticas del diseño, así como para recopilar retroalimentación directa de los usuarios que nos permita identificar posibles mejoras.

A continuación, se detalla el diseño experimental planteado para llevar a cabo esta evaluación de manera estructurada y efectiva.

Hipótesis

La altura, el ancho y el ángulo de inclinación del respaldo de la silla deben modificarse entre 1 y 2 centímetros.

La percepción de la estabilidad (en una escala de 1 a 7 donde: 1 = poco estable y 7 = muy estable), comodidad (en una escala de 1 a 7 donde: 1 = poco cómoda y 7 = muy cómoda) y complejidad de armado de la silla (en una escala del 1 al 7 donde: 1 = muy Difícil y 7= muy Fácil); obtendrán una media entre 6 y 7.

Un manual de instrucciones claro y bien diseñado facilita la percepción de montaje de la silla.

Los patrones geométricos en el diseño del asiento y respaldo tienen un impacto en la preferencia estética de los usuarios.

Tarea

Pedir al participante que se sienta en la silla durante un minuto y evaluar las siguientes variables:

Altura, ancho del asiento y ángulo de inclinación del respaldo.

Percepción de estabilidad y de comodidad escalas de Likert.

Presentar el manual de instrucciones, permitir que el participante lo lea y evaluar su percepción sobre la facilidad para armar la silla.

Presentar 10 alternativas de patrones geométricos y solicitar al participante que elija su preferencia estética.

Variables controladas

Ambiente experimental (biblioteca UIS)

Tiempo de exposición a la silla (1 minuto por participante).

Diseño estructural de la silla (sin modificaciones entre participantes).

Tipo de manual utilizado para todos los participantes.

Variables no controladas

Experiencia previa del participante en el uso de sillas ergonómicas.

Preferencias estéticas personales.

Condición física del participante (altura, peso, posibles discapacidades).

Variables dependientes:

Percepción de comodidad y estabilidad de la silla (escalas de Likert).

Percepción de facilidad de armado de la silla (escalas de Likert).

Preferencia estética del patrón geométrico seleccionado.

Parafernalia - Prototipo de silla

Manual de instrucciones: Incluye un diseño estándar para la evaluación de complejidad de armado.

Cuestionarios digitales: Para registrar las respuestas de los participantes.

Muestra de patrones geométricos: Representaciones gráficas digitales de las 10 propuestas alternativas.

Cronómetro: Para medir el tiempo exacto de exposición a la silla y el manual.

Figura 71

Manual de ensamble

Nota. Primeras 4 páginas del manual de ensamble.

Figura 72

Segunda parte manual de ensamble

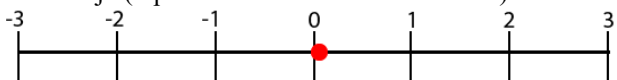
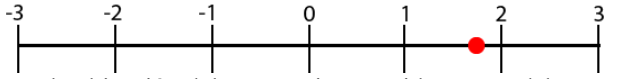
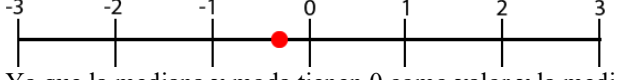
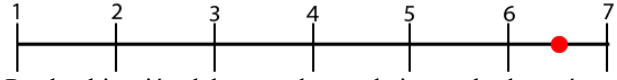
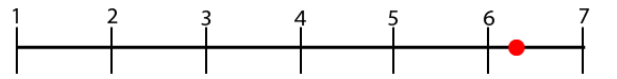
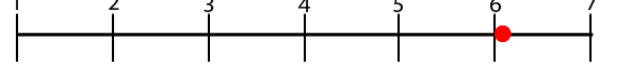
Nota. Sigüientes 4 páginas del manual de ensamble.

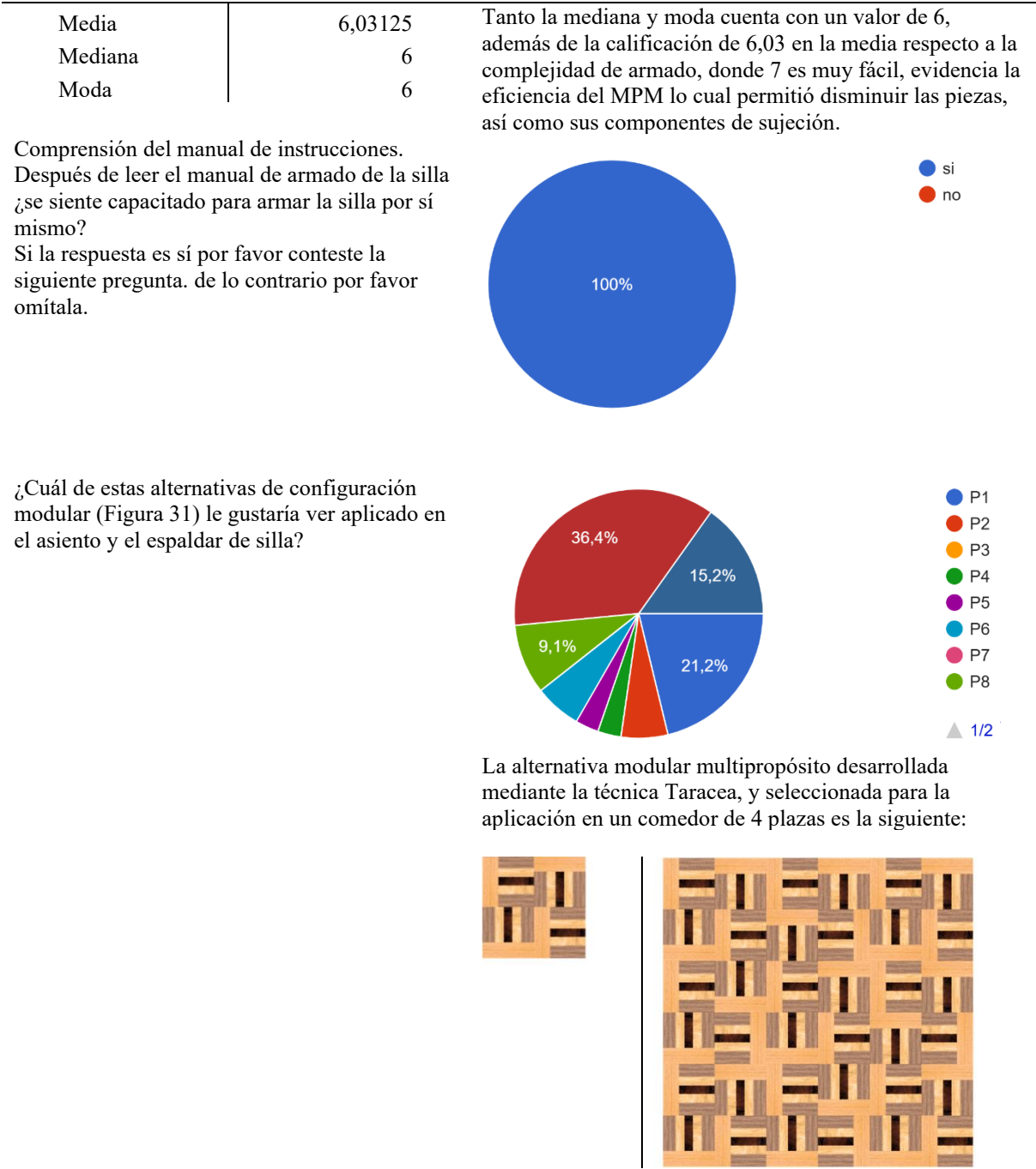
9.1. Resultados

La encuesta fue realizada a 33 personas, a continuación, se comparte una tabla y graficas que resumen de la actividad realizada.

Tabla 15.

Resumen de preguntas y resultados de las comprobaciones.

Pregunta de la encuesta	Representación grafica
¿Si pudieras modificar la altura del asiento cuántos centímetros la aumentaría o disminuiría?	Punto rojo (representa la media en el intervalo)  En la gráfica es evidente la cercanía de la media del 0, ya que cada intervalo representa un centímetro, se toma la decisión continuar con la altura del asiento para el producto final.
Media 0,03 Mediana 0 Moda 0	
¿Si pudiera modificar el ancho del asiento cuántos centímetros le aumentaría o disminuiría?	 Por la ubicación del punto rojo, es evidente que debe realizarse una modificación en el ancho del asiento, en este caso como la mayoría de las personas prefiere aumentar 3 cm el ancho, es esta la medida que se toma en cuenta.
Media 1,75 Mediana 2 Moda 3	
¿Si pudiera modificar la inclinación de espaldar cuántos grados lo aumentaría o disminuiría? entiéndase + como inclinación "hacia atrás" y - como "hacia adelante".	 Ya que la mediana y moda tienen 0 como valor y la media -0,33 se toma la decisión de mantener la inclinación de la silla, para su construcción final.
Media -0,33 Mediana 0 Moda 0	
Percepción de Estabilidad: En una escala de 1 a 7, donde: 1 = poco estable y 7 = muy estable ¿cómo calificaría la silla?	 Por la ubicación del punto dentro de intervalo de razón, además de la mediana y moda con valor de 7, la silla se percibe estable.
Media 6,5 Mediana 7 Moda 7	
Percepción de Comodidad: En una escala de 1 a 7 donde: 1 = poco cómoda y 7 = muy cómoda ¿cómo calificaría la silla?	 Debido al valor de 7 para la mediana y moda, además de la media que se ubica con un valor de 6,3 lo cual está muy cerca del adjetivo muy cómoda.
Media 6,3125 Mediana 7 Moda 7	
En una escala del 1 al 7, donde: 1 = muy difícil y 7= muy fácil ¿cómo calificaría la complejidad del armado de la silla?	



Nota. Resultados en cuanto a modificaciones ergonómicas, selección de super modulo P y percepción de la complejidad de armado.

9.2. Conclusiones

A partir de análisis descriptivo anterior, se toman las siguientes decisiones:

Tanto la altura del asiento como la inclinación de la silla se mantienen del prototipo al producto final, específicamente 44cm de altura y 13° de inclinación.

Se modifica el ancho del asiento, aumentando 3 centímetros en la parte indicada en la siguiente imagen.

La selección de las dimensiones según los datos antropométricos del libro "Datos antropométricos para el diseño". (Maradei y Espinel, 2008.); así como el principio de Euclides

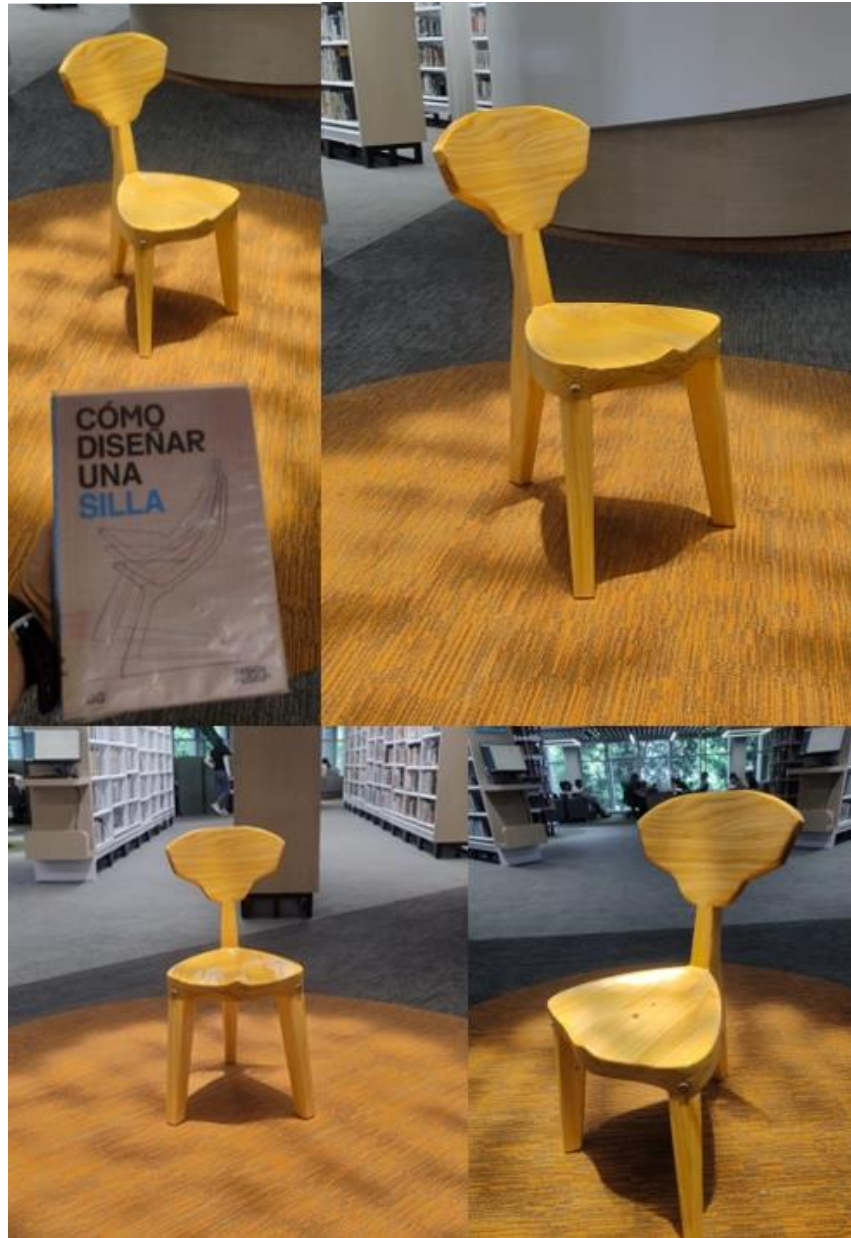
El desarrollo de cada pieza, la relación armónica entre sus partes y los principios del Diseño para la manufactura (DFM). Todo lo anterior se ve reflejado en los valores obtenidos en la percepción de comodidad, estabilidad y complejidad de armado.

El manual de instrucciones es claro para todas las personas entrevistadas, complementando y guiando al usuario en el armado del producto con 4 pasos.

El resultado de la aplicación de la duplicación fractal definida por Kolokolnikov en la (figura 25), del módulo P, da como resultado la selección de la propuesta número nueve, siendo este el patrón que se aplica al asiento y espaldar de la silla.

Figura 73

Modelo de validaciones en el ambiente de experimentación



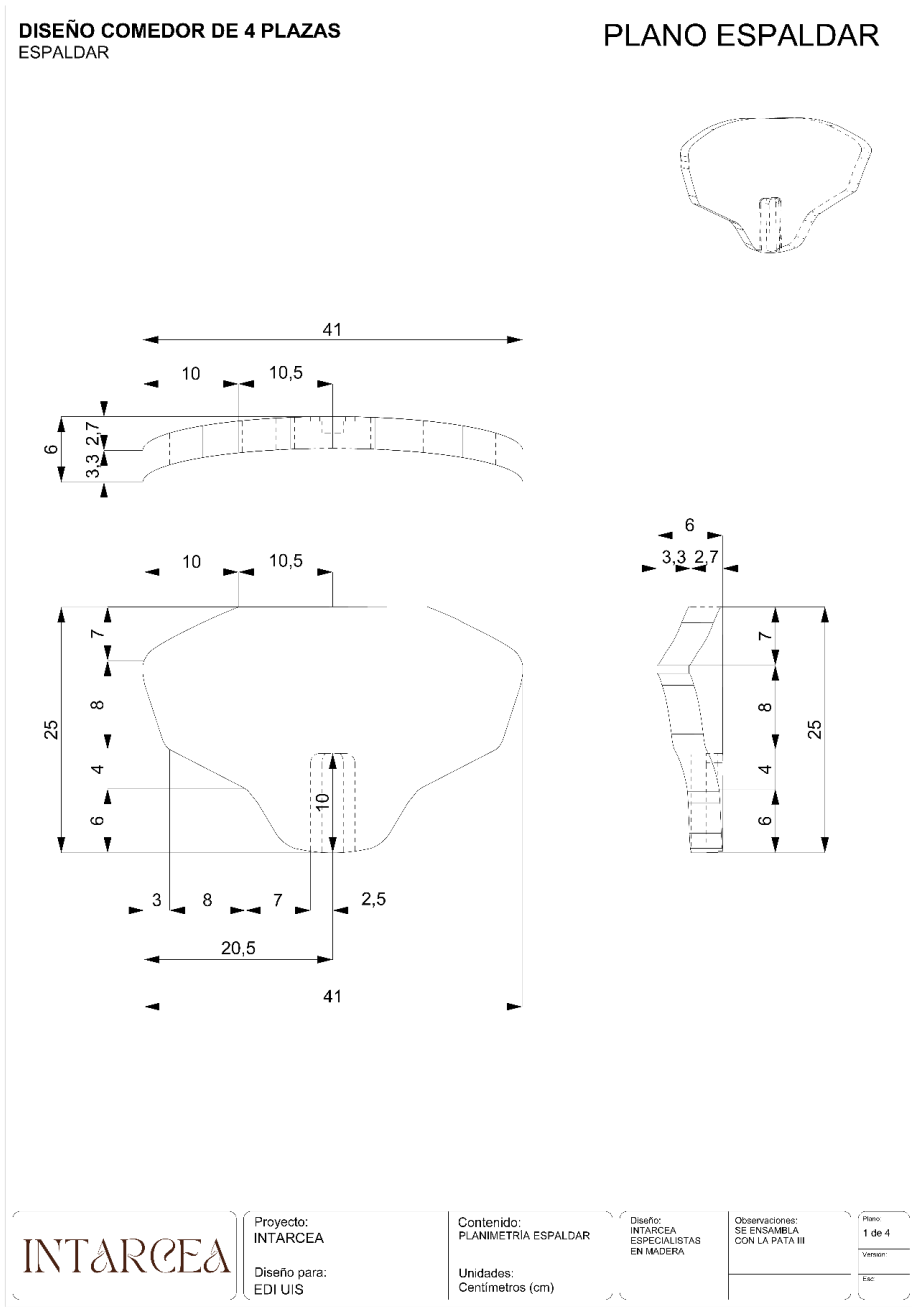
Nota. Modelo de validación fabricado en pino.

Figura 74*Evaluación experimental**Nota.* Usuarios y su interacción.

9.3. Planos de cada pieza de la silla con medidas en cm

Figura 75

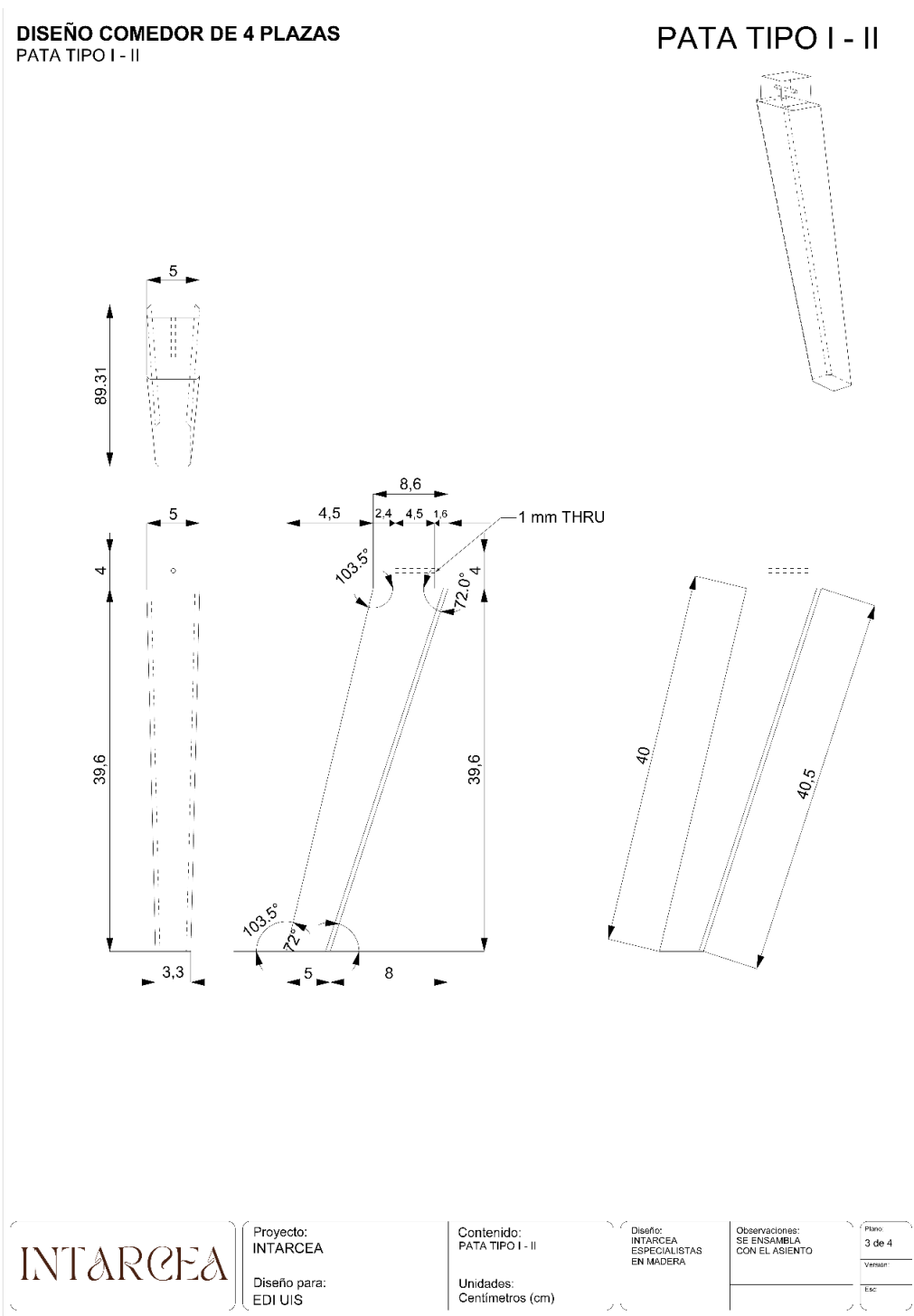
Planimetría espaldar



Nota. Medidas en centímetros.

Figura 76

Planimetría para I y II.



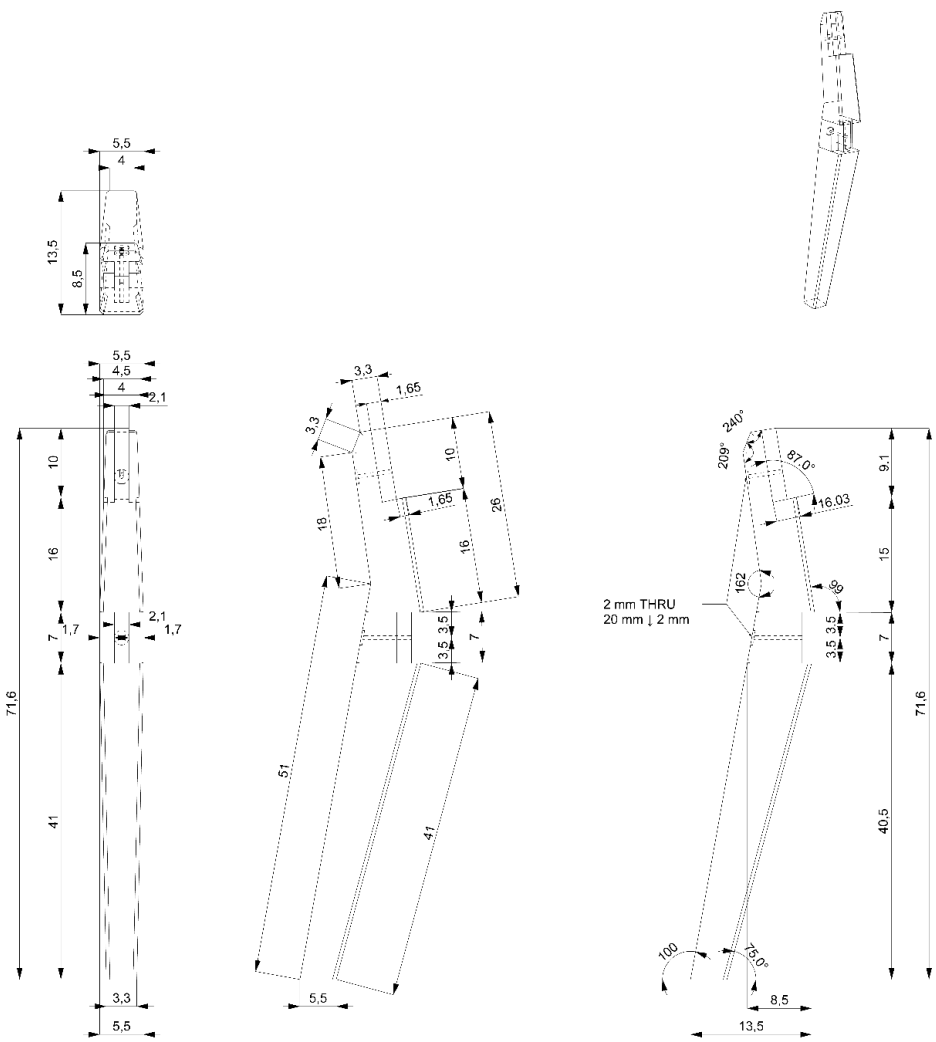
Nota. Medidas en centímetros.

Figura 77

Planimetría pata III.

DISEÑO COMEDOR DE 4 PLAZAS
PATA III

PATA III



INTARCEA

Proyecto:
INTARCEA
Diseño para:
EDI UIS

Contenido:
PATA III
Unidades:
Centímetros (cm)

Diseño:
INTARCEA
ESPECIALISTAS
EN MADERA

Observaciones:
SE ENSAMBLA
CON ESPALDAR
Y ASIENTO

Plan:
2 de 4
Version:
Esc:

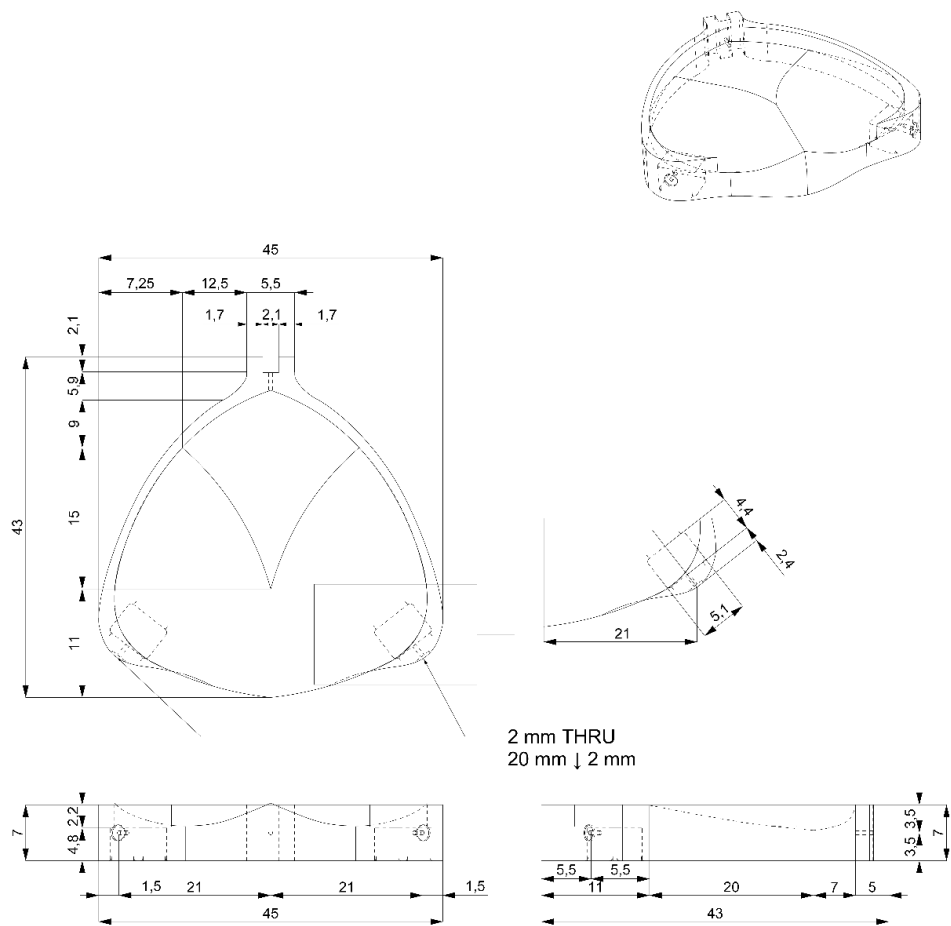
Nota. Medidas en centímetros.

Figura 78

Planimetría asiento silla

DISEÑO COMEDOR DE 4 PLAZAS
ASIENTO

PLANO ASIENTO



INTARCEA	Proyecto: INTARCEA	Contenido: PLANIMETRÍA ASIENTO	Diseño: INTARCEA ESPECIALISTAS EN MADERA	Observaciones: SE ENSAMBLA CON LAS 3 PATAS	Plano: 4 de 4
	Diseño para: EDI UIS	Unidades: Centímetros (cm)			Versión: Esc

Nota. Usuarios y su interacción.

10. Construcción de producto final

Ya con medidas claras, piezas con dimensiones definidas, ensambles y encajes comprobados, así como el patrón fractal seleccionado y proceso de producción claro; se procede a la construcción final del comedor de 4 plazas, a continuación, renders guía y fotos del proceso.

Figura 79

Render comedor de 4 plazas



Nota. Vistas comedor de 4 plazas.

Teniendo en cuenta la importancia de los patrones de taracea en este proyecto, tras analizar el render específicamente en vistas superiores, se puede observar que la superficie de madera en la mesa disminuye la visibilidad de los asientos ya que estos son cruciales por su patrón, es por ello que se toma la decisión de que esta superficie este hecha de vidrio.

10.1. Diseño de la mesa

La propuesta de diseño de la mesa surge como consecuencia del diseño de la silla como se especifica en la página (X), conservando su coherencia formal, así como el DFM, por ello se establece la arquitectura del producto a continuación.

Tabla 16 *Arquitectura del producto en detalle (mesa).*

Pieza	Cantidad	relación
Pata	4 unidades	Extensor
Pieza central horizontal	1 unidad	Extensor
Extensor	4 unidades	Dilatador - Pata
Dilatador	4 unidades	Extensor
Superficie	1 unidad	Extensor
Elementos de sujeción		
Tornillos 3,5"	4 unidades	Extensor – Patas
Cazuela	8 unidades	Patas - Extensor

Nota. Arquitectura determinada a partir de MFD.

10.1.1. Superficie

Figura 80

Vidrio en forma de ovalo



Nota. Vidrio espesor de 16mm.

10.1.2. Ensamble pata y extensor

Teniendo en cuenta que se debe continuar con la facilidad de armado, construcción y coherencia formal se plantea un ensamble intuitivo y rápido; determinando que serán las 4 patas las que se ensamblen a la estructura conformada por: pieza central horizontal, extensores y dilatadores. El detalle de la cazuela aplicado en el ensamble de las patas de las sillas, es determinante aplicarlo en las patas de la mesa también, así como el “tapering” o afilado cónico para asegurar coherencia inter formal entre los objetos.

Figura 81

Ensamble pata mesa con extensor



Nota. Prototipo rápido ensamble entre pata y extensor.

10.1.3. Ensamble extensor con la pieza central

Teniendo en cuenta la naturaleza del ensamble entre las piezas se opta por realizar el ensamble tipo “galleta” que en esencia es el mismo caja y espiga; debido a que es un ensamble de una cara

con una testa en ángulo, la herramienta engalletadora brinda la posibilidad de realizar esta unión de forma repetida y controlada gracias a su guía angular.

Figura 82

Ensamble extensor con pieza central horizontal



Nota. Ensamble tipo galleta entre cara y testa de la madera.

10.1.4. Diseños dilatadores

Con el fin de lograr una separación entre la superficie de la mesa y el plano de la pieza central horizontal, se plantea el diseño de 4 dilatadores que elevaran el plano de la superficie de la estructura que lo sostiene. Conservando coherencia entre sus acabados y ensamble con el extensor.

Figura 83

Desarrollo y construcción del dilatador



Nota. Relación pata, extensor y dilatador a tamaño real.

10.1.5. Construcción estructura del comedor

Contando con el diseño de cada uno de los componentes para la estructura del comedor, se procede a la elaboración de las piezas por un tiraje de 4 cada una exceptuando la pieza central horizontal.

Figura 84

Prototipos de la estructura mesa y silla



Nota. Comprobación estética entre la relación de los componentes de la estructura de la mesa y la silla.

10.2 Fabricación de los módulos P' y P''

Se decide hacer un tiraje de 5 sillas, por ende, los calculo referentes presentado a continuación.

Se cortaron y cepillaron 60 listones de Guayacán, 60 de Nogal, así como 30 listones de Cedro y 30 de Sapán. calculando una tolerancia amplia previendo posibles defectos naturales en algunas

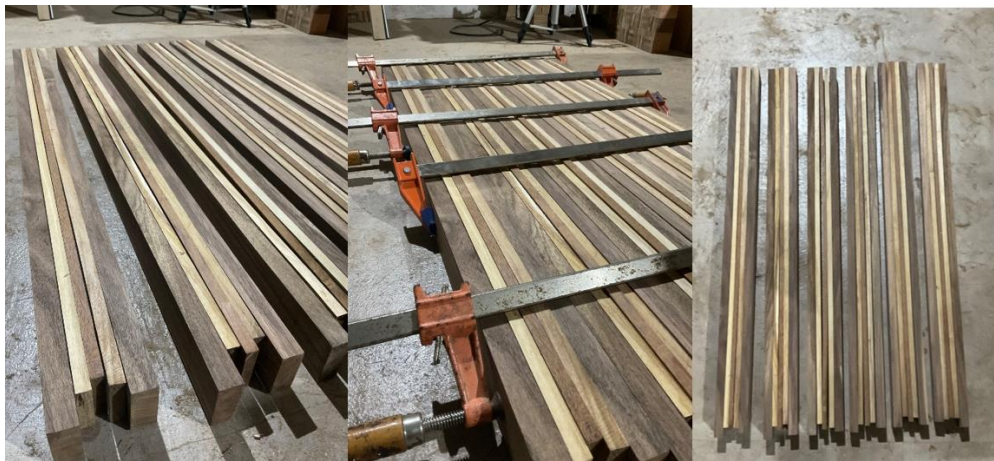
piezas de madera. Para un total de 180 listones de 100 cm de largo entre todas las especies de madera seleccionada.

10.2.1. Encolados para obtener los módulos P' y P''

Para la construcción del patrón P, luego de tener los listones cepillados al espesor deseado, se organizan en grupos que representan las franjas horizontales del módulo, las cuales corresponden a: Nogal, Guayacán, Sapán. Aplicando pegamento para madera entre las caras de manera que se pudiera hacer un prensado estratégico, durante 12 horas usando prensas manuales de carpintería tipo sargento.

Figura 85

Pega de los componentes horizontales del patrón P

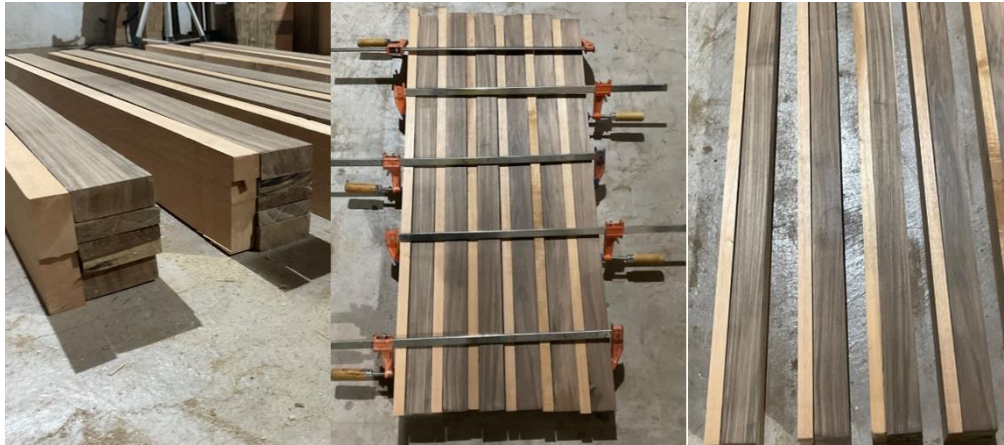


Nota. Listones de 1 metro de largo.

Teniendo la pega de las franjas horizontales, se les agrega la franja vertical de cedro, aplicando la misma técnica y proceso en cuanto al pegado y prensado, obteniendo como resultado módulos de patrón P de 1 metro de largos. Obteniendo 4 bloques de 100 cm de largo, por 50 cm de ancho y 7.5cm de espesor.

Figura 86

Pega del componente vertical del patrón P



Nota. Vistas del patrón P.

Se toma 6 listones de patrón P, y se reorganizan, realizando un nuevo proceso de encolado formando los módulos P' y P''. Cada uno con 1 metro de largo.

Figura 87

Módulos P' y P''



Nota. Organizados a partir del patrón seleccionado.

10.2.2. Cortes de P' y P''

Pasamos los módulos P' y P'' por la sierra para realizar un corte a la mitad con el fin de obtener 2 piezas más fáciles de maniobrar en el siguiente proceso.

Figura 88

Cortes de P' y P''



Nota. Corte realizado con sierra de banco.

Seguidamente se configura la guía de corte a 7,3 cm, con 0,3 cm de tolerancia para posterior rectificación de espesor; realizando cortes repetitivos con el fin de obtener piezas de 44 cm x 7cm x 7,3 cm por cada módulo.

Figura 89

Cortes de P' y P' a 7,3 cm.



Nota. Se obtienen 6 módulos por sección.

10.3 Fabricación de los asientos mediante la técnica taracea con el patrón seleccionado

Para el último proceso de encolado que forma el supermódulo del asiento, se tomaron 3 piezas de P' y P'' respectivamente. Estas piezas se organizan de manera entreverada, conservando la dirección y cara de los módulos.

Figura 90

Encolado del supermódulo



Nota. Organización y encolado de P' y P'' para el asiento.

Figura 91

Supermódulo compuesto por P' y P''.



Nota. Supermódulo con dimensiones de 45 cm x 45 cm x 7,3 cm.

10.3.1. Rectificación del supermodulo

Rectificación de el espesor del super modulo mediante un proceso de fresado, con la ruteadora desplazándola horizontalmente sobre un riel, usando una fresa de barrido, dejando una superficie plana llegando a un espesor de 7,05 cm.

Figura 92

Rectificación del espesor



Nota. Fresa de barrido de tres filos de 2'' de diámetro.

Teniendo en cuenta el punto de ensamble con la pata número 3, como se puede apreciar en la figura 79, el vaciado correspondiente a la parte hembra del ensamble tiene una cota de 7 cm, obteniendo así un ensamble con la tolerancia deseada.

Figura 93

Lijado del super modulo



Nota. Lijado para llevar la pieza a un espesor final de 7 cm.

10.3.2. Molde y corte del supermódulo

Prototipo rápido hecho a mano de la forma que representa la vista superior del asiento. Con el fin de obtener puntos críticos de su curvatura. Considerando los resultados de la tabla 14, respecto al ancho del asiento, se plantea una iteración a la forma, respondiendo a la mejora de la comodidad, aumentando 1 centímetro del contorno de este.

Figura 94

Modificaciones molde asiento



Nota. Verificación de ajuste de dimensiones en el asiento.

El prototipo rapido permite el desarrollo de una forma base, con la cual se establece la vectorización digital de la curva en tamaño real. Utilizando el corte laser y el vector, se optuvo un modelo de MDF 9mm, para usarlo como guía en el proceso de ruteado con fresa copiadora, el cual garantiza que cada pieza es una copia identica del modelo.

Figura 95

Corte molde en MDF del molde en vista superior.



Nota. Lijado para llevar la pieza a un espesor final de 7 cm.

Con ayuda del molde se transfiere la forma del contorno, usando un marcador permanente sobre la superficie, para usarlo como guía en el proceso corte en la sierra sinfín. Este proceso se realizo cuidadosamente de forma manual otorgando 4 mm hacia el exterior del controno demarcado por la linea.

Figura 96

Corte super modulo sierra sinfín.



Nota. Corte del contorno de los asientos con sierra de banda sinfín

Figura 97

Super modulo del asiento



Nota. Fresado a partir de molde guía.

Aplicando el proceso previamente descrito en la figura 66, se utilizó una combinación de fresas copiadoras, para obtener las piezas de la dimensión y forma deseada.

Figura 98

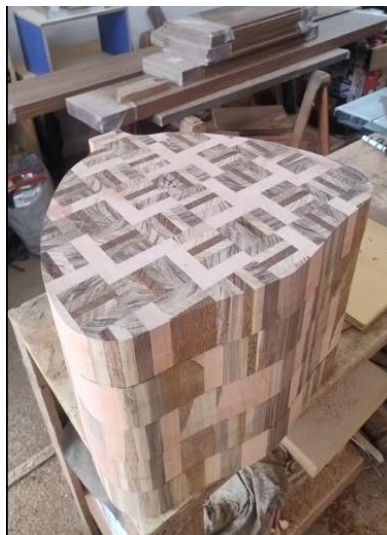
Super modulo del asiento



Nota. Supermódulo construido a partir de taracea.

Figura 99

Resultado del proceso de un tiraje de 5 unidades de asientos.

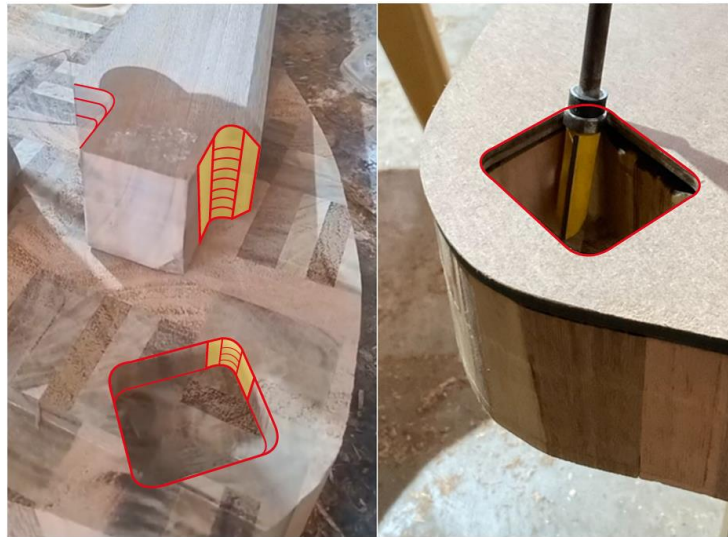


Nota. 5 super módulos asiento.

10.3.3. Redondeos y canales para el ensamble del asiento

Figura 100

Vaciado para los ensambles



Nota. Vaciado de la caja para el ensamble con las patas I y II.

Para obtener un ensamble apropiado entre el asiento y las patas, es necesario realizar redondeos en las aristas destacadas en la figura 103, debido a que el diseño de las patas expone redondeos como es detallado en la siguiente figura. Esta situación también se presenta en el ensamble entre la pata III y el asiento.

Figura 101

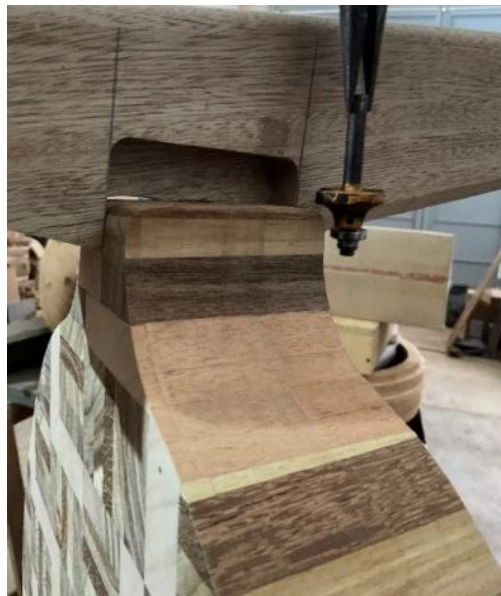
Redondeos para los ensambles patas I y II con asiento



Nota. Redondeo arista para el ensamble con las patas I y II.

Figura 102

Redondeo pata III con asiento

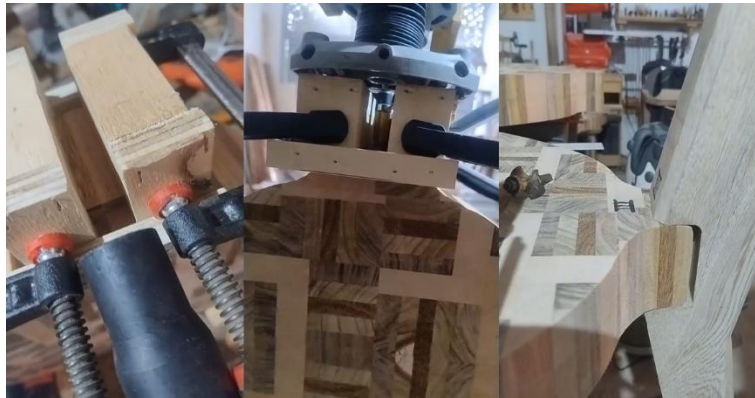


Nota. Redondeo arista para el ensamble con la pata III.

Para realizar el canal necesario para el ensamble de la pata III con el asiento se realizo un dispositivo de forma rapida en triplex con el fin de aplicar este canal de forma repetitiva en el tiraje de las 5 unidades.

Figura 103

Dispositivo para realizar vaciado del canal



Nota. Canal para el ensamble de la pata III .

Figura 104

Canal de ensamble pata III



Nota. Canal del ensamble entre la pata III y su sección correspondiente del asiento.

Figura 105

Ensamble pata III con asiento.



Nota. Emsamblaje dry-fit entre asiento y pata III. .

Figura 106

Prototipo pino y modelo con taracea.



Nota. Comparación y avance de diseño. .

10.3.4. Perforaciones para el ensamble del asiento y espaldar

Seguidamente se realizan las perforaciones denotadas en el plano de la figura 80.

El plano de la pieza asiento denota perforación abocardado para recibir la cazuela y el agujero piloto pasante para el tornillo de 3,5" que sujetara el ensamble asiento – pata I y II. Este proceso tambien se aplica en el ensamble pata III – espaldar y asiento, donde se aplica el agujero piloto tanto en la pata III como en el asiento. Se realiza con broca tipo fostner de 2cm y los agujeros piloto con broca de 7/64" que corresponde al diametro del bastago del tornillo.

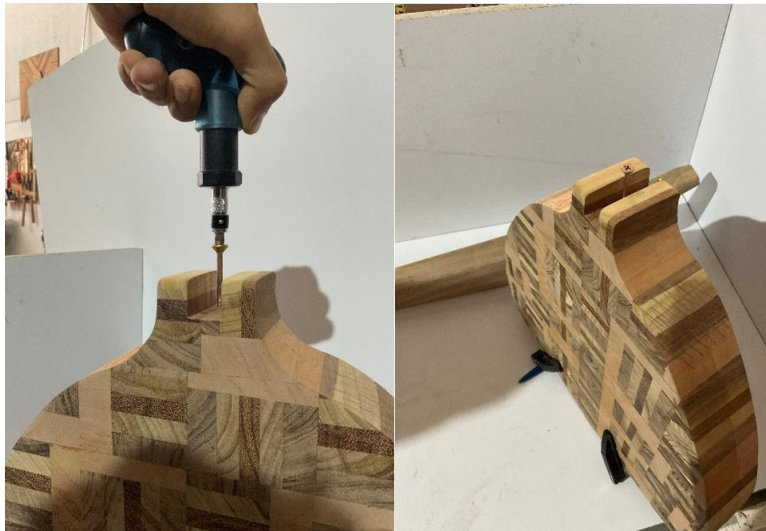
Figura 107

Perforaciones y abocardados para los ensambles.



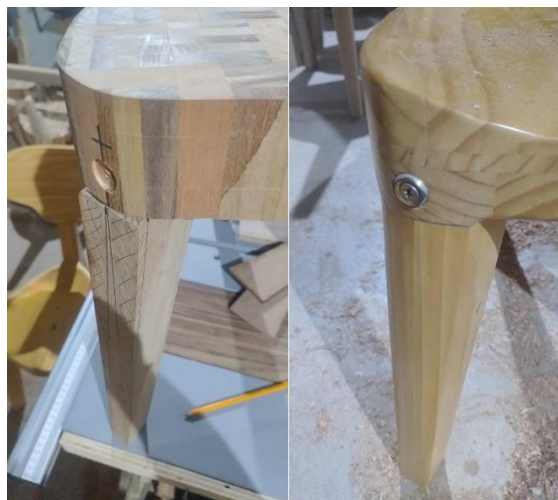
Nota. Detalles de perforaciones. .

Seguidamente se introduce el tornillo en un agujero piloto, usando un rache, para crear la rosca al interior de las perforaciones, mejorando asi la experiencia del usuario, al momento de armar la silla.

Figura 108*Rosca interior*

Nota. Creación de la rosca interior con un tornillo de 3,5''.

El siguiente proceso es realizar un “dry-fit” entre el asiento y las patas I y II, como metodo de comprobación del ensamble, se realizaron marcaciones para identificar el material a retirar, con el objetivo de realizar un refinamiento en la transición de forma entre las piezas.

Figura 109*Dry-fit asiento patas I y II*

Nota. Refinamiento de la transición de forma, se hace con combinación de planeadora, cepillo manual y lijadora.

10.3.5. Proceso de vaciado del asiento

Este proceso se realizó de forma manual, usando una combinación de herramientas manuales, como: pulidora y lijadora, usando discos de desvaste, lija flap y papel de lija rotorbital. Para realizarlo de forma repetitiva se desarrollan unas galgas que permiten al operario identificar la profundidad de una curva en puntos específicos clave mediante la comparación visual. Para realizar las galgas se desarrollo un dispositivo de forma rapida, que permite transferir curvas en puntos especificos del vaciado, a unas plantillas de mdf que se usan como herramienta comparativa para guiar el proceso de vaciado y obtenerlo de la forma mas precisa posible, se creo una galga en 1 linea especifica en el punto medio transversal y 3 lineas horizontales, dividiendo el asiento en cuartos.

Figura 110

Dispositivo para diseño de galgas.



Nota. Dispositivo para copiar curvas. .

Figura 111

Combinación de discos de desvaste.

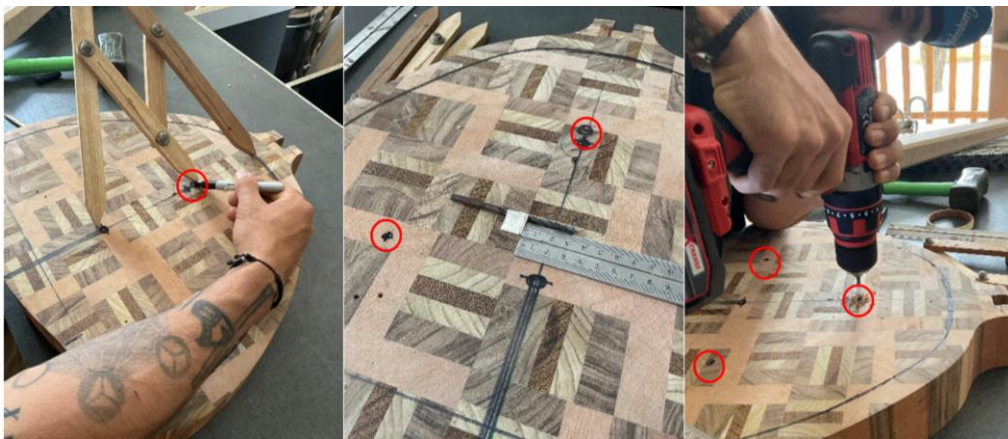


Nota. Discos de desvaste organizados en su orden de aplicación. .

Adicional a esto, se realizaron agujeros en puntos clave, hasta profundidades indicadas Según la vista lateral del plano del asiento en la figura x; para usar estas perforaciones como guía visual de las profundidades maxima en la superficie.

Figura 112

Perforación de agujeros guía visual de profundidad.



Nota. Marcación en el punto de profundidad máximo -3,3 cm y 2,6 cm en los otros agujeros. .

Figura 113*Vaciado de los asientos*

Nota. Los vaciados se realizan conforme al avance de cada silla de manera independiente, comparandola con el modelo guía y resultados anteriores.

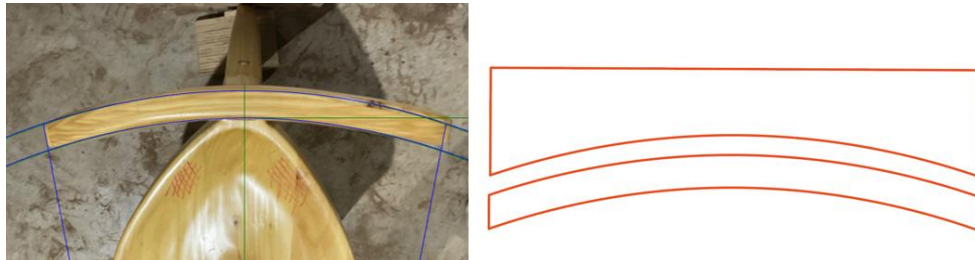
10.4. Fabricación de los espaldares mediante la técnica taracea con el patrón seleccionado

El proceso de fabricación de los espaldares es el mismo que el de los asientos como se observa en la figura 89, módulos P' y P''. Según el plano x, la dimensión espesor del espaldar es 3,3 cm, a partir de esto se configura la guía de corte a 3,6 cm contemplando una tolerancia de 0,3 cm. Para lograr la fabricación del espaldar, es necesario realizar un corte longitudinal curvo de forma repetida. Par lograr este corte se modeló en el programa Rhino el vector de la curva transversal correspondiente a la línea horizontal, que vista desde planta, se adapta a la anatomía de la parte superior de la espalda; con este vector y la máquina de corte laser se obtuvieron piezas para construir un dispositivo guía, que se adapta a la maquina sierra de cinta sinfín, así como la pieza modelo que se utiliza para transferir la curva interna a los módulos P' y P'', permitiendo deslizarlos de forma controlada contra la guía de corte, obteniendo así listones curvos.

10.4.1. Molde, encolado y corte del supermódulo para el espaldar

Figura 114

Guía de módulos del P' y P''



Nota. Vectores de cortes y guía para los módulos. .

Figura 115

Corte de módulos del P' y P''



Nota. Ejecución de los cortes para el espaldar. .

Al igual que en la fabricación del asiento, para obtener el supermódulo del espaldar, se tomaron 2 piezas de P' y P'' respectivamente. Estas piezas se organizan de manera entreverada, conservando la dirección y cara de los módulos, realizando el ultimo encolado con prensa mecánica.

Figura 116

Encolado supermódulos



Nota. Encolado de 4 super módulos espaldar. .

Para obtener la forma del molde de corte del espaldar, se vectorizó el contorno del modelo de validación, modificando a la línea destacada en la siguiente figura, específicamente en la transición de forma en los puntos críticos.

Figura 117

Vector del molde de corte del espaldar



Nota. Diseño para el modelo de triplex. .

Con este vector y en corte laser, se obtienen modelos en triplex de 4mm, los cuales se conforman mediante la técnica de doblado de madera, copiando la curva del modelo de validación, este modelo de corte final, es utilizado para transferir la forma a los supermódulos del espaldar, para posteriormente realizar el corte a mano alzada en la sierra de banda, contemplando una tolerancia de 3mm al exterior de la línea.

Figura 118

Molde curvo para corte de espaldares fabricado con dos láminas de triplex de 4mm.



Nota. Molde y supermodulo del espaldar. .

Después de marcar el perímetro y cortar el exceso de material se utiliza el molde de corte final y la fresa copiadora, para obtener las piezas finales del espaldar.

Figura 119

Molde y supermodulo del espaldar



Nota. Marcado, corte y fresado de espaldar. .

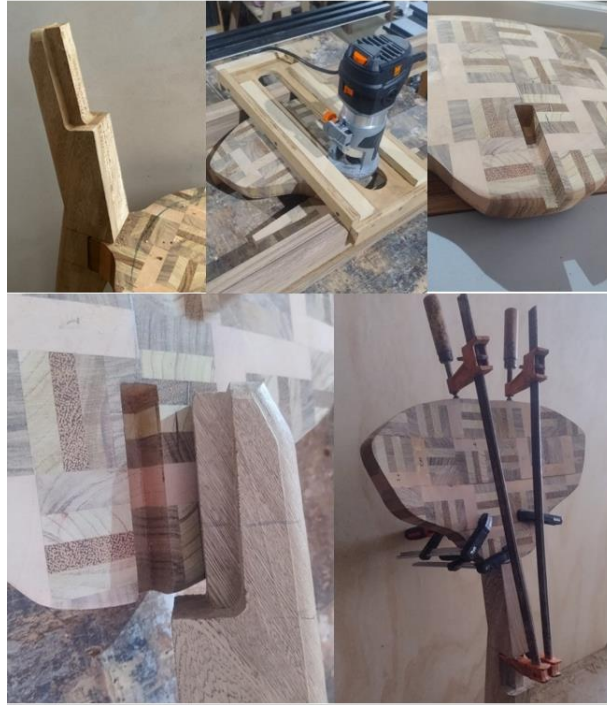
10.4.2. Maquinado ensamble espaldar – pata III

Se construyo un dispositivo, que permite realizar movimientos controlados de la ruteadora sobre la pieza. Usando una serie de guías y topes, para controlar el desplazamiento de la fresa y manipulando la distancia entre la fresa y la base de la ruteadora, se controla la profundidad del

barrido; ejecutando múltiples pasadas de la herramienta, obteniendo así el maquinado necesario para realizar el ensamble con la pata III.

Figura 120

Guía y ruteado del espaldar



Nota. Las dos piezas se ensamblaron con pegante para madera y prensado durante 12 horas, para lograr un ensamble definitivo.

Analizando el objeto y además de lo observado en el modelo de validación, se identifica como punto crítico el ensamble entre espaldar y pata III. Por esta razón se toma la decisión de reforzar el ensamble internamente, insertado tarugos metálicos de 3,6mm de diámetro.

Figura 121

Refuerzo ensamble mediante la inserción de tarugos metálicos

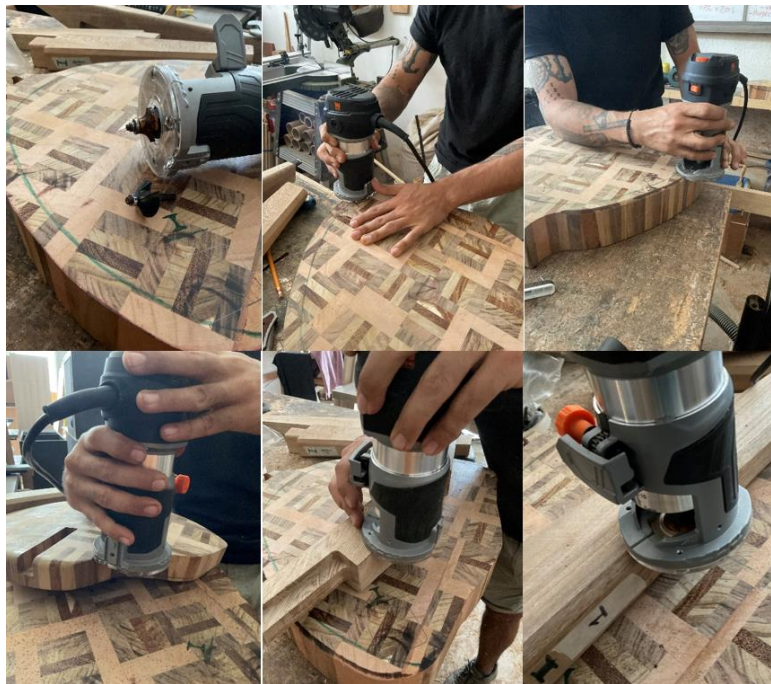


Nota. Los tarugos tienen una longitud de 33mm.

10.5. Ruteado y redondeos del asiento, espaldar y patas

Figura 122

Ruteado y redondeo



Nota. Procesos aplicados sobre los asientos, patas y espaldares.

10.5.1. Grabado laser y acabados del comedor de cuatro plazas

El siguiente proceso es el de lijado, empleando la lijadora orbital con lijas desde grano 80 hasta 220, en preparación para los procesos de inmunizado y pintura. Antes de proceder a la pintura se realiza un proceso de marcación usando grabado laser sobre las piezas. Con el fin de comunicarle al usuario la forma correcta de ensamblar la silla según la figura 125.

Figura 123

Lijado y grabado laser en el asiento.



Nota. Los números romanos estan presentes tanto en el asiento como en cada pata según su correspondencia.

Figura 124

Prototipo de comprobación en pino y silla intarcea.



Nota. Resultado de los ensambles.

Se realiza un lijado riguroso en todas las piezas

Figura 125

Maquinado con lijadora orbital.



Nota. El proceso se realiza multiples veces con lijas: 100,150, 180, 220.

Aplicación de inmunisante mediante atomizador en toda la superficie de la sillas y la mesa de producto liquido insecticida y fungicida para prevenir el ataque de comején, polillas, gorgojos, termitas y otros insectos xilófagos. Con el fin de proteger la madera contra estos agentes externos y prolongar la vida del producto.

Figura 126

Aplicación inmunizante



Nota. Luego de aplicar el inmunisante en los productos, se dejan en reposo 2 días para que este penetre completamente en las maderas y se estabilice.

Se realiza un lijado a mano con lija fina grano 320 en preparación al proceso de pintura. Aplicando pintura tipo laca al agua, transparente mate, para el acabado final, obteniendo alta calidad y resistencia.

Figura 127

Aplicación de laca sobre el comedor de 4 plazas



Nota. Se aplican 8 capas a cada silla y la estructura del comedor.

10.6 Ensamble del producto final

Figura 128

Ensamble de las 4 sillas intarcea.



Nota. Tornillos de 5 ½”.

10.7. Producto final

Figura 129

Comedor de 4 plazas intarcea

Nota. Propuesta de comedor de 4 plazas fabricado mediante la técnica taracea.

11. Conclusiones

La investigación permitió recopilar información clave sobre la taracea, reafirmando su relevancia como técnica ornamental de legado cultural. Su análisis detallado evidenció su aplicabilidad en el diseño contemporáneo, demostrando que, con ajustes técnicos y conceptuales, puede integrarse exitosamente en procesos de diseño industrial para enriquecer tanto lo simbólico como lo estético de un objeto.

Se logró una clasificación técnica y contextual de diversas maderas locales como el cedro, guayacán, nogal, roble y sapán, estableciendo criterios de selección basados en disponibilidad, trabajabilidad y densidad. Esta base permitió seleccionar maderas óptimas para la taracea, estableciendo una relación entre la técnica y los recursos maderables del departamento de Santander.

Se consolidó una colección de diez super módulos basados en el trabajo de kokolovnikov, con la aplicación de un módulo P, inspirado en la bandera de Santander, se generaron configuraciones estéticamente armónicas, versátiles, que amplían el espectro de aplicación de la taracea como propuesta de diseño geométrico.

El proyecto demostró que la taracea, puede revitalizarse mediante su articulación con procesos de diseño industrial, tecnologías actuales y un enfoque sostenible. La recuperación de esta técnica artesanal, adaptada a un contexto contemporáneo, constituye un aporte a su preservación y una invitación a su revalorización desde el diseño industrial.

La construcción del comedor a escala real validó la viabilidad estructural, estética y funcional del material laminar desarrollado con taracea. El resultado final evidencia la aplicabilidad de esta técnica en productos de mobiliario con identidad local, destacando su

capacidad para integrarse en procesos productivos artesanales e industriales con alto valor agregado.

El presente proyecto demostró que la técnica ancestral de la taracea puede ser revalorizada y proyectada hacia el diseño contemporáneo mediante una propuesta modular y multipropósito que integra estética, funcionalidad y sostenibilidad. A través del estudio histórico y técnico de la taracea, la clasificación de maderas locales y el desarrollo de patrones geométricos aplicados, se logra aportar a la preservación de esta tradición artesanal, ampliando su potencial mediante la incorporación en un producto de mobiliario funcional y contemporáneo. La fabricación de un comedor de cuatro plazas con material laminar taraceado valida la aplicabilidad de esta técnica en la industria del diseño y el mobiliario, ofreciendo una alternativa innovadora con enfoque artesanal e industrial.

Referencias

Agila, S., Burneo, A., Narváez, L., & Pucha-Cofrep, D. (2018). Propiedades físicas y características anatómicas de la madera de tres especies de Guayacán al sur del Ecuador. *Bosques Latitud Cero*, 8(2).

Alm, M. (2019). *Patterned plywood pre-sale*. ALM FAB by Michael Alm.
<https://www.almfab.com/store/p/patterned-plywood-pre-sale>

Alm, M. (2023). *Innovación en las artesanías: técnicas y materiales modernos*. Alm Studios. <https://www.almstudios.com>

Alm, M. (2023). Madera contrachapada estampada. Michael Alm.

Artesanías de Colombia. (2023). Glosario palabra Taracea.
https://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/GlosarioPalabra/taracea_111

Artesanías de Colombia. (2023). Taracea de Pasto para el mundo.
https://artesaniasdecolombia.com.co/PortalAC/Noticia/taracea-de-pasto-para-el-mundo_11985

Artesanías de Colombia. (2024). *La técnica de la taracea: Patrimonio y diseño contemporáneo*. Artesanías de Colombia.

Álzate, C. A. (2004). *Caracterización del sector madera*. Sena Antioquia.

Argüeso, B. (2019). Tableros alistados de madera. *Maderea*.
<https://www.maderea.es/tableros-alistonados-de-madera/>

Auctionet. (2025). *Auctionet*. https://auctionet.com/es/1874442-stolar-4-st-myran-fritz-hansen-danmark-1960-tal/images#image_5

Burckhardt, T. (1987). *Arte y geometría en la tradición islámica*. Editorial Geometría.
<https://www.editorialgeometria.com>

Cardona, E., Las, O., & Rodríguez, J. (s.f.). *Maderas en Colombia*. Repositorio Institucional SENA.
https://repositorio.sena.edu.co/bitstream/handle/11404/7413/maderas_colombia_00.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Christie's. (2020). *A rare nasrid bone-inlaid pyxis, Spain, 15th century or earlier*.
<https://www.christies.com/en/lot/lot-6282092>

CITESwoodID. (2023). *Handroanthus spp. (Ipê, Lapacho) - CITES II*. Delta-Intkey.com.
<https://www.delta-intkey.com/citeswood/es/www/bigtabe.htm>

Colorado, A. (s.f.). CLT, Madera Laminada Cruzada: El tablero de las obras a gran escala. *Revista M&M*.

Corporación regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga CDMB. (2020). *Informe anual de calidad del aire* (p. 35).

de C., P. (2014). La nueva iluminación de la Jamuga - Patronato de la Alhambra y Generalife. *Patronato de La Alhambra Y Generalife*. <https://www.alhambra-patronato.es/la-nueva-iluminacion-de-la-jamuga>

de, C. (2005). *Técnica artesanal de revestimiento*. Wikipedia.org; Wikimedia Foundation, Inc. <https://es.wikipedia.org/wiki/Taracea>

de, C. (2007). *Mesa de ajedrez*. Wikipedia.org; Wikimedia Foundation, Inc. https://es.wikipedia.org/wiki/Mesa_de_ajedrez

Designo Patagonia. (2017). Una silla con patas y pies. *Foroalfa*.
<https://foroalfa.org/articulos/una-silla-con-patas-y-pies>

Díaz, P. (2021). *Manual de técnicas artesanales: una guía histórica*. Instituto de Investigaciones Estéticas. <https://www.iie.com.mx>

Díaz, P. (2021). Mobiliario novohispano con diseños geométricos: maderas, Carey y hueso. *Revista Internacional de investigación en mobiliario y objetos decorativos*.

Forestal, D. (2020). Caracterización de 30 especies forestales maderables de bosque natural. *Forestal Maderero*. <https://www.forestalmaderero.com/articulos/item/caracterizacion-de-30-especies-forestales-maderables-de-bosque-natural.html>

Forsey's Furniture Galleries. (2025). *Forseys.com*. <https://www.forseys.com/global-views-triangle-marquetry-box-sm/9-93001-1151/iteminformation.aspx>

Galería Kreo Dakota del Norte. (s.f.). *Mesa Firenze de Alessandro Mendini*. <https://www.galeriekreo.com/en/piece/alessandro-mendini/firenze-table/>

Gessato. (s.f.). *Minimalismo en el diseño contemporáneo*. <https://www.gessato.com>

GRANJA. (2020). *Barniz de Pasto Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad*. <https://barnizdepasto.co/galer%C3%ADa>

Guayacán. (2025). *Maderas en Argentina*. <http://maderasenargentina.com.ar/album/fichas/guayacan.html>

Hexidek – Ecquality Timber. (2025). *Ecquality-Timber.com*. <https://ecquality-timber.com/en/product/hexidek/>

Hernández, F. (2016). *Diseño sostenible: principios y prácticas*. EcoEdiciones. <https://www.ecoediciones.com>

Hernández, M. J. (2016). *La taracea, una técnica tradicional que requiere tecnología moderna*. Universidad de Guadalajara.

Herrera, N. E. (1989). *Listado general de oficios artesanales*. Artesanías de Colombia.

Jaima Alkaúzar. (2025). *Caja Octogonal - Taracea SIRIA - Modelo DAMASCO*.
<https://jaimaalkauzar.es/es/joyeros-de-taracea/4733-caja-octogonal-taracea-siria-modelo-damasco.html>

La Cámara Del Arte. (2021). *Estandarte de Ur*.
https://lacamaradelarte.com/obra/estandarte-de-ur/#google_vignette

LAVETAxTARXIA. (2025). *Lavetaeyewear*.
<https://www.lavetaeyewear.com/es/pages/lavetaxtarxia>

Lugo, J. J. (2022). Silla N.o 14 del diseñador Michael Thonet. *IdeasDi.com | Diseño, Interiorismo Y Moda*. <https://ideasdi.com/historia/silla-14-michael-thonet/>

Macauley, M. (2014). *Chapter 3: Groups in science, art, and mathematics*. Math 4120, Clemson University.
https://www.math.clemson.edu/~macaule/classes/s14_math4120/s14_math4120_lecture-03-handout

Madera de Guayacan o Lignum Vitae: Características y Usos. (2025). Maderame.
https://maderame.com/enciclopedia-madera/guayacan-lignum-vitae/#google_vignette

Madera de Pino: Tipos, Características y Usos. (s.f.). Maderame.
<https://maderame.com/enciclopedia-madera/pino/>

Mathematics on the Chopping Block. (2015). *Dynamical Systems*.
<https://dsweb.siam.org/The-Magazine/Article/mathematics-on-the-chopping-block>

Mesa Firenze - Alessandro mendini. (s.f.). *Galeriekreo.com*.
<https://www.galeriekreo.com/en/piece/alessandro-mendini/firenze-table>

Museo Colonial. (2020). *Exposición de artes decorativas en Colombia*.
<https://www.museocolonial.gov.co>

- Museo Colonial Santa Clara. (2020). *Consultado 8 de mayo del 2023*.
<http://www.museocolonial.gov.co/colecciones/piezas-del-mes/Paginas/01-bufetillo-MC-piezamesabril2020.aspx>
- Museo Metropolitano de Arte. (s.f.). *El estudio de Gubbio*. The Met.
- Nogal tropical (*Juglans* spp) | ITTO. (2025). *ITTO*.
<http://www.tropicaltimber.info/specie/nogal-tropical-juglans-spp/#lower-content>
- Núñez, E. (2019). GALERÍA FOTOGRÁFICA: anillos de los árboles, memoria del tiempo. *Ciencia UNAM*. <https://ciencia.unam.mx/contenido/galeria/187/galeria-fotografica->
- PALETTE & PARLOR. (2025). *PALETTE & PARLOR*.
<https://www.paletteandparlor.com/products/artek-alvar-aalto-stool-60>
- Patronato de la Alhambra y Generalife. (s.f.). *La geometría matemática de los alicatados*.
<https://www.alhambra-patronato.es/geometria-matematica-alicatados>
- Patronato de la Alhambra y Generalife. (s.f.). *La taracea*. <https://www.alhambra-patronato.es/la-taracea>
- Perez, M. A. (2014). ¿Por qué las mesas de tres patas no cojean? *Blogthinkbig.com*.
<https://blogthinkbig.com/tres-patas-no-cojean>
- Periódico Málaga Hoy. (2018). *La taracea, un arte en peligro de extinción*.
<http://www.malgahoy.es/provincia/taracera-arte-peligro-extincion.htm>
- Requena, A. (2014). El impacto de los patrones geométricos en el diseño. En *Congreso de Diseño Matemático*, 157-165. <https://www.congresodiseñomatematico.com>
- Revista Zaguán. (2020). *La taracea, estrellas y geometría de ensueño*.

Router 2-1/4 Hp 8,000 -24,000 Rpm Dw618 Dewalt. (2025). *Mercadolibre.com.mx*.
https://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-3284094806-router-2-14-hp-8000-24000-rpm-dw618-dewalt-_JM

Ruiz, C. (2021). La geometría sagrada del Islam: un testimonio histórico de la armonía entre ciencia y religión. *Nibö*. <https://niboe.info/la-geometria-sagrada-del-islam/>

Ruiz, P. A. (s.f.). Madera contralaminada, ideal para la arquitectura de gran tamaño. *Revista M&M*, (85).

Selected by Stephanie Thatenhorst. (2023). Chair Pigreco by designer Tobia Scarpa for Tacchini. <https://shop.stephanie-thatenhorst.com/en/product/tacchini-chair-pigreco/>

Studiolo from the Ducal Palace in Gubbio. (2021). Metmuseum.org.
<https://www.metmuseum.org/art/collection/search/198556>

Tabla de picar TESTA madera Teka6 43x31x3.5. (s.f.). *Templo del Filo*.
<https://templodelfilo.com/products/xhcb-ym-06-tabla-de-picar-testa-madera-teka6-43x31x3-5>

Tonio, T., Juan, L., Eduardo, A. R., Alberto, O., Javier, J. P., Gómez Cárdenas, M., ... Flores, M. (2017). Propiedades físico-mecánicas de la madera Tectona grandis L. f. de una plantación comercial en el estado de Michoacán. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 8(40), 37–56. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322017000200037

Victoria. (2015). Panel | da Brescia, Raffaello (Fra). *Victoria and Albert Museum: Explore the Collections*. <https://collections.vam.ac.uk/item/O101047/panel-panel-da-brescia-raffaello/>

Victoria. (2025). “Plus Oultra Cabinet” | Unknown. *Victoria and Albert Museum: Explore the Collections*. <https://collections.vam.ac.uk/item/O70502/plus-oultra-cabinet-cabinet-unknown/>

Wan Bakar, W. N., Muhammad, R., Mohd Taufik, S. A., Shamsuddin, R., & Raja Mohd Yusof, R. N. (2019). New ideas on geometrical design in Malay mengkuang weaving motifs.

International Journal of Advanced and Applied Sciences, 6(5), 25–31.

<https://doi.org/10.21833/ijaas.2019.05.005>

Webb, S. (1899). Intarsia. *El coleccionista y crítico de arte*, 1(7).

Apéndices

Apéndice A. *Contenido trabajo de grado (Bitácora).*

Apéndice B. *Workshop sillas de 3 patas.*

Apéndice C. *Propiedades físicas y mecánicas de maderas identificadas.*

Apéndice D. *Manual de armado silla intarcea.*

Apéndice E. *Planos silla intarcea.*