

E.T.S. de Ingeniería Industrial,
Informática y de Telecomunicación

Diseño y Fabricación de un Nuevo Modelo de Pala de Pelota Vasca



Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico

Trabajo Fin de Grado

Carlos Sola Marcilla

José Ramón Alfaro López

Tudela, 22 de Junio de 2015

AGRADECIMIENTOS, DEDICATORIAS O CITAS

Con estas líneas quiero agradecer de corazón a todas las personas que han ayudado directa o indirectamente a la elaboración de este proyecto y que han colaborado para que todo esto se pudiera llevar a cabo, tanto en el proyecto como en la etapa precedente a este para llegar hasta aquí.

En primer lugar me gustaría dar las gracias particularmente a mi tutor José Ramón Alfaro López. Su interés, apoyo y colaboración en este proyecto desde el primer hasta el último día han sido fundamentales para mí, siendo siempre de gran ayuda para que siguiera hacia adelante, mostrándome siempre su apoyo y recibiendo un trato excepcional. Mis más sinceros agradecimientos. Le estaré siempre muy agradecido.

En segundo lugar, me gustaría hacer también una mención especial a Ángel Jaraba, Técnico de los Talleres del Campus de Tudela, y dedicarle también estas palabras de gratitud por su interés en el Proyecto y por su colaboración, ya que sin ella hubiera sido imposible llevarlo a cabo.

Agradecer en general a todo el colectivo que forma parte del Campus de Tudela, personal docente y no docente, que muestra siempre una gran disponibilidad, amabilidad y profesionalidad en su trabajo. Destacar, por su amabilidad hacia mi persona, a Anabel, secretaria de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación del Campus, y a Mitxelko, del Servicio Informático.

Como no, por supuesto, dar las gracias también a mis compañeros de clase. Imposible nombrarlos a todos. En estos dos años en Tudela me han hecho sentirme siempre como en casa, desde primer al último día, viviendo grandes momentos y encontrando grandes amistades. Y por supuesto también dar las gracias a mis compañeros de piso de este último año. Han sido un grandísimo apoyo para mí en todo momento, han sido como una familia para mí.

No me puedo olvidar a mi familia y a mis amistades de Pamplona, demostrando en todo momento su interés y apoyo a cada paso que he dado.

Por último, los más importantes para que hoy me encuentre en este punto, mis padres. No hay palabras para describir todo lo que me han dado y han hecho por mí, sencillamente me lo han dado todo, y sin ellos no habría conseguido lo que he conseguido hasta ahora y no sería la persona que soy ahora. Muchísimas gracias. Y muchas gracias a todos.

RESUMEN

El siguiente Trabajo Fin de Grado supone la continuación del Proyecto Fin de Carrera que este mismo autor realizó en la titulación Ingeniería Técnica Industrial Mecánica. El proyecto consiste en diseñar un nuevo modelo de Pala del deporte Pelota Vasca, concretamente una Pala de la modalidad Paleta Cuero, para tener una herramienta que mejore las prestaciones del jugador y acabe con problemas que tiene la actual como rotura y variabilidad.

Para el diseño del nuevo modelo se hace un estudio de las características de la Pala influyentes en el juego y en el jugador, se estudian nuevos materiales, y se diseña un modelo con ayuda de un programa informático de diseño en tres dimensiones. Este diseño se fabrica y con él se hacen ensayos y pruebas experimentales con los que se sacan conclusiones.

PALABRAS CLAVE

Pala, Paleta Cuero, Pelota, Frontón, Fibra de carbono, diseño.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	8
2. LA PELOTA	10
2.1. Historia	10
2.1.1. Origen	10
2.1.2. Evolución Histórica	11
2.1.3. Competiciones De Pelota	13
2.1.3.1. Campeonatos De España y Otros Torneos	13
2.1.3.2. Campeonatos Del Mundo Y Copas Del Mundo	15
2.1.3.3. Histórico De Competiciones	17
2.2. Modalidades	19
2.2.1. Mano	20
2.2.2. Paleta cuero	21
2.2.3. Pala corta	22
2.2.4. Frontenis	23
2.2.5. Paleta goma	24
2.2.6. Share	25
2.2.7. Cesta punta	26
2.3. Frontones	26
2.3.1. Frontón de 30 metros	27
2.3.2. Frontón de 36 metros	28
2.3.3. Frontón de 54 metros	29
2.3.4. Trinquete	30
2.4. Frontón 2020	31
2.5. Paleta cuero	39
2.5.1. Pelota	39
2.5.2. Pala	40
2.5.3. Imágenes del juego	41
3. DISEÑO ACTUAL	43
3.1. Forma o partes de la Pala	43
3.2. Material	43
3.2.1. Madera	43
3.2.1.1. Definición	43
3.2.1.2. Estructura de la Madera	44

3.2.1.3. Propiedades Físicas de la Madera.....	45
3.2.1.4. Propiedades Mecánicas de la Madera.....	49
3.2.1.5. Producción y transformación de la Madera	50
3.2.2. Haya	52
3.2.2.1. Descripción	53
3.2.2.2. Hábitat	54
3.2.2.3. Propiedades físicas, propiedades mecánicas y otras características	55
3.2.3. Uso de la madera en la Pala.....	55
3.3. Otras características	56
3.4. Fabricantes.....	56
3.4.1. Arambillet	56
3.4.1.1. Empresa	56
3.4.1.2. Pala	57
3.4.2. Euskalduna.....	59
3.4.2.1. Empresa	59
3.4.2.2. Pala	60
3.4.3. RSTA	61
3.4.3.1. Empresa	61
3.4.3.2. Pala	63
3.5. Inconvenientes	65
4. ANTECEDENTES.....	66
4.1. Evolución de la Pala.....	66
4.2. Patente.....	68
5. OBJETIVOS.....	69
6. RESUMEN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA.....	70
6.1. Análisis de variables	70
6.2. Nuevo diseño	71
7. KEVLAR.....	75
7.1. Introducción: Problema de seguridad	75
7.2. Kevlar	75
7.2.1. Historia y aplicaciones.....	75
7.2.2. Composición y anisotropía.....	76
7.2.3. Propiedades	77
7.3. Propiedades de la Fibra de Carbono.....	77
7.4. Comparativa de fibras de carbono y de aramida	78

7.5. Conclusiones	80
8. FABRICACIÓN	81
8.1. Mecanizado del corazón.....	81
8.2. Fabricación del molde	84
8.2.1. Prototipo de madera	84
8.2.2. Molde de silicona	87
8.2.3. Cáscara	88
8.2.4. Segunda mitad del molde	90
8.2.5. Bastidor.....	92
8.3. Montaje, presión y curado	93
8.4. Acabado	104
9. PROPIEDADES Y ENSAYOS EXPERIMENTALES	107
9.1. Propiedades físicas	107
9.1.1. Masa.....	107
9.1.2. Centro de masas	108
9.2. Ensayos experimentales.....	110
9.2.1. Conclusiones	116
10. VIBRACIONES	118
10.1. Definición	118
10.2. Vibración en las raquetas de tenis.....	120
10.2.1. Vibración de una barra homogénea	120
10.2.2. Comportamiento de una raqueta	121
10.2.3. Nodo de vibración	124
10.2.4. Factores.....	125
10.3. Absorción de vibraciones	126
10.3.1. Sistemas de absorción de vibraciones	127
10.4. Conclusiones	133
11. ENSAYOS	135
11.1. Ensayo de flexión.....	135
11.2. Ensayo de torsión	140
11.3. Ensayo de vibraciones	143
11.3.1. Pala fija en el mango	143
11.3.2. Pala libre en sus dos extremos.....	145
11.4. Conclusiones	146
12. MANGO	148

12.1. Diseño	148
12.1.1. Nueva pieza	148
12.1.2. Recortar	150
12.1.3. Vaciado y achaflanado	151
12.1.4. Cavity para el material disipador	152
12.1.5. Uniones	154
12.1.6. Segunda mitad	155
12.2. Prototipo	156
13. PALA DE KEVLAR	158
13.1. Fabricación	158
13.2. Propiedades físicas	162
13.2.1. Masa	162
13.2.2. Centro de masas	163
13.3. Ensayos	164
13.3.1. Ensayo de flexión	164
13.3.2. Ensayo de torsión	166
13.3.3. Ensayo de vibraciones	168
13.4. Ensayos experimentales	170
13.5. Conclusiones	170
14. DECISIÓN FINAL Y ESTUDIO COMPARATIVO	172
14.1. Decisión final	172
14.2. Estudio comparativo	172
15. PLANOS	176
16. ESTUDIO ECONÓMICO	178
17. CONCLUSIONES	179
18. BIBLIOGRAFÍA	181
19. ANEXOS	182

1. INTRODUCCIÓN

Este Trabajo Fin de Grado supone la continuación de un proyecto que este mismo autor realizó en su Proyecto Fin de Carrera de sus estudios de Ingeniero Técnico Industrial Mecánico.

La elaboración de este proyecto surge de la mezcla de dos facetas del autor, por un lado sus estudios de Grado en Ingeniería en Diseño Mecánico, y por otro, ser practicante del deporte de Pelota Vasca, en concreto con herramienta. De estas dos facetas nace el interés por la elaboración de este proyecto y además hacen que el autor sea la persona ideal para ello debido a sus conocimientos en ambos ámbitos.

El objeto del presente trabajo es el diseño de un nuevo modelo de Pala para el deporte Pelota Vasca jugado con herramienta, y concretamente una Pala para la modalidad de Paleta Cuero.



Fig.1.1: Herramienta de Paleta Cuero actual.

La idea de realizar este proyecto nace de la motivación de innovar en un deporte en el que apenas se ha estudiado y en el que ha habido muy pocos cambios desde sus orígenes, y de esta manera poder realizar mejoras tanto en el juego como en otros ámbitos como salud y economía. Además existe un proyecto iniciado en 2010 por la Federación Internacional de Pelota, denominado “Frontón 2020”, cuyo objetivo es que el deporte de la pelota sea en un futuro Deporte Olímpico, para el cual se han tomado una serie de decisiones, una de las cuales ha sido reducir el número de especialidades y elegir la Paleta Cuero entre una de las cuatro elegidas, y por el que se han definido una serie de objetivos, entre ellos favorecer la evolución del material de juego, pelotas y herramientas, para que sea económico y con gran difusión.

Para la realización de este proyecto seguimos los siguientes pasos:

1. Estudio de un nuevo material como es el Kevlar.
2. Fabricación del nuevo modelo mediante diversos procesos de fabricación.
3. Valorar el nuevo diseño, tanto sus propiedades físicas como ensayos experimentales en el Frontón.

4. Estudio de las vibraciones en la Pala.
5. Ensayos de flexión, torsión y vibraciones con el nuevo modelo.
6. Diseño de un nuevo mango como sistema de absorción de vibraciones.
7. Fabricación de un nuevo diseño con Fibra de Kevlar.
8. Decisión de un diseño final sobre las conclusiones sacadas en los apartados anteriores.
9. Estudio económico del nuevo diseño.
10. Conclusiones.

2. LA PELOTA

2.1. Historia

2.1.1. Origen

A lo largo de la historia del mundo numerosas civilizaciones han practicado distintos juegos de pelota. Con el objetivo de crear un móvil redondo, se han empleado distintos materiales, elementos vegetales, todo tipo de hilos y trapos, cuero, látex... incluso una pelota rellena de granos de cereal podía resultar válida. Solían competir individualmente, desarrollándose el juego en praderas convenientemente delimitadas; el juego permitía la distracción y el desafío personal. Observemos sino el juego de nuestros niños.

La pelota es por lo tanto un juego universal; las formas más codificadas del juego se encontraban en América del Sur, Oriente Medio o Europa Occidental. El Jeu de Paume, el juego del tamboril, el del tamiz, son manifestaciones vivas de los antiguos juegos de pelota y la pelota vasca y el tenis son legados directos de aquellos juegos.

El avance del Imperio Romano llevó al territorio francés el juego denominado pila. Su posterior evolución derivaría en el jeu de paume. Este juego, que se practicaba en las praderas y en las plazas de los pueblos, mantuvo su nombre de paume (palma) pese a la progresiva utilización de diversos implementos de golpeo. Los burgueses y aristócratas emplearon guantes y raquetas.

La tradición oral nos aporta numerosos testimonios de gran valor, pero aún más tangibles resultan las dos estelas discoidales de 1629 y 1784 encontradas en Garruze y Banka, respectivamente. En los ritos funerarios vascos, la costumbre medio pagana medio cristiana de realizar grabados en las lápidas nos aporta una prueba evidente: los pelotaris ocupaban en lugar de privilegio dentro de nuestra sociedad.

La pelota es por lo tanto un juego universal: los vascos, como en otros ámbitos, han sabido guardar la aportación de otras civilizaciones. El mayor mérito ha consistido en la adecuación del juego a sus propias características, aportando numerosas modificaciones, creando nuevas modalidades, instalaciones y materiales de juego. A lo largo de esta guía, intentaremos dar a conocer este juego que hoy es conocido como la pelota vasca.

Extraído del libro Pelota Vasca de Pierre Sabalo y M.Bringas.

2.1.2. Evolución Histórica

Los helenos, dicen los historiadores, dentro de la variedad de juegos que practicaban "se recreaban intensamente jugando a la pelota". Un importante grupo de escritores griegos ha emitido su opinión sobre el origen del juego de la pelota. Agalis, hombre de letras de la antigua isla Corcira, atribuye su invención a la princesa Nausicaa, que acogió amorosamente en sus brazos al batallador Ulises.

Homero, en los cantos VI y VII, de su Odisea inmortaliza y refleja que las doncellas se divertían con el juego de la pelota. "Cuando ya las doncellas y Nausicaa hubieron su apetito satisfecho, se quitaron los velos y jugaron juntas a la pelota...". En grabado, descubierto en 1926 en las murallas de Atenas, situado en el tiempo de 600 años antes de Cristo, muestra una escena del juego de la pelota celeste o "ucraniana".

Estas citas difieren muy mucho de la actual pelota. Pero casi todos los autores han incurrido en la tentación de imbuirse en la génesis de los deportes y atribuir a los griegos la paternidad de la pelota. Alejandro el Grande tuvo en Aristonicos de Cariste su instructor de pelota en el Pórtico del Paternón.

Citas literarias referencian a los juegos de pelota entre griegos y romanos. Las escasas investigaciones, con el fin de esclarecer la era de la pelota, aceptan que la romanización, allí donde se produjo, implantó el juego de la pelota en Europa. En el viejo continente se asientan los juegos de pelota en Francia, Países Bajos, Inglaterra y la Península Ibérica.

En el siglo XII, de forma paulatina, aumentan los documentos que avalan la expansión del juego de la pelota. En la Edad Media es evidente que los palaciegos, la nobleza y los reyes tenían sus llamados trinquetes. Es Francia la pionera en el juego de la pelota, respecto a la posible similitud con los tiempos actuales, incluyendo dos modalidades: "la longuepaume" y la "courtepaume".

En los siglos XII y XIV el juego de "paume" se generaliza por toda Francia. A. de Luze, un estudioso de la evolución pelotística, contabiliza en el año 1933 la existencia de más de 300 "tripots" o juegos de pelota durante los espacios de tiempo que van del XIII al XIV. Las primeras noticias del juego de "largo se sitúan al filo de la Revolución Francesa".

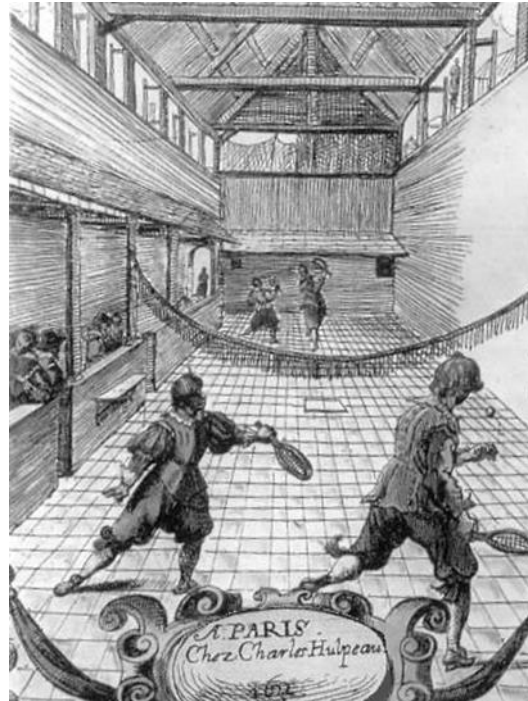


Fig. 2.1: Juego de palma en París.

En España son escasas las significaciones respecto del juego de pelota. Cabe significar las puntualizaciones al respecto de Quevedo, Cervantes, Calderón de la Barca, Zabaleta, etc. El cuadro de Goya, de 1779, "El juego de la pelota", recoge fielmente un partido de pala entre un grupo de cortesanos.



Fig. 2.2: Cuadro de Goya, 1779, "El juego de la pelota".

En el siglo XVII el juego de pelota preferentemente era el "juego de largo" con guante o laxoa. Es en el XIX, en su última década, cuando se asienta las modalidades más

representativas de la pelota: mano, pala, remonte y cesta-punta, exportando estas modalidades a gran parte del mundo. La cesta-punta será la modalidad que más se universalice. América se convierte en el continente acogedor del juego de pelota que los vascos llevan dentro de su cultura.

En el siglo XX brota el profesionalismo. En el campo aficionado las competiciones se inician en 1925. Germinan los torneos de toda índole por doquier bajo el impulso de los órganos federativos u empresariales. La afición se extiende en este siglo, aunque las curvaturas cíclicas muestran épocas de esplendor y decadencia.

En el ámbito "amateur" los campeonatos del Mundo, instaurados en 1952 en San Sebastián, se erigen en el más importante evento pelotístico. Es un reencuentro, cada cuatro años, de aquellos países que rinden culto con el mayor de los fervores al deporte de la pelota.

2.1.3. Competiciones De Pelota

2.1.3.1. Campeonatos De España y Otros Torneos

Como sucede en la mayoría de los deportes, al hablar de las diferentes competiciones hay que distinguir netamente entre el campo profesional y el aficionado, por más que ambos estén en última instancia regulados y coordinados por el mismo órgano federativo nacional. El nivel de calidad es notablemente superior en el primero dentro de aquellas especialidades que le son comunes.

La fórmula de competición más primitiva y tradicionalmente arraigada ha sido la del desafío individual o por equipos, fruto de la rivalidad interregional o de pueblo contra pueblo, asociado frecuentemente al cruce de apuestas, tanto entre los propios participantes como entre el público espectador. El fenómeno de la apuesta es una característica básica en la estructura competitiva de los deportes vascos y muy en particular de la pelota. La competición reglamentada surge de la mano de las empresas como elemento incentivador del espectáculo deportivo. Posteriormente, con la aparición de las diferentes federaciones regionales y nacionales se institucionalizan las competiciones por especialidades y categorías. En el caso de la pelota, esta situación se estabiliza en cuanto a su continuidad periódica a partir de la guerra civil.

La importancia de los desafíos entre pelotaris, algunos de los cuales han pasado a la leyenda, radica en que, precisamente a través de su relato, tenemos las primeras noticias históricas fidedignas de la práctica de la pelota, Podemos mencionar entre

ellos: el desafío de Hernani (1720) entre navarros y guipuzcoanos, el de Bayona (1755) entre vasco-franceses, el de Cartagena, en el mismo año, entre navarros y levantinos, el de Leiza, en Navarra (1759), y otros muchos. En todos ellos las crónicas resaltan el ambiente popular y festivo en el que se celebraban, la relevancia del acontecimiento, las grandes apuestas que se cruzaban entre los partidarios de uno y otro bando, y otros detalles anecdóticos. Por desgracia, poco podemos sacar de estas referencias para reconstruir el tipo de juego que practicaban y su desarrollo.

Estamos en pleno siglo XVIII y el juego de la pelota por antonomasia era el «Juego forgo» con guante o laxoa. Salvadas las figuras legendarias de Perkain, el pelotari de los Aldudes, Arantza, Simón, Indart, etcétera, pertenecientes a la última década del siglo, hemos de llegar hasta tiempos más recientes-último tercio del siglo XIX para encontrarnos con los inicios del profesionalismo, que se va configurando paralelamente a la proliferación de desafíos y confrontaciones entre pelotaris del renombre de «Chiquito de Azcoitia», «Pola» de Marquina, «Bisimodu», el cura Laba, «Paysandú» y el genio de la pelota: «Chiquito de Eibar», que para muchos cronistas representaba la cima del pelotarismo.

En la última década del siglo XIX y los veinte primeros años del actual asistimos a la implantación de las empresas de profesionales, la consolidación de las modalidades más representativas de la pelota: mano, pala, remonte y cesta punta, y al auge y expansión del pelotarismo por el mundo entero.

A partir de los años veinte, y de forma un tanto esporádica, se organizan torneos y campeonatos de mano, remonte y pala entre pelotaris profesionales. En el año 1924 se produce la presentación de la pelota como deporte de exhibición en la Olimpiada de París. La relevancia de este acontecimiento acelera el proceso de configuración de la Federación Internacional de Pelota Vasca (FIPV) (1929-30), cuya actividad competitiva, sin embargo, no comenzará hasta 1952 con la celebración del primer Campeonato del Mundo de Pelota. En el campo aficionado las competiciones empiezan en 1925, fecha de constitución de la Confederación Española de Pelota Vasca. Se incluyen en ellas las modalidades de mano parejas, pala, remonte y cesta punta. Participan las federaciones provinciales de Álava, Aragón, Castilla, Cataluña, Guipúzcoa, Navarra, Sala manca y Vizcaya.

Tras el paréntesis de la guerra civil, en 1940 se reemprende la actividad federativa y junto con ella la competición, continuándose sin interrupción hasta hoy. Se introduce la modalidad de mano individual y la especialidad de pala corta. Nace así el Torneo de Federaciones, la competición más importante en el panorama aficionado, que se desarrolla por el sistema de liga a doble vuelta en los niveles primera y segunda

categoría. Las cuatro primeras federaciones clasificadas en cada especialidad disputan la Copa por el sistema de eliminación simple: semifinales (primero contra cuarto y segundo contra tercero) y final: vencedores de ambos partidos, que disputan el título. La federación que más títulos consigue se proclama campeona.

En la década de los 60 se produce un gran desarrollo de la actividad competitiva. Nacen los Campeonatos Nacionales de Juveniles y de Clubs, en primera y segunda categoría. Se multiplican los torneos comárcales y regionales: Torneo Gravn (entre las federaciones de Guipúzcoa, Rioja, Álava, Vizcaya y Navarra) en categoría absoluta, juvenil y escolar; Semana de Pelota de Gijón; torneo San Isidro de Mano (Madrid); Torneo San Fermín Chiquito de Pala Corta y Paleta Cuero (Pamplona), etcétera, que son fiel reflejo del aumento de la actividad pelotazale en toda la geografía española.

En la actualidad y porque la el panorama pelotístico así lo demanda se modifican las estructuras de las competiciones existentes, adecuándolas a una realidad actual, separando la mano y Herramienta y se crean nuevas competiciones: Campeonato Europeo de Clubs (Frontón 30, 36 y Cesta Punta), Abiertos de España en (Frontenis, Cesta Punta, Mano y Herramienta en Frontón de 36 metros y Trinquete). Un amplio programa de actividades que configuran una actividad pelotística creciente, hasta ahora desconocida, que permite encarar con optimismo el futuro del deporte de la pelota.

En el ámbito profesional ni ha habido ni hay en la actualidad regularidad en la celebración de competiciones oficiales de carácter nacional. Las competiciones y torneos han estado en función de los intereses de las empresas, no siempre coincidentes con los de los órganos federativos, , pelotaris, espectadores, aficionados ni con la propia dinámica interna de desarrollo, propia de cualquier deporte que se considere actual y se quiera expansionar. Sembrando más dudas e incertidumbre al panorama profesional. Consecuentemente cabe esperar, una clara reflexión por parte de las empresas que en la actualidad rigen del deporte profesional, para que en el futuro se pueda regular esta actividad y darle la oficialidad correspondiente, para obtener un mayor protagonismo de estas competiciones en el ámbito profesional y un mayor reconocimiento social del deporte de la pelota.

2.1.3.2. Campeonatos Del Mundo Y Copas Del Mundo

Los campeonatos del mundo absolutos constituyen sin lugar a dudas y pese a las diferencias técnico-competitivas en algunas modalidades, la manifestación más importante del panorama internacional del deporte de la Pelota. El primer

campeonato se celebra en, 1952, España, (San Sebastián). Participan ocho naciones: Argentina, Cuba, España, Filipinas, Francia, Italia, México y Uruguay. Las modalidades son 17, puesto que entre ellas se incluyen las cinco de plaza libre: mano individual, mano parejas, pala, cesta, joko-garbi y rebote, en las que sólo compiten Francia y España, Esta situación volverá a producirse en el Campeonato de 1958 por última vez. A partir de esta fecha desaparecen de la competición oficial estas modalidades. Tres años después, en 1955 Uruguay, (Montevideo), se celebran los II Campeonatos. En 1958 Francia, (en las localidades de Biarritz-Bayona-Hossegor), se celebran los III Campeonatos del Mundo, y a partir de aquí se establece la competición cada cuatro años, procurando que ésta se celebre alternativamente en Europa y América; así los siguientes campeonatos tienen lugar: 1962 España, (Pamplona), 1966 Uruguay, (Montevideo), 1970 España, (San Sebastián), 1974 Uruguay, (Montevideo), 1978 (Biarritz-Bayona-St. Fierre d'Irube, Francia), 1982 (México), 1986 España, (Vitoria) 1990 Cuba, (La Habana), 1994 Francia, (en las localidades de Hendaya, San Juan de Luz, Sant Pee Sur Nivelle y Bayonne), 1998 México y en el 2002 en España (Navarra).

Un somero análisis de los resultados obtenidos en el transcurso de las catorce ediciones celebradas, permite sacar las siguientes conclusiones. En primer lugar, y en términos absolutos, la clara hegemonía de Francia y España, con seis Campeonatos, respectivamente. Resultado lógico, ya que ambos países constituyen la cuna de la pelota vasca, participan en todas las modalidades y están representadas por el mayor contingente de pelotaris. Junto a ellas destacan Argentina, México Cuba y Uruguay, netamente diferenciadas del resto de participantes, cuya presencia, en algunos casos, es meramente testimonial.

El año 1984 se creaban los Campeonatos del Mundo Sub-22 con la celebración del Primer Campeonato en Uruguay que se disputó con la fórmula de los absolutos, pero que posteriormente se modificó y se pasó a disputar por tipo de instalación y en los años intermedios entre campeonatos del Mundo. Este tipo de competición propicia el trabajo de la cantera y permite la salida de nuevas figuras al ámbito internacional.

De más reciente creación son las Copas del Mundo que se empiezan a disputar el año 1995. Esta competición ha arraigado fuertemente, al acoger a los equipos más cualificados de cada modalidad y tipo de frontón. Se disputa en el periodo comprendido entre Campeonatos del Mundo, y permite la participación controlada de equipos, correspondiéndoles a los tres primeros países de la clasificación del último campeonato del mundo, más el país organizador.

2.1.3.3. Histórico De Competiciones

Juegos Olímpicos

París 1900

(Como deporte de demostración)

París 1924

México 1968

Barcelona 1992

Campeonatos del Mundo

1952 San Sebastián (España)

1955 Montevideo (Uruguay)

1958 Biarritz-Hossegor (Francia)

1962 Pamplona (España)

1966 Montevideo (Uruguay)

1970 San Sebastián (España)

1974 Montevideo (Uruguay)

1978 Bayona/Biarritz (Francia)

1982 México DF (México)

1986 Vitoria-Gasteiz (España)

1990 La Habana (Cuba)

1994 San Juan de Luz (Francia)

1998 México DF (México)

2002 Pamplona (España)

2006 México DF (México)

2010 Pau (Francia)

2014 Zinacantepec (México)

Juegos Panamericanos

1991 La Habana (Cuba)

(Deporte de demostración)

1995 Buenos Aires (Argentina)

2003 Sto Domingo (Rep. Dominicana)

2011 Guadalajara (México)

Juegos Bolivarianos

2013 Lima (Perú)

Copas del Mundo – Trofeo Presidente del COI

1995 I Copa del Mundo Frontón 36m – Pamplona (España)

- 1997 I Copa del Mundo Trinquete – Bayona (Francia)
- 1998 I Copa del Mundo Frontón 30m – Valencia (España)
- 1999 II Copa del Mundo Frontón 36m – Almería (España)
- 2000 II Copa del Mundo Trinquete – Bayona (Francia)
- 2001 II Copa del Mundo Frontón 30m – Palencia (España)
- 2001 I Copa del Mundo Cesta Punta – La Habana (Cuba)
- 2003 III Copa del Mundo Frontón 36m – Brive (Francia)
- 2004 III Copa del Mundo Trinquete – Bayona (Francia)
- 2005 III Copa del Mundo Frontón 30m – Elche (España)
- 2005 II Copa del Mundo Cesta Punta – Acapulco (México)
- 2007 IV Copa del Mundo Frontón 36m – Barcelona (España)
- 2008 IV Copa del Mundo Trinquete – La Habana (Cuba)
- 2009 IV Copa del Mundo Frontón 30m – Tenerife (España)
- 2009 III Copa del Mundo Cesta Punta – Palencia (España)
- 2011 V Copa del Mundo Frontón 36m – Brive (Francia)
- 2012 V Copa del Mundo Trinquete - Pamplona (España)
- 2013 IV Copa del Mundo Cesta Punta - México DF (México)
- 2013 I Copa del Mundo "frontón 2020" - Le Haillan (Francia)

Campeonatos Mundiales Sub-22

- 1984 I Cto. Mundial Sub-22 - Montevideo/Punta del Este (Uruguay)
- 1988 II Cto. Mundial Sub-22 – París (Francia)
- 1991 III Cto. Mundial Sub-22 frontón 30m y Cesta Punta - México
- 1992 III Cto. Mundial Sub-22 frontón 36m - La Habana (Cuba)
- 1993 III Cto. Mundial Sub-22 trinquete - Buenos Aires (Argentina)
- 1995 IV Cto. Mundial Sub-22 frontón 30m y Cesta Punta - Cienfuegos (Cuba)
- 1996 IV Cto. Mundial Sub-22 frontón 36m - Buenos Aires (Argentina)
- 1997 IV Cto. Mundial Sub-22 trinquete - Arnedo (España)
- 1999 V Cto. Mundial Sub-22 frontón 30m - Buenos Aires (Argentina)
- 2000 V Cto. Mundial Sub-22 frontón 36m - Isla Reunión (Francia)
- 2001 V Cto. Mundial Sub-22 trinquete - Colonia (Uruguay)
- 2003 VI Cto. Mundial Sub-22 frontón 30m y Cesta Punta - La Habana (Cuba)
- 2004 VI Cto. Mundial Sub-22 frontón 36m - Soria (España)
- 2005 VI Cto. Mundial Sub-22 trinquete - Viña del Mar (Chile)
- 2007 VII Cto. Mundial Sub-22 frontón 30m en Valdepeñas y Cesta Punta en Barcelona (Esp.)
- 2008 VII Cto. Mundial Sub-22 frontón 36m - Funes/Rosario (Argentina)
- 2009 VII Cto. Mundial Sub-22 trinquete - Gualeguay (Argentina)
- 2011 VIII Cto. Mundial Sub-22 frontón 30m – Guadalajara (México)
- 2011 VIII Cto. Mundial Sub-22 Cesta Punta – México DF (México)

- 2012 VIII Cto. Mundial Sub-22 frontón 36m - Tarbes (Francia)
- 2013 VIII Cto. Mundial Sub-22 trinquete - Mercedes (Uruguay)

2.2. Modalidades

Existen en la actualidad 7 modalidades que entran en el programa de la Federación Española de pelota y de la Federación Internacional de pelota, que son las modalidades a las que se compite en los Campeonatos del mundo. Existen otras modalidades a las que se compite en otros torneos o en el campo de profesionales. Las 7 modalidades son: mano, paleta cuero, pala corta, frontenis, paleta goma, share y cesta punta.

2.2.1. Mano



Area de juego: Frontón de 36 metros
Trinquete.

Características: Es la modalidad más dura de la Pelota, así como la madre de las modalidades tradicionales, ya que su práctica desde la base facilita el desarrollo del resto de modalidades del juego de pelota. El juego en frontón requiere potencia y forma física, mientras que en trinquete la habilidad es más importante. España es la gran dominadora en frontón y Francia en trinquete.

Modalidades: Mano individual y mano parejas, tanto en frontón como en trinquete, Masculino

Pelota: **Diámetro:**
Frontón 36 m:

- Sénior: 61/64 cm.
- Juvenil: 60/62

Trinquete:

- Sénior: 60 / 62 cm.

Peso núcleo:
Frontón 36 m:

- Sénior: 30,1 / 34 g.
- Juvenil: 28 / 31 g.

Trinquete:

- Sénior: 23 g.

Peso total:
Frontón 36 m:

- Sénior: 101,1 / 106 g.
- Juvenil: 96,1 / 101 g.

Trinquete:

- Sénior: 92 g. máximo

Herramienta: Se juega a mano limpia, utilizándose solo tacos para la protección de las articulaciones

2.2.2. Paleta cuero



Área de Juego: Frontón de 36 metros.
Trinquete.

Características: Se utiliza una paleta de madera de haya u otra madera noble y una pelota de cuero (la más pequeña de las utilizadas en especialidades con pelota de cuero). Es muy atractiva y espectacular, por la velocidad del juego. A pesar de las similitudes entre ambas herramientas, las modalidades son muy diferentes. La práctica en frontón requiere agilidad y destreza, así como fondo físico y en trinquete la técnica, habilidad y fuerza son elementos decisivos. España y Francia son los grandes dominadores en frontón y Argentina en trinquete.

Modalidades: Parejas, Masculino

Pelota: **Diámetro:**
46/48 cm.

Peso núcleo:

- **Frontón:** 18 / 20 g.
- **Trinquete:** 15 / 16 g.

Peso total: Sénior: 50 / 52 g.

Herramientas: Realizada preferentemente en madera de haya o bien en otra madera noble, no es preciso que sea de una sola pieza, todas ellas han de ser de madera, con las siguientes características:

- Longitud máx.: 50 cm.
- Anchura máx.: 13,50 cm.
- Grueso: 2 / 3 cm.
- Peso: 550 / 600 g.

2.2.3. Pala corta



Area de Juego: Frontón 36 metros

Características: Se utiliza una pala de madera de haya u otra madera noble, de una sola pieza y una pelota de cuero, de mayor grosor y diámetro que en paleta. Esta modalidad se disputa únicamente en frontón de 36 metros. Especialidad muy física y espectacular. El pelotari requiere potencia y una gran muñeca, para poder manejar la herramienta con garantías. España es el principal dominadora.

Modalidades: Parejas Masculino

Pelota: Diámetro: 50-58 g.
Peso núcleo: 34-38 g.
Peso total: 85-90 g.

Herramienta: Realizada preferentemente en madera de haya o bien en otra madera noble, de una sola pieza, con las siguientes características:

- Longitud máx: 51 cm.
- Anchura máx: 11'50 cm.
- Grueso: 2 / 4'50 cm.
- Peso: 600 / 800 g.

2.2.4. Frontenis

Área de Juego: Frontón 30 m.



Características: Se utiliza una raqueta de las usuales del mercado, con cordaje normal para la pelota pre-olímpica y reforzado en su parte central para la pelota olímpica, ambas son de caucho. La modalidad olímpica que es la oficial para campeonatos del Mundo, tiene su origen en México, siendo estos los grandes especialistas y por consiguiente los grandes dominadores. La pelota pre olímpica es la especialidad más popular y por consiguiente practicada (tanto por niños, hombres, mujeres, veteranos), considerada de ocio, requiere menos "técnica" que las oficial. Nace y se desarrolla en España, siendo la especialidad más popular y en donde existen grandes especialistas.



Modalidades: Masculino y Femenino

Pelota: Peso total: 40 g.

Herramientas: Serán similares o iguales a las utilizadas en el deporte del tenis, confeccionadas en fibra, metal, carbono o grafito, etc. Su peso y trenzado de cuerdas no está limitado, pudiéndose utilizar doble cordaje, igualmente no tiene limitación su longitud y anchura.

2.2.5. Paleta goma



Área de Juego: Frontón 30m.
Trinquete.

Características: Se utiliza una paleta de madera y una pelota de goma. La especialidad más popular y por consiguiente practicada (tanto por niños, hombres, mujeres, veteranos), considerada de ocio, requiere menos "agresividad" que las otras de pelota de cuero. Nacida y desarrollada en Sudamérica, tiene a argentinos y uruguayos como claros dominadores.

Modalidades: Parejas Masculino en Frontón
Parejas Femenino y Masculino en Trinquete

Pelota: Diámetro: 42 / 44 cm.

Peso total: 35 / 40 g.

Herramientas: Realizada en madera, de una sola pieza o multilaminada con varios tipos de madera. Tarugos de aluminio y madera, con refuerzos laterales de fibra.

- Longitud máx: 55 cm.
- Anchura máx: 20 cm.
- Grueso: 1 cm.
- Peso: 500 g.

2.2.6. Share



Área de Juego: Trinquete

Características: Se juega con una herramienta formada por un aro de mimbre o madera de castaño curvada con red de cuerda, con una pelota de cuero muy viva. Esta modalidad es la gran desconocida. El juego consiste en lanzar la pelota (no golpear), tras una ligera retención con un movimiento de antebrazo, con mucha fuerza o violencia, lo que da un juego muy vivo, rápido y espectacular. Francia domina esta especialidad.

Modalidades: Parejas Masculino

Pelota: Peso núcleo: 33-35 g.
Peso total: 83 g.

Herramientas: Está fabricada con un anillo de mimbre o madera curvada a la que va sujeta en su parte interna a una red de cuerda entrelazada y poco tensa.

Longitud máx.: 55 cm. Anchura máx.: 10cm.

2.2.7. Cesta punta



Área de Juego: Frontón de 54 metros

Características: La especialidad más espectacular y universal. La principal característica del juego es la de recoger la pelota con la cesta, dejarla deslizar hasta su extremo, se toma impulso y se lanza con la mayor fuerza y eficacia posible contra el frontis. La pelota puede alcanzar velocidades de hasta 300 Km/h. España y Francia son los grandes dominadores.

Modalidades: Parejas Masculino

Pelota: **Diámetro:** 60/62 cm.

Peso núcleo: 90-115 g.

Peso total: 115-130 g.

Herramientas: Realizada en madera de castaño, tejida tupidamente de mimbre, acanalada y curada, con una bolsa de retención, se compone de taco, costillas, aros y punta. El guante será de cuero o material similar. También se podrán utilizar cestas confeccionadas de plástico, siempre que sean confeccionadas técnicamente igual a las anteriores.

- Long. total línea recta: 62/68 cm.
- Prof. bolsa de retención: 15 / 16 cm.
- Largo con curva: 90 / 100 cm.

2.3. Frontones

Los 4 frontones en los que se juegan las modalidades anteriores son los siguientes: Frontón de 30 metros, Frontón de 36 metros, Frontón de 54 metros y Trinquete.

2.3.1. Frontón de 30 metros

Datos técnicos y medidas

- Largo Cancha: 30 m.
- Alto Cancha: 10 m.
- Ancho Cancha: 10 m.
- Largo Contracancha: 30 m.
- Ancho Contracancha: 4 m.

Especialidades

- Frontenis Pelota olímpica (femenino y masculino)
- Frontenis Pelota preolímpica
- Paleta Goma



Juegos y Tanteadores

- Frontenis
 - Pelota Olímpica: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos.
 - Pelota Preolímpica: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos.
- Paleta Goma: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos.

[Descargar Plano Frontón 30M](#)
[Descargar Plano Frontón 30M Descubierta](#)

Distancias

Las distancias siempre serán medidas desde el Frontis.

Los cuadros serán de 3,5 metros.

Modalidad	Saque		Falta		Pasa	
	Cuadro	Metros	Cuadro	Metros	Cuadro	Metros
Frontenis olímpico	5	17,5m	3	10,5m	5	17,5m
Frontenis preolímpico	5	10,5m	3	10,5m	no existe	
Paleta goma		15m	3	17,5m	no existe	

2.3.2. Frontón de 36 metros

Datos técnicos y medidas

- Largo Cancha: 36 m.
- Alto Cancha: 10 m.
- Ancho Cancha: 10 m.
- Largo Contracancha: 36 m.
- Ancho Contracancha: 4 m.

Especialidades

- Mano Individual
- Mano Parejas
- Paleta Cuero
- Pala Corta

Juegos y Tanteadores

- Mano Individual
Profesional: 22
Aficionado Sénior: Dos juegos de 10 tantos, el tercero de desempate a 5
- Mano Parejas
Profesional: 22
Aficionado Senior: Dos juegos de 10 tantos, el tercero de desempate a 5 tantos
- Paleta Cuero: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos
- Pala Corta: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos

Distancias

Las distancias siempre serán medidas desde el Frontis.

Los cuadros serán de 3,5 metros.

Profesionales



[Descargar Plano Frontón 36M](#)
[Descargar Plano Frontón 36M Descubierto](#)

Modalidad	Saque		Falta		Pasa	
	Cuadro	Metros	Cuadro	Metros	Cuadro	Metros
Mano Individual	4	14 m.	4	14 m.	7	

Mano Individual 4-1/2	4	14 m	3	10,5 m	5	17,5 m
Mano Parejas	4,5	15,75 m	4	14 m	7	24,5 m

Aficionados

Modalidad	Categoría	Saque		Falta		Pasa	
		Cuadro	Metros	Cuadro	Metros	Cuadro	Metros
Mano Individual y Parejas	Sénior Juvenil	4	14 m	4	14 m	7	24,5 m
Paleta y Pala Corta	Sénior Juvenil	9,5 9	33 m 31,5 m	4	14 m	7	24,5 m

2.3.3. Frontón de 54 metros

Datos técnicos y medidas

- Largo Cancha: 54 m.
- Alto Cancha: 10 m.
- Ancho Cancha: 10 m.
- Largo Contracancha: 54 m.
- Ancho Contracancha: 4 m.

Especialidades

- Cesta Punta

Juegos y Tanteadores


Sénior: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos

Juvenil: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos

Distancias

Las distancias siempre serán medidas desde el Frontis.

Los cuadros serán de 4 metros.



[Descargar Plano Frontón 54M](#)

Modalidad	Saque		Falta		Pasa	
	Cuadro	Metros	Cuadro	Metros	Cuadro	Metros
Cesta punta	10	40 m.	4	16 m.	7	28 m.

2.3.4. Trinquete

Datos técnicos y medidas

- Largo Cancha: 28,5 m.
- Alto Cancha: 8,5 m.
- Ancho Cancha: 8 m.
- Largo Tejadillo: 28,5 m.
- Alto Tejadillo: 1,90 m. a 2,25 m.
- Ancho Tejadillo: 1,20 m.

Especialidades

- Mano individual
- Mano parejas
- Paleta cuero
- Paleta goma femenina
- Paleta goma masculina
- Share

Juegos y Tanteadores

Mano individual y parejas: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos

- Sénior: 15 - 15 - 10
- Juvenil: 15 - 15 - 10

Paleta cuero: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos

- Sénior: 15 - 15 - 10
- Juvenil: 15 - 15 - 10

Paleta goma masculina y femenina: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos

- Sénior: 15 - 15 - 10
- Juvenil: 15 - 15 - 10

Share: Dos juegos de 15 tantos, el tercero de desempate a 10 tantos

- Sénior: 15 - 15 - 10
- Juvenil: 15 - 15 - 10



[Descargar Plano Trinquete](#)

Distancias

Las distancias siempre serán medidas desde el Frontis.

Modalidad	Saque	Falta
	Metros	Metros
Mano individual	10 m.	18 m.
Mano parejas	10 m.	20 m.
Paleta cuero	20 m.	20 m.
Paleta goma	20 m.	20 m.
Share	15 m.	15 m.

2.4. Frontón 2020

A continuación tenemos un documento de presentación del proyecto “Frontón 2020”, extraído de la página web de la Federación Internacional de Pelota Vasca, que se realizó tras el Congreso celebrado en Guadalajara (México), en el mes de julio de 2011.

Lo más destacado para nosotros es que “Frontón 2020” es un proyecto que busca que la pelota sea un Deporte Olímpico. Para ello hay que emprender una serie de acciones. Una de ellas es reducir el número de instalaciones y especialidades, eligiendo especialidades fáciles de aprender y difundir. Una de las cuatro que se eligen es la Paleta Cuero en frontón de 36 metros. Otra de las acciones a emprender es favorecer la evolución del material de juego: pelotas y herramientas, para que sea económico y con gran difusión. Se adopta la decisión de realizar investigación, homogeneización, y simplificación de materiales para cumplir con los objetivos de abaratamiento de costos, producción industrial y adecuación al espectáculo.



“Pelota Vasca, ¿Deporte Olímpico?”


En su reunión del 7 de octubre de 2010, celebrada en PAU - Francia, la Asamblea General de la FIPV aprobó desarrollar el proyecto: "La Pelota Vasca, ¿Deporte Olímpico?"



Proyecto denominado « frontón 2020 »

Para lograr el objetivo: **cumplir las condiciones para ser "Deporte Olímpico"** dentro de 10... 20,..... 30 años, la Pelota debe emprender una serie de acciones que pueden resumirse como sigue:

- Reducir el número de instalaciones: 4 diferentes actualmente.
- Reducir el número de especialidades: 14 actualmente.
- Establecer la paridad entre hombres y mujeres en las especialidades elegidas.
- Elegir especialidades fáciles de aprender y difundir.
- Adaptar unas reglas de juego simples, acordes a los imperativos de la información, principalmente Internet y TV.
- Favorecer la evolución del material de juego: pelotas y herramientas, para que sea económico y con gran difusión.
- Fomentar la evolución de las estructuras federativas por organizaciones más abiertas y transparentes.
- Mantener las cualidades y el atractivo de la Pelota Vasca.
- Mantener la ética y el juego "limpio" en la práctica de este deporte




« frontón 2020 »

“Pelota Vasca, ¿Deporte Olímpico?”

Uno de los pasos debe ser el reconocimiento oficial y definitivo de la Pelota Vasca en los Juegos Panamericanos; deporte oficial en Guadalajara (México) **2011**, aspira a estar presente en Toronto (Canadá) **2015** y en otras competiciones internacionales de las diversas áreas de América y Europa.

Para reflexionar sobre el proceso a desarrollar se celebró un **Congreso Mundial** en Guadalajara (México) los días 22, 23 y 24 de julio de 2011.

Asistieron al mismo representantes de las Federaciones Nacionales de la FIPV:
Argentina, Brasil, Chile, Costa Rica, Cuba, España, Francia, Guatemala, México, Perú, Uruguay, USA y Venezuela.




« frontón 2020 »

CONCLUSIONES DEL CONGRESO MUNDIAL

Las decisiones adoptadas en el Congreso fueron:

1. Una sola instalación.
2. Cuatro especialidades masculinas y dos femeninas.
3. Aumento de la participación femenina.
4. Revisión Calendario de competiciones internacionales.
5. Investigación, homogeneización, simplificación materiales.
6. Plan de expansión.



1. Una sola instalación

Se trata de una sola instalación, un frontón de 36 m con una pared móvil a 30 m.

Ver figura 1.

La otra posibilidad, sin pared móvil, es construir 2 frontones adosados, unidos por su pared izquierda, 1 de 36m y 1 de 30m.

Ver figura 2.

Los frontones pueden ser cubiertos y descubiertos.

« frontón 2020 »

Figura 2

Figura 1

Nota. Si por razones diversas (de terreno, técnicas o económicas), la construcción de los dos frontones no es posible, la prioridad será para el frontón de 30m.

2. Cuatro especialidades masculinas y dos femeninas

- Paleta Cuero 36m.**
- Mano Individual 36m.**
- Frontenis 30m.**
- Paleta Goma 30m.**

« frontón 2020 »

Paleta Cuero 36m.


FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE PELOTA VASCA

« frontón 2020 »



Esta especialidad es muy espectacular por la precisión y la rapidez de juego. Se utiliza una paleta (especie de raqueta de madera) de 600 gr. La pelota está cubierta de piel, cuero y pesa sobre 53 gr.

Mano Individual 36m.


FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE PELOTA VASCA

« frontón 2020 »



La más natural de las especialidades, y probablemente la más antigua. No hay herramienta ; se golpea la pelota directamente con la mano ligeramente protegida. La pelota está cubierta de piel, cuero y pesa sobre 95 gr.

Frontenis 30m.

 FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE PELOTA VASCA

« frontón 2020 »

Importado de México en donde es considerado deporte nacional. Se utiliza una raqueta de tenis reforzada. La pelota, de goma, pesa sobre 40 gr. Permite realizar una infinidad de efectos.



Paleta Goma 30m.

 FEDERACIÓN INTERNACIONAL DE PELOTA VASCA

« frontón 2020 »

Se utiliza una paleta (especie de raqueta de madera) de 400 gr. Se pueden realizar una gran variedad de efectos. La pelota es de goma y pesa 40 gr.



3. Aumento de la participación femenina



« frontón 2020 »

- * A todos los niveles: Directivas, Técnicas, Formadoras, Jugadores.
- * Consolidar especialidades elegidas.
- * Trabajar en implantación de otras especialidades.



4. Revisión calendario competiciones internacionales



« frontón 2020 »

- * **Objetivo:** Modernización y difusión.
Calidad en el juego.
Difusión masiva (TV, Internet).

* **Protocolo y organización de Campeonatos**

Años	Frontón 36m.	Cesta Punta	Trinquete	"frontón 2020"	Mundial Sub-22
2011	Copa del Mundo				Frontón 30m.-Cesta
2012		Copa del Mundo	Copa del Mundo		Frontón 36m.
2013				Gran Premio	Trinquete
2014			Mundial absoluto		

5. Investigación, homogeneización y simplificación de materiales



« frontón 2020 »

Objetivos:

- * Abaratamiento costos.
- * Producción industrial.
- * Adecuación al espectáculo.



6. Plan de Expansión



« frontón 2020 »

Crecimiento: Intensivo en países afiliados. Consolidación y mejora. Extensivo. Introducción nuevos países.

Desarrollo: Plan de acción. Junta Directiva diciembre 2011.





2.5. Paleta cuero

Para completar de definir la modalidad de Paleta Cuero, exponemos y definimos a continuación los dos componentes que se utilizan en la práctica de esta modalidad: la pelota y la Pala, y mostramos por último unas imágenes reales de juego para el que no haya visto nunca el juego de esta modalidad.

2.5.1. Pelota

Del Reglamento General de la Federación Española de pelota, aprobado por el CSD en el año 2012:

Art. 17º.- La pelota reglamentaria salvo en frontenis y paleta de goma, está compuesta por un núcleo o bola de goma trenzada, en tiras, que puede llevar en su interior una bolita de distinto material, según el fin a que sea destinada, recubierta por una capa de algodón o lana y revestida de cuero, en forma de dos ocho que se cierran sobre sí mismos. La pelota de herramienta lleva dos cueros, siendo el interior de simple protección al resto de material.

Podrán tener el núcleo de polipropileno o sustancia similar, que reúna las condiciones que se indican en los siguientes artículos.

El peso y dimensiones de las pelotas de paleta cuero están descritos en el apartado 2.2.2. Paleta cuero.

2.5.2. Pala

Del Reglamento General de la Federación Española de pelota, aprobado por el CSD en el año 2012:

Art. 32º.- Paleta cuero.- Realizada preferentemente en madera de haya o bien en otra madera noble. No es preciso que sea de una sola pieza. En caso de ser de varias piezas, todas ellas han de ser de madera.

PALETA PELOTA CUERO	TIPO FRONTON	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
	<p>Corto 36 mts. Trinquete</p>	<p>Realizada preferentemente en madera de haya o bien en otra madera noble, no es preciso que sea de una sola pieza, todas ellas han de ser de madera, con las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Longitud max. 50 cm - Anchura max. 13, 50 cm - Gueso 2 / 3 cm - Peso 550 / 600 g

Del Reglamento General de Juego de la Pelota Vasca de la Federación Internacional de Pelota Vasca:

La Pala de Paleta Cuero es de madera, pudiendo ser chapeada con una fina capa de otra madera o fibra sintética, siendo su longitud máxima de 50 cm., su espesor máximo estará comprendido entre los 2,5 y 3 cm., siendo su anchura máxima de 13,5 cm. Su peso máximo será de 600 gramos.

TIPO FRONTÓN	4-2 PALETA CUERO	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
<p>36 METROS TRINQUETE</p>		<p>Es de madera, pudiendo ser chapeada con una fina capa de otra madera o de fibra sintética Longitud máxima: 50 cm. Espesor máximo: 2,5 a 3 cm. Anchura máxima: 13,5 cm. Peso máximo : 600 gr.</p>

2.5.3. Imágenes del juego

El juego consiste en golpear la pelota con la Pala, dirigiéndola hacia una pared, en la que rebotará y volverá, siendo esta vez el jugador contrario el que deba golpearla. El jugador que no consiga devolver la pelota perderá el punto. A continuación tenemos unas imágenes del juego. En las dos últimas imágenes se ve la diferencia de la práctica de la Paleta Cuero en Frontón y en Trinquete.





3. DISEÑO ACTUAL

En este punto vamos a estudiar detalladamente la Pala actual, para saber perfectamente cómo es el objeto que queremos mejorar. En el punto “2.5.2. *Pala*” se describía la Pala según las normas del Reglamento, pero necesitamos una descripción en mayor profundidad para conocer mejor el objeto. Además veremos los tipos de fabricantes de Palas que existen, viendo de este modo las generalidades y diferencias entre ellas.

Por tanto vamos a ver primero las generalidades (partes de la Pala y el material), después veremos alguna otra característica a destacar, y por último analizaremos los tres fabricantes de Palas que existen en la actualidad para ver las pequeñas diferencias.

3.1. Forma o partes de la Pala

La Pala, independientemente del fabricante, sigue una forma general, y se pueden distinguir las siguientes partes:

- **Mango:** Por el que se agarra la Pala. Es la parte más estrecha de la Pala. Tiene un pequeño pico hacia un lado para que haga de tope a la mano.
- **Parte intermedia:** Es la parte que une el mango con la zona de golpeo. Se va ensanchando progresivamente a medida que se acerca a la zona de golpeo.
- **Zona de golpeo:** Es la zona donde se impacta la pelota. Es la zona más ancha de la Pala.

3.2. Material

La Pala está fabricada con madera de Haya. A continuación hablamos de la madera en general, y de la madera de Haya en particular, definiendo y mostrando sus características, y hablamos de cómo se fabrica la Pala con esta madera, refiriéndonos a la posición de la madera.

3.2.1. Madera

3.2.1.1. Definición

La Madera está constituida por el conjunto de tejidos que forman la masa de los troncos de los árboles, desprovistos de su corteza. Es el material de construcción más

ligero, resistente y fácil de trabajar, utilizado por el hombre desde los primeros tiempos.

3.2.1.2. Estructura de la Madera

La Madera está constituida por una aglomeración de células tubulares de forma y longitud muy variables. Si damos un corte transversal se aprecian diversas zonas:

Médula y radios medulares:

Es la parte central, la más antigua, y se forma por secado y resinificación. Forma un cilindro en el eje del árbol y está constituida por células redondeadas que dejan grandes meatos en sus ángulos de unión.

Duramen:

Es la parte inmediata a la médula o corazón, formado por madera dura y consistente impregnada de tanino y de lignina, que le comunica la coloración rosa.

Albura:

La albura es la madera joven, posee más savia y se transforma con el tiempo en duramen al ser sustituido el almidón por tanino, que se fija en la membrana celular, volviéndola más densa e imputrescible.

Cambium:

Es la capa generatriz, que se encuentra debajo de la corteza formada por células de paredes muy delgadas que son capaces de transformarse por divisiones sucesivas en nuevas células, formándose en las caras interna células de xilema o madera nueva, y en la externa líber o floema. Las capas de xilema están formadas por la madera de primavera, de color claro y blanda, debida a la mayor actividad vegetal durante la primavera y parte del verano. Durante el otoño sucede lo contrario y se aprecian los anillos de crecimiento, constituidos por un doble anillo claro y blando el de primavera, y oscuro y compacto el de otoño. En la zona tropical, como la actividad vegetal es continua, no se aprecian los anillos de crecimiento.

Corteza:

Su misión es la protección y aislamiento de los tejidos del árbol de los agentes atmosféricos.

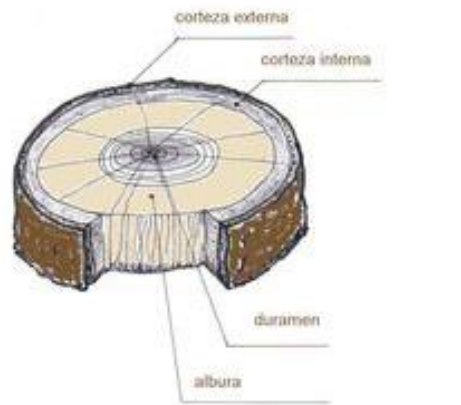


Fig. 3.1: Corte transversal del tronco de un árbol.

3.2.1.3. Propiedades Físicas de la Madera

Las propiedades de la Madera dependen del crecimiento, edad, contenido de humedad, clases de terreno y distintas partes del tronco.

Anisotropía:

Las propiedades físicas y mecánicas de la Madera no son las mismas en todas las direcciones que pasan por un punto determinado. Podemos definir tres direcciones principales en que se definen y miden las propiedades de la madera, que son la axial, la radial y la tangencial.

- La dirección axial es paralela a la dirección de crecimiento del árbol (dirección de las fibras).
- La radial es perpendicular a la axial y corta al eje del árbol.
- La dirección tangencial es normal a las dos anteriores.

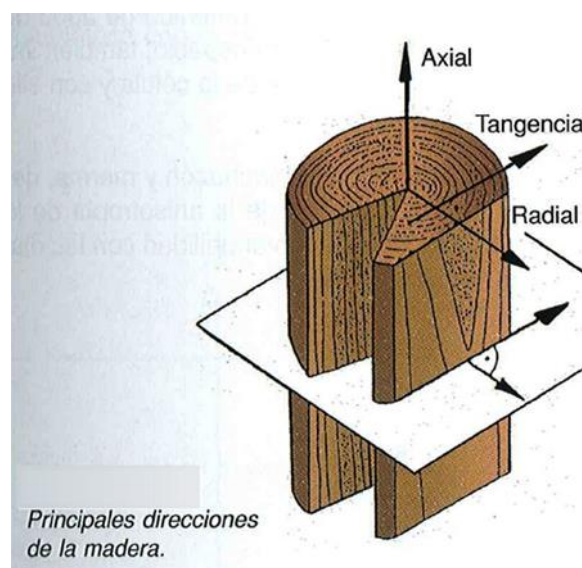


Fig. 3.2: Principales direcciones de la madera.

Humedad:

Como la Madera es higroscópica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodee a la Madera, hasta conseguir un equilibrio, diciéndose que la Madera está secada al aire.

La humedad de la Madera varía entre límites muy amplios. En la Madera recién cortada oscila entre el 50 y 60%. Las variaciones de humedad hacen que la Madera se hinche o contraiga, variando su volumen, y, por consiguiente, su densidad.

Deformabilidad:

La Madera cambia de volumen al variar su contenido de humedad, hinchamiento y contracción. Como la madera es un material anisótropo, la variación en sentido de las fibras es casi inapreciable, siendo notable en sentido transversal. El fundamento de estos cambios dimensionales reside en la absorción de agua de las paredes de las fibras leñosas, el agua se aloja entre las células separándolas o acercándolas, el punto de saturación de las fibras corresponde al contenido de humedad, para el cual las paredes de las mismas han absorbido todo el agua que pueden absorber: es el momento de máxima separación de células, y por tanto la Madera ha alcanzado el mayor volumen (30% de humedad). La Madera puede seguir aumentando su contenido en agua pero no aumentará más de volumen, ya que ahora ocupará los vasos y traqueidas del tejido leñoso, se trata de agua libre. La deformación al cambiar la humedad de la Madera, dependerá de la posición que la pieza ocupaba en el árbol, así nos encontramos distinta deformación radial y tangencial.

Densidad:

La densidad real de las Maderas es sensiblemente igual para todas las especies: 1,56. La densidad aparente varía de una especie a otra, y aun en la misma, según el grado de humedad y zona del árbol.

Madera de Pino Silvestre: 0.32 – 0.76Kg/dm³

Madera de Pino Negro: 0.38 – 0.74Kg/dm³

Madera de Pino Tea: 0.83 – 0.85Kg/dm³

Madera de Abeto: 0.32 – 0.6Kg/dm³

Madera de Alerce: 0.44 – 0.80Kg/dm³

Madera de Roble: 0.71 – 1.07Kg/dm³

Madera de Encina: 0.95 – 1.20Kg/dm³

Madera de Haya: 0.60 – 0.90Kg/dm³

Madera de Olmo: 0.56 – 0.82 Kg/dm³

Madera de Nogal: 0.60 – 0.81 Kg/dm³

Las Maderas se clasifican según su densidad aparente, en pesadas, ligeras y muy ligeras.

Propiedades Térmicas:

Como todos los materiales, la Madera dilata con el calor y contrae al descender la temperatura, pero este efecto no suele notarse pues la elevación de temperatura lleva consigo una disminución de la humedad: Como esto último es mayor, lo otro es

inapreciable. También son mayores los movimientos en la dirección perpendicular a las fibras.

La transmisión de calor dependerá de la humedad, del peso específico y de la especie. No obstante, se efectúa mejor la transmisión en la dirección de las fibras que en las direcciones perpendiculares a ésta.

Propiedades Eléctricas:

La Madera seca es un buen aislante eléctrico, su resistividad decrece rápidamente si aumenta la humedad. Para un grado de humedad determinado la resistividad depende de la dirección (es menor en la dirección de las fibras), de la especie (es mayor en especies que contienen aceites y resinas) y del peso específico (crece al aumentar el mismo).

Dureza:

La Dureza de la Madera es la resistencia que opone al desgaste, rayado, clavado, etc. Cuanto más vieja y dura es, mayor resistencia opone.

Por su dureza se clasifican en:

- Muy Duras:
 - Madera de Ébano
 - Madera de Serbal
 - Madera de Encina
 - Madera de Tejo

- Semiduras:
 - Madera de Roble
 - Madera de Arce
 - Madera de Fresno
 - Madera de Álamo
 - Madera de Acacia
 - Madera de Cerezo
 - Madera de Almendro
 - Madera de Castaño
 - Madera de Haya
 - Madera de Nogal
 - Madera de Aliso
 - Madera de Peral
 - Madera de Manzano

- Blandas:
 - Madera de Abeto
 - Madera de Alerce
 - Madera de Sauce

- Muy Blandas:
 - Madera de Tilo
 - Madera de Álamo Blanco

Peso:

El peso de la madera depende de varios factores:

- Humedad: la madera recién aserrada pesa más que la que ha tenido tiempo para secar.
- Resina: la madera que contiene resina pesa más que la que no contiene este compuesto.
- Edad del árbol: el duramen de los árboles maduros es más denso y pesado que el de los árboles jóvenes.
- Velocidad de crecimiento: la madera del árbol que crece lentamente es más densa y pesada que la del árbol que crece rápido.
- Presencia de albura: la albura es más liviana que el duramen, y por lo tanto una muestra con albura pesará menos que la misma muestra compuesta sólo de duramen.
- Densidad: mientras más compacta es la madera, es decir mientras menos espacio hay dentro de y entre los vasos o fibras que forman la madera, más tejido leñoso y menos aire tendrá la muestra seca. Un pedazo de algarrobo pesa muchísimo más que uno de idénticas dimensiones de un tipo de madera que tenga conductos anchos y espacios grandes entre los conductos, los cuales se han llenado de aire en la madera seca. La madera de balsa es sumamente liviana porque hasta el 92 por ciento de su volumen seco es aire.

Estabilidad:

La Madera recién aserrada pierde agua hasta alcanzar un equilibrio con el medio ambiente. El secado al aire puede durar semanas o meses, dependiendo de la densidad de la madera, el grosor de las piezas, la humedad relativa del aire y la velocidad del aire que circula alrededor de las tablas. Las maderas más estables, como la caoba y la teca, se contraen poco durante el secado y mantienen su forma, mientras que las menos estables, como la maría y el mamey, se contraen más y sufren desperfectos tales como arco, copa, curva, torsión y rajaduras. Para reducir los desperfectos, la madera recién aserrada debe estibarse en un lugar protegido del sol, la lluvia y las corrientes excesivas de aire. Las maderas menos estables deben secarse lentamente, para lo cual se emplean listones finos y la madera se protege más del viento.

La estabilidad de la Madera dependerá también del crecimiento del árbol y de la posición de las tablas dentro del tronco. Si se sacan tablas de las ramas o de un tronco que creció inclinado, la madera a ambos lados del centro diferirá en densidad y se producirá una tensión interna que puede causar curvaturas, torceduras y fibra deshilachada en las tablas. El corte que recibió la pieza también afecta la estabilidad de la madera. Las tablas aserradas radialmente, es decir aquellas cuyos anillos de crecimiento son perpendiculares a la superficie de la tabla, son más estables que las aserradas tangencialmente, donde los anillos de crecimiento son aproximadamente paralelos a la superficie.

Olor:

Algunas Maderas producen un olor característico al cortarse. El olor puede ser más o menos intenso dependiendo de la localidad donde creció el árbol. Al igual que el color,

el aroma de la Madera se debe a compuestos químicos almacenados principalmente en el duramen.

Aislamiento Térmico y Acústico:

Los huecos que posee la Madera dificultan el paso del calor y la convierten en un buen aislante térmico así como también retardan el paso del fuego en el caso de vigas de Madera gruesas.

Frente al sonido, sus propiedades de aislamiento son bajas, sobre todo en comparación con otros materiales más eficientes.

3.2.1.4. Propiedades Mecánicas de la Madera

Dureza:

Es la resistencia opuesta por la madera a la penetración o rayado. Interesa por lo que se refiere a la facilidad de trabajo con las distintas herramientas y en el empleo de la madera en pavimentos. Es mayor la dureza del duramen que la de la albura y la de la madera vieja que la de la joven.

Resistencia a la Compresión:

En la cual influyen varios factores: La humedad: En general, por debajo del punto de saturación de las fibras (30%), la resistencia a compresión aumenta al disminuir el grado de humedad, no obstante, a partir de ese % la resistencia es prácticamente constante.

También la dirección del esfuerzo tiene una gran repercusión en la resistencia a compresión de la madera, la máxima corresponde al esfuerzo ejercido en la dirección de las fibras y va disminuyendo a medida que se aleja de esa dirección. La rotura en compresión se verifica por separación de columnillas de madera y pandeo individual de éstas.

Cuanto mayor es el peso específico, mayor es su resistencia.

Resistencia a la Tracción:

La madera es un material muy indicado para el trabajo a tracción, su uso en elementos sometidos a este esfuerzo sólo se ve limitado por la dificultad de transmitir a dichos elementos los esfuerzos de tracción.

También influye el carácter anisótropo de la madera, siendo mucho mayor la resistencia en dirección paralela que en perpendicular a las mismas. La rotura en tracción se produce de forma súbita, comportándose la madera como un material frágil.

La resistencia no estará en función del peso específico.

Resistencia al Corte:

Es la capacidad de resistir fuerzas que tienden a que una parte del material se deslice sobre la parte adyacente a ella. Este deslizamiento, puede tener lugar paralelamente a las fibras; perpendicularmente a ellas no puede producirse la rotura, porque la resistencia en esta dirección es alta y la madera se rompe antes por otro efecto que por éste.

Resistencia a la Flexión:

Puede decirse que la madera no resiste nada al esfuerzo de flexión en dirección radial o tangencial. No ocurre lo mismo si está aplicado en la dirección perpendicular a las fibras.

Un elemento sometido a flexión se deforma, produciéndose un acortamiento de las fibras superiores y un alargamiento de las inferiores. Al proyectar un elemento de madera sometido a flexión no sólo ha de tenerse en cuenta que resista las cargas que sobre él actúan, es necesario evitar una deformación excesiva, que provoque un agrietamiento en el material de revestimiento o alguna incomodidad de cualquier otro tipo, bastaría con aumentar el canto de la pieza aumentando la rigidez.

Elasticidad:

El módulo de elasticidad en tracción es más elevado que en compresión. Este valor varía con la especie, humedad, naturaleza de las sollicitaciones, dirección del esfuerzo y con la duración de aplicación de las cargas.

Fatiga:

Llamamos límite de fatiga a la tensión máxima que puede soportar una pieza sin romperse.

Hendibilidad:

Propiedad que presenta la madera de poderse romper a lo largo de las fibras, por separación de éstas, mediante un esfuerzo de tracción transversal. Es una cualidad interesante cuando se trata de hacer leña, en cambio es perjudicial cuando la pieza ha de unirse por clavos o tornillos a otras adyacentes.

3.2.1.5. Producción y transformación de la Madera

Apeo, corte o tala: leñadores con hachas o sierras eléctricas o de gasolina cortan el árbol, le quitan las ramas, raíces y corteza para que empiece a secarse. Se suele recomendar que los árboles se corten en invierno u otoño. Es obligatorio replantar más árboles que los que se cortaron.

Transporte: es la segunda fase y es en la que la madera es transportada desde su lugar de corte al aserradero y en esta fase influyen muchas cosas como la orografía y la infraestructura que haya. Normalmente se hace tirando con animales o maquinaria pero hay casos en que hay un río cerca y se aprovecha para que los lleve, si hay buena corriente de agua se sueltan los troncos con cuidado de que no se atasquen pero si hay poca corriente se atan haciendo balsas que se guían hasta donde haga falta.

Aserrado: en esta fase la madera es llevada a unos aserraderos. El aserradero divide en trozos el tronco, según el uso que se le vaya a dar después. Suelen usar diferentes tipos de sierra como por ejemplo, la sierra alternativa, de cinta, circular o con rodillos. Algunos aserraderos combinan varias de estas técnicas para mejorar la producción.

Secado: este es el proceso más importante para que la madera esté en buen estado.

- Secado natural: se colocan los maderos en pilas separadas del suelo, con huecos para que corra el aire entre ellos, protegidos del agua y el sol para que así se vayan secando. Este sistema tarda mucho tiempo y eso no es rentable al del aserradero que demanda tiempos de secados más cortos.
- Secado artificial:
 - Secado por inmersión: en este proceso se mete al tronco o el madero en una piscina, y debido al empuje del agua por uno de los lados del madero la savia sale empujada por el lado opuesto, consiguiendo eliminar la savia interior, evitando que el tronco se pudra. Esto priva a la madera de algo de dureza y consistencia, pero lo compensa en longevidad. El proceso dura varios meses, tras los cuales, la madera secará más deprisa debido a la ausencia de savia.
 - Secado al vacío: en este proceso la madera es introducida en unas máquinas de vacío. Es el más seguro y permite conciliar tiempos extremadamente breves de secado con además:
 - bajas temperaturas de la madera en secado;
 - limitados gradientes de humedad entre el exterior y la superficie;
 - eliminación del riesgo de fisuras, hundimiento o alteración del color;
 - fácil utilización;
 - mantenimiento reducido de la instalación.
 - Secado por vaporización: se meten los maderos en una nave cerrada a cierta altura del suelo por la que corre una nube de vapor de 80 a 100 °C; con este proceso se consigue que la madera pierda un 25% de su peso en agua, a continuación, se hace circular por la madera, una corriente de vapor de aceite de alquitrán, impermeabilizándola y favoreciendo su conservación. Es costoso pero eficaz.
 - Secado mixto: en este proceso se juntan el natural y el artificial: se empieza con un secado natural que elimina la humedad en un 20-25% para proseguir con el secado artificial hasta llegar al punto de secado o de eliminación de humedad deseado.
 - Secado por bomba de calor: este proceso es otra aplicación del sistema de secado por vaporización, con la aplicación de la tecnología de bomba de calor al secado de la madera permite la utilización de un circuito cerrado de aire en el proceso, ya que al aprovecharse la posibilidad de condensación de agua por parte de la bomba de calor, de manera que no es necesaria la entrada de aire exterior para mantener la humedad relativa de la cámara de la nave ya que si no habría desfases de temperatura y humedad.
El circuito será el siguiente: el aire que ha pasado a través de la madera -frío y cargado de humedad- se hace pasar a través de una batería evaporadora -foco frío- por la que pasa el refrigerante (freón R-134a) en estado líquido a baja presión. El aire se enfría hasta que llegue al punto de rocío y se condensa el agua que se ha separado de la madera. El calor cedido por el agua al pasar de estado vapor a estado líquido es recogido por el freón, que pasa a vapor a baja a presión. Este freón en estado gaseoso se hace pasar a través de un compresor, de manera que disponemos de freón en estado gaseoso y alta

presión, y por lo tanto alta temperatura, que se aprovecha para calentar el mismo aire de secado y cerrar el ciclo. De esta manera disponemos de aire caliente y seco, que se vuelve a hacer pasar a través de la madera que está en el interior de la nave cerrada.

La gran importancia de este ciclo se debe a que al no hacer que entren grandes cantidades de aire exterior, no se rompa el equilibrio logrado por la madera, y no se producen tensiones, de manera que se logra un secado de alta calidad logrando como producto una madera maciza de alta calidad.

3.2.2. Haya

El haya común (*Fagussylvatica*) es un árbol caducifolio de la familia de las fagáceas.



Fig. 3.3: Ficha de taxón del Haya común.

3.2.2.1. Descripción

Tiene el porte robusto y gran tallo, que alcanza los 35 o 40 m, con un tronco recto que lo hace muy valioso, y una copa ovalada en su tercio superior. Si el árbol crece aislado (no en espesura) cambia radicalmente, se abre muy pronto, siendo algo irregular, ramificándose desde abajo y variando mucho la copa.

Conserva la corteza prácticamente lisa durante toda su vida, de un gris ceniciento o blanquecino. Los ramillos tienen un crecimiento singular en zig-zag. Las hojas son

simples, alternas en los tallos jóvenes, en los adultos salen en fascículos sobre pequeños braquiblastos, y caedizas. Son de pecíolo corto, y el limbo es de forma ovalada, con el borde ondulado, en principio algo festoneado y prolongándose en un vello sedoso muy característico. Tienen los nervios laterales bien marcados y paralelos (penninervia), son de un color verde muy vivo por el haz volviéndose más oscuras en la madurez, y se disponen siempre en posición muy horizontal, captando la mayor cantidad de luz posible. Ello hace que sus bosques tengan un aspecto un tanto sombrío, casi propio de cuento de hadas, no permitiendo crecer en el suelo a apenas ninguna otra planta. Frecuentemente, sin embargo, crece en bosques mixtos con el abeto y otras especies del bosque caducifolio. A los bosques de hayas se les llama hayedos o hayales.

3.2.2.2. Hábitat

El haya necesita suelos frescos y fértiles, sin embargo logra vivir en suelos silíceos. Como tiene una elevada tasa de transpiración, necesita abundante lluvia. Es una especie de sombra y por eso prefiere situarse en las montañas y los montes.

- **Europa**

En Europa se extiende formando bosques desde Pilio, en el centro de Grecia, o relictos en Sicilia y en el centro de España. En Suecia y Noruega desde el Sur, llegando hasta Trondheim en el norte. En Finlandia se conocen algunos bosquecillos de hayas. Se encuentra muy extendido en el centro de Europa destacando los bosques de la Selva Negra (Alemania), el Bosque de Soignes y también Sart-Tilman en Bélgica, la Selva de Irati en Navarra (España), así como los hayedos de Francia donde las hayas conforman el 10% del total de los bosques. El relicto más meridional se encuentra en las laderas del volcán Etna, en Sicilia.

- **Península Ibérica**

En España es infrecuente fuera de la Cordillera Cantábrica o los Pirineos. Hay hayas, sin embargo, en las laderas del Moncayo, en el parque natural de los Puertos de Tortosa-Beceite (Tarragona), siendo el hayedo más meridional de España, y en algunos bosques del Sistema Central, en Tejera Negra (Guadalajara), la Pedrosa (Segovia) o en Montejo de la Sierra (Madrid). En Ciñera de Gordón (León) se encuentra uno de los hayedos mejor conservados. También es frecuente en las montañas del País Vasco y el Valle del Rudrón (Burgos; también dentro del Sistema Ibérico se encuentran abundantes hayedos en las montañas de La Rioja, estando los más extensos en la Sierra de la Demanda, en los valles de Tobia, Cárdenas y Valvanera. El límite occidental de su distribución está en las montañas orientales de la comunidad gallega y el límite occidental costero se encuentra en el concejo de Valdés (Asturias). En esta última comunidad destaca el mayor hayedo de la comunidad, el de Monasterio de Hermo en Cangas del Narcea a muy pocos km de uno de los mejores robledales de Europa, el de Muniellos.

3.2.2.3. Propiedades físicas, propiedades mecánicas y otras características

Ver “Fichas técnicas sobre características tecnológicas y usos de maderas comercializadas en México” del Anexo 1.

3.2.3. Uso de la madera en la Pala

Como hemos visto la madera es un material anisótropo, es decir, sus propiedades físicas y mecánicas no son las mismas en todas las direcciones. Por tanto, a la hora de fabricar una Pala es muy importante elegir bien la orientación de la madera, para que de esta forma pueda aguantar los esfuerzos a los que se le somete debido al impacto de la pelota. Para esto, el fabricante deberá fijarse en la dirección de las betas o fibras.

Dicho esto, vamos a ver las propiedades físicas de la madera que nos interesan, que son la resistencia al corte y la resistencia a la flexión.

La resistencia al corte es la capacidad de resistir fuerzas que tienden a que una parte del material se deslice sobre la parte adyacente a ella. Este deslizamiento puede tener lugar paralelamente a las fibras. Perpendicularmente a ellas no puede producirse la rotura, porque la resistencia en esta dirección es alta y la madera se rompe antes por otro efecto que por éste.

En cuanto a la resistencia a la flexión, puede decirse que la madera no resiste nada al esfuerzo de flexión en dirección radial o tangencial. No ocurre lo mismo si está aplicado en la dirección perpendicular a las fibras.

Por esto último, las palas se fabrican de forma que la dirección longitudinal de la Pala sea la dirección axial de la madera. Esta será la forma en la que las palas aguanten los esfuerzos de flexión.

Con respecto a la resistencia al corte, se puede decir que es el motivo más común por el que las palas se fracturan. Como hemos visto antes, la fractura se produce a lo largo de la fibra. Para aumentar la resistencia al corte, en algunos casos, se pone una fina chapa, también de madera de haya, con las fibras en dirección perpendicular a las fibras de la Pala. Además se atraviesan unos tubillones en la dirección de las fibras de la chapa, de lado a lado de la Pala, como veremos en una imagen posterior.

3.3. Otras características

La forma y el material mencionados anteriormente son comunes a todas las Palas independientemente del fabricante. Las siguientes características dependen del fabricante o incluso entre Palas de un mismo fabricante. Las características son:

- **Espesor:** El espesor de la Pala es mínimo en el mango y se va incrementando hasta la zona de golpeo, donde el espesor es máximo. El espesor depende del fabricante, e incluso entre palas de un mismo fabricante.
- **Peso:** El peso de la Pala depende básicamente del espesor de la Pala, y de la densidad de la madera. Por esto último el peso es algo incontrolable ya que la densidad varía según la humedad de la madera y la zona del árbol.
- **Refuerzos o tubillones:** Son unos pasadores que se introducen en la zona de golpeo y van de un extremo a otro. Sirven para reforzar la resistencia de la Pala. Dependen del fabricante.
- **Chapeado:** Es una fina lámina de madera de Haya que se pega en la zona de golpeo, con la dirección de las vetas perpendicular a las vetas de la Pala.

3.4. Fabricantes

La Pala de Paleta Cuero tiene únicamente 3 fabricantes. Estos son Arambillet, Euskalduna y RSTA. Los tres realizan palas que cumplen con la normativa del Reglamento, pero existen pequeñas diferencias entre ellas.

Analizando los tres fabricantes, veremos imágenes de las palas que nos servirán para ver la geometría de la Pala y ver los detalles de las Palas.

3.4.1. Arambillet

3.4.1.1. Empresa

C/ Montejurra s/n
31140 Artajona (Navarra)
Teléfono: + 34 (948) 364 109
Fax: + 34 (948) 364 512
e-mail: info@arambillet.com
Página web: www.arambillet.com

Fabricados Deportivos Arambillet. S.L., empresa familiar dedicada a la fabricación, distribución y venta de material deportivo para la práctica y disfrute del deporte del frontón.

Es en 1920 cuando Pablo Arambillet Oficialdegui, de profesión ebanista, fabrica de forma artesanal su primera pala para poder disfrutar con su cuadrilla de este deporte. Contento con el resultado, decide dedicarse de manera profesional a la fabricación de herramientas para el disfrute y la práctica del deporte del frontón, creando así la marca ARAMBILLET. A partir de este momento y de generación en generación se ha ido mejorando el producto artesanal para satisfacer la demanda de una herramienta de altas prestaciones.

Esto ha dado lugar a que la marca deportiva ARAMBILLET sea un referente mundial en el deporte de la pelta vasca, tanto a nivel amateur como profesional, de lo que nos sentimos muy orgullosos.

3.4.1.2. Pala

La Pala de Arambillet es la que se ve en la imagen.



Fig. 3.4: Pala de Arambillet.

En ellas se puede apreciar la dirección de las vetas perfectamente.

La Pala Arambillet tiene las siguientes características:

- **Espesor:** En este fabricante, en la zona de agarre el espesor suele ser de unos 20 mm, y el grosor máximo se alcanza en la zona superior, que alcanza espesores de entre 23 y 28 mm.
- **Peso:** El peso aparece marcado en la parte superior de la Pala. En ellas marca 630, un peso superior al permitido por el Reglamento de la Federación Internacional, pero que en otras federaciones si que está permitido o incluso puede servir para entrenar. Este fabricante realiza palas con pesos que van desde los 560 hasta los 680 más o menos. Esto varía según la densidad de la madera, pero las variaciones sustanciales se dan debido a diferencias en el espesor de la Pala, siendo las más ligeras de un grosor de unos 23 mm, y las más pesadas alcanzan grosores de unos 28 mm.
- **Refuerzos o tubillones:** Si que llevan. En la siguiente imagen de detalle del perfil de la Pala se ven los tubillones que la atraviesan. Son los cinco círculos que se observan.



Fig. 3.5: Imagen de detalle de la Pala Arambillet.

- **Chapeado:** Arambillet realiza Palas con chapeado y sin chapeado. En la siguiente imagen tenemos la Pala Arambillet con la chapa de haya. Se observa en la chapa la dirección perpendicular de las fibras.



Fig. 3.6: Pala Arambillet con chapeado.

3.4.2. Euskalduna

3.4.2.1. Empresa

Dirección:
Pol. Ind. Atxukarro 16 – K
48480 Arrigorriaga (Bizkaia)
España

Tel: 94 671 11 25
Fax: 94 671 11 63
E-mail: palaseuskalduna@palaseuskalduna.com

Tradición, capacidad de evolución y, sobre todo, el orgullo de haber aunado ambas creciendo junto a un deporte de cuya historia formamos parte ya para siempre, representan a nuestra empresa. Palas Euskalduna nació hace más de 60 años junto a una modalidad que se desarrolló a lo largo del siglo pasado en el entorno del frontón que fue catedral mundial de la pelota y del que tomó su nombre.

De forma completamente artesanal en un principio, como correspondía a la época, Palas Euskalduna supo dar entonces una respuesta natural a unos palistas y a una

modalidad que en una ciudad como Bilbao alcanzaron durante años una representatividad como no se había conocido antes. Unidos al deporte de la pala crecimos y evolucionamos juntos, compartiendo de la mano los más bellos momentos de la historia de esta, para muchos, la más difícil modalidad de la pelota.

A lo largo del último siglo, el deporte de la pala ha ido cambiando junto a la propia sociedad y, como no podía ser de otra forma, Palas Euskalduna ha sabido responder a estos cambios sin perder nunca el carácter que le dio origen en aquel frontón ya desaparecido, en el que juntos fueron testigos de los tiempos gloriosos de un deporte.

En una sociedad más orientada hacia el ocio deportivo, la pala ha dejado de ser sobre todo práctica profesional y nuevas herramientas han ido sustituyendo a las tradicionales palas del siglo pasado de gran dificultad; necesariamente el proceso de elaboración de las herramientas ha ido automatizándose, gracias a una moderna tecnología, aunque no por ello se ha perdido en este proceso un carácter artesanal que, de generación en generación, se ha ido transmitiendo como el mayor valor de nuestra empresa.

Un siglo después de que fabricáramos nuestra primera pala, Palas Euskalduna sigue siendo, más que nunca, la empresa de referencia en la fabricación de palas; unas palas fabricadas con haya elegida y cuyo sello de referencia es, por encima de cualquier otro, la calidad y el amor a un deporte.

3.4.2.2. Pala

La Pala de la marca Euskalduna es la siguiente:



Fig. 3.7: Pala Euskalduna.

La Pala Euskalduna tiene las siguientes características:

- En cuanto a la forma vemos una pequeña diferencia destacable frente a la Arambillet, que es que tiene un redondeo mayor en la parte trasera del mango.
- **Espesor:** Decir lo mismo que la Arambillet
- **Peso:** Decir lo mismo que la Arambillet
- **Refuerzos o tubillones:** También los tiene.
- **Chapeado:** No tiene.

3.4.3. RSTA

3.4.3.1. Empresa

Route de Bayonne
64 400 MOUMOUR
Web: www.sarl-perry.com
Téléphone: 05 59 39 63 04
Fax: 05 59 39 63 04

SARL PERRY, en torno a dos actividades bien distintas (muebles y palas) ofrece su experiencia en su fabricación.

Todos nuestros modelos de palas, paletas, paletones, palas corta RSTA están hechas de la manera tradicional (respeto de la cultura vasca) en nuestro taller de ebanistas: se da especial énfasis a la calidad y el origen de la madera utilizada.

Junto a esta producción, se encuentra todo el equipamiento y accesorios (pelota de goma, cinta adhesiva, resina, gafas, casco...) necesarias para la práctica de la pelota en un frontón, una plaza libre o en un trinquete.

La Pala se hace generalmente con el plátano o haya. La madera se corta primero en tablas que luego se secan en una litografía. Un borrador de la pala es entonces aserrado a cada tablero para alimentar el plano para alisar cada lado. Una hoja de madera de color rojo o blanco, llamada chapa, se pega a continuación, en cada lado. La Pala es entonces moldeada y luego lijada para obtener el producto acabado.

Usted encontrará en todos los productos de la pala, la madera utilizada en la fabricación de palas y un proyecto de fabricación.





Fig. 3.8: Imágenes de la fabricación de las Palas RSTA.

3.4.3.2. Pala

La Pala RSTA es la de la siguiente imagen.



Fig. 3.9: Pala RSTA.

En esta Pala si aparecen diferencias destacables con respecto a las dos anteriores.

- Para empezar, en cuanto a la forma, el mango es bastante diferente, ya que es bastante más prolongado.
- **Peso:** Es la diferencia principal es su peso. Como podemos apreciar pesan 540 y 550 gramos, por debajo de las palas más ligeras de Arambillet y Esukalduna. Esto es debido al grosor de la Pala.
- **Grosor:** Es bastante más estrecha, tanto en el mango como en la zona superior. En el mango más o menos de unos 12 mm y en la zona de golpeo unos 23 mm, bastante más estrecha que las anteriores. Por esto esta Pala está destinada para practicar la Paleta Cuero en Trinquete, donde se necesita una Pala más ligera para tener mayores reflejos.
- **Refuerzos o tubillones:** No presentan.
- **Chapeado:** Si, pero a diferencia de las Arambillet en las que la chapa estaba en la parte superior, en esta Pala se coloca por toda la Pala, como vemos en la imagen, en la que las vetas van en todo momento perpendiculares a la dirección longitudinal de la Pala.

3.5. Inconvenientes

El diseño actual presenta una serie de inconvenientes:

- Por un lado, por el hecho de estar fabricadas con madera, resulta imposible conseguir dos Palas idénticas. Esto es debido, como hemos visto, a que la densidad de la madera varía según la zona del árbol, y por eso no podremos tener con facilidad trozos de madera para fabricar la Pala de iguales densidades. Por todo esto, las Palas fabricadas tienen diferentes masas y diferentes repartos de masa.
- Por otro lado, debido a estar fabricada en madera, sufre variaciones de masa cuando se producen modificaciones exteriores ambientales de temperatura y humedad.
- Otro inconveniente de este diseño es que habitualmente se produce una fractura de la Pala en la zona de golpeo de forma longitudinal a lo largo de las vetas. Esta fractura se produce por los esfuerzos que se crean por el impacto de la pelota, pero en muchas ocasiones se produce de forma prematura. Este caso es muy típico en las Palas ligeras, debido a que el espesor en la zona de golpeo es más pequeño, y por esto no opone resistencia al corte. Un caso típico es el de las Palas RSTA. Estas son bastante estrechas, y por esto no es recomendable jugar con ellas en el Frontón, porque se romperán con bastante facilidad. En el Trinquete aguantan mejor ya que las pelotas son algo más ligeras y los impactos son de menor amplitud debido a las dimensiones más pequeñas del Trinquete.
Otro de los casos típicos en los que se produce esta rotura es en invierno, con temperaturas bajas. El material con el frío se contrae, se hace más rígido, y esto ayuda a la fractura. Además el cambio de temperatura en invierno es más fuerte y esto también ayuda. Se puede pasar de los 20°C más o menos del vestuario o de casa, a los 0°C por ejemplo en la calle, lo cual hace que la contracción sea repentina y se produzcan tensiones en la madera que hacen que la Pala pueda romper.
- Por último, esta modalidad no es de las más duras dentro de la pelota, pero tiene su exigencia debido al peso y manejabilidad de la Pala. El modelo actual es un tanto pesado y de difícil manejo. Por un lado, para la persona no habitual en la práctica de esta modalidad, le puede resultar desagradable el manejo de la Pala, y por tanto una sensación de rechazo. Con un diseño más ligero y manejable esta modalidad resultaría más atractiva para practicarla para estas personas. Por otro lado, para el jugador habitual que ya está acostumbrado a la herramienta, al que ya no se le hace tan desagradable, un diseño más ligero y manejable podría hacer mejorar sus prestaciones, con lo que el juego resultaría más vistoso y espectacular, y haría aún más atractivo este deporte para el espectador.

4. ANTECEDENTES

Ya hemos dicho en varias ocasiones, que la Pelota Vasca, y en concreto la modalidad de la Pala, es un deporte que no ha innovado mucho, por no decir apenas nada. En primer lugar vamos a ver la evolución de la Pala que nos corrobora esto, y después veremos una patente que se hizo en el año 1991 que intentó mejorar el diseño actual, pero no se ha llegado a implantar.

4.1. Evolución de la Pala

La Pala actual, tal y como la conocemos, realizada con esta forma y de madera, se lleva viendo así desde hace muchos años. Sólo ha sufrido pequeños cambios para perfeccionarla. Como muestra de ello, tenemos el cuadro de Goya, 1779, *“El juego de la pelota”*, que recoge fielmente un partido de pala entre un grupo de cortesanos, en el que se aprecian las Palas con las que están jugando, y se ve cómo nos recuerdan muchísimo a las actuales.



Fig. 4.1: Cuadro de Goya, 1779, *“El juego de la pelota”*.

Las siguientes imágenes son ampliaciones del cuadro, en las que se ve cómo los jugadores agarran las palas.



Fig. 4.2: Ampliaciones del cuadro de Goya "El juego de la pelota".

Como se ve, las palas son muy parecidas a las actuales, aunque en concreto son muy semejantes a la modalidad de Pala Larga actual. Vemos que la geometría era también como la de ahora, con un mango más o menos estrecho, una zona de golpeo semicircular, y una unión progresiva. Y constituida de madera de una sola pieza.

En cuanto a las modificaciones que se han realizado hasta llegar al diseño actual estas han sido:

- En el material se han utilizado maderas como el fresno y el plátano, pero nunca saliendo de la madera, hasta acabar quedándose con la madera de Haya.

- En cuanto a la geometría, la Pala actual tiene un pico en el mango que se le ha añadido para hacer de tope para la mano, el cual las de antes no llevaban como se ve en las de las imágenes.
- En cuanto a refuerzos, la Pala actual se ha reforzado con los tubillones y el chapeado, que no tenían las iniciales.

4.2. Patente

Mencionar que existe una patente (Ver Anexo 2) de 1991 de una pala en la que se intenta dar solución al problema de la rotura de estas por sus vetas longitudinales.

Esta patente supone una pequeña modificación respecto a la Pala actual. Esta Pala consiste en realizarla con 9 almas de madera, como se ven en el dibujo de la patente, encoladas y con algunas de ellas con las vetas cruzadas. Con este método se conseguirá una Pala más resistente. Este modelo de Pala, sin embargo, no se ha llegado a utilizar.

5. OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto es realizar un diseño novedoso de Pala de Paleta Cuero, con el cual se mejoren las prestaciones que ofrece la Pala actual y que acabe con los problemas que tiene el actual diseño citados en el apartado “3.5. Inconvenientes”.

Los objetivos por tanto que nos marcamos para el nuevo diseño son:

1. Realizar un diseño que mejore las prestaciones de la herramienta actual en cuanto a la velocidad de salida de la pelota, su control y precisión.
2. Realizar un diseño más ligero y manejable, siempre y cuando las prestaciones del deportista se vean igualadas o mejoradas.
3. Sustituir la madera por otro material con el cual se consigan reproducir Palas lo más semejantes posibles.
4. Sustituir la madera por otro material que le afecte lo mínimo posible las condiciones ambientales externas de humedad y temperatura.
5. Acabar con el problema de la rotura longitudinal a lo largo de la veta.
6. Respetar que el nuevo diseño tenga la misma o mayor resistencia de rotura a flexión.
7. Realizar un diseño económico.

6. RESUMEN DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

En el Proyecto Fin de Carrera de Ingeniería Técnica Industrial Mecánica de este mismo autor, que se llamó *“Diseño de una Nueva Pala de Frontón”*, se comenzó con el proyecto de realizar un nuevo diseño de Pala de Pelota Vasca, concretamente de Paleta Cuero. Para ello primero se hizo un estudio de las variables y factores que afectan a las prestaciones de la Pala, y a continuación se realizó un nuevo diseño en el software SolidWorks con nuevas geometrías y materiales y viendo sus propiedades.

A continuación resumimos muy a groso modo los resultados que obtuvimos.

6.1. Análisis de variables

Se analizaron las siguientes variables de la Pala que influyen en sus prestaciones:

- Masa
- Momento de Inercia
- Centro de masas
- Centro de percusión
- Coeficiente de restitución
- Nodo de vibración

Masa

De la masa se concluyó que contra mayor masa, mayor velocidad de la pelota se obtendrá.

Momento de Inercia

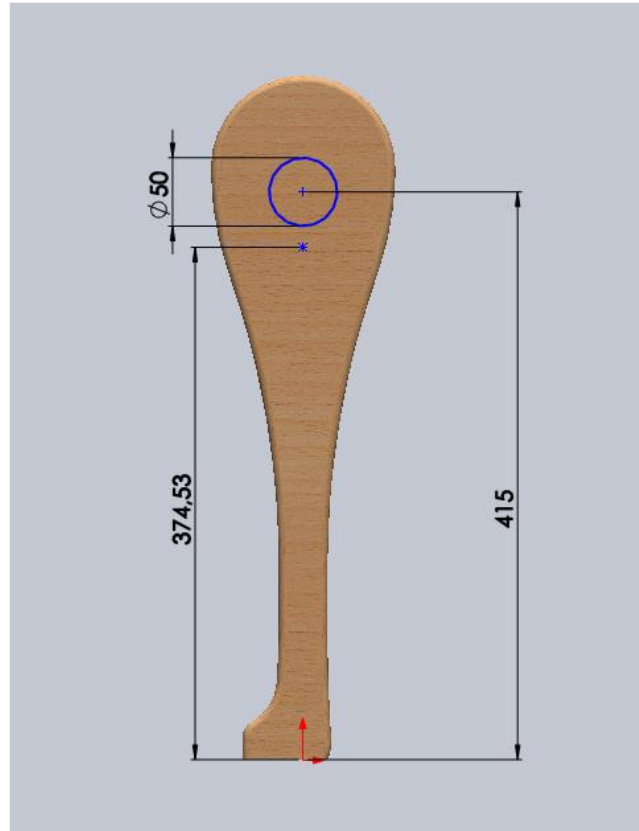
Del Momento de Inercia se concluyó que contra mayor Momento de Inercia, mayor esfuerzo costará mover la Pala, y por tanto menor velocidad de la pelota se obtendrá.

Centro de masas

Del centro de masas se concluyó que contra más alto estuviera, mayor Momento de Inercia tendríamos, pero menor pérdida de energía se tendría en la rotación de la Pala sobre sí misma.

Centro de percusión

El centro de percusión es un punto en el que al impactar la pelota en él, no se produce una fuerza de reacción en el agarre. Se calculó este punto para el diseño actual (374,53mm), y se vio que no coincidía con la zona de impacto.



Coefficiente de restitución

Se dijo que con una Pala más rígida, mayor Coeficiente de restitución tendremos.

Nodo de vibración

Se dijo que es un punto en el que no hay vibración de la Pala pero no se supo determinar dónde estaba.

6.2. Nuevo diseño

Con el análisis de las variables que afectan a las prestaciones de la Pala, se fijaron los objetivos del nuevo diseño. La idea era realizar una Pala con:

- Masa: más baja
- Momento de Inercia: más bajo
- Centro de masa: más alto
- Centro de percusión: más alto

Nuestro objetivo con esta idea era obtener una Pala que se manejara más fácilmente y se obtuviera una mejor salida de la pelota.



Y la decisión fue realizar una estructura de un material compuesto de polímero reforzado con Fibra de carbono, que aportara ligereza y resistencia, y una zona de impacto, el corazón, que diera unas prestaciones similares, por lo que se decidió conservar la madera de Haya.

Tras una serie de diseños deshechos, el diseño definitivo fue este:





Y las propiedades del nuevo diseño se ven en la tabla siguiente, comparados con el actual diseño.

	<u>ACTUAL</u>	<u>NUEVO</u>
		
Masa (g)	584,74	432,47
Centro de masa (mm)	316,35	373,88
Momento de Inercia (g*mm²)	69281287,83	65025108,57
Centro de percusión (mm)	374,528	402,154
Resistencia	Regular	Muy buena
Rigidez	Menor	Mayor

Vemos que conseguimos un descenso de masa y del Momento de Inercia, por lo que tenemos una Pala más manejable, y a la vez subimos el Centro de percusión a la zona agradable de impacto, subimos el centro de masa y aumentamos la rigidez, por lo que obtendremos mejores salidas de la pelota.

7. KEVLAR

Antes de pasar a fabricar nuestro nuevo diseño, en este apartado se va a hablar del Kevlar. Hemos pensado en este material para añadirlo a la estructura y acabar con un problema de seguridad que existe en el actual modelo y que pensamos que va a existir también en el modelo con sólo fibra de carbono y que explicamos a continuación. Hablaremos también de las propiedades de este material y lo comparamos con la Fibra de Carbono.

7.1. Introducción: Problema de seguridad

El problema de seguridad que existe está ligado a la rotura de la Pala.

El problema en el modelo actual es que cuando la Pala se rompe por el impacto de un pelotazo, una parte de la Pala se desprende del resto y sale disparada en cualquier dirección, normalmente hacia delante. Este trozo además normalmente suele tener una parte punzante, ya que el trozo que se desprende corresponde más o menos con media Pala hasta la unión con el mango, donde acaba en forma puntiaguda. Existe por tanto el peligro de que cuando esto sucede, este trozo impacte en alguno de los jugadores que en ese momento se encuentran en la trayectoria, lo cual no es nada anormal, y por tanto puede causar lesiones graves.

En nuestro nuevo modelo con fibra de carbono pensamos que este problema puede persistir. En el caso de que en nuestro nuevo modelo sea el corazón el que se fracture, no va a suceder el desprendimiento del trozo de manera descontrolada, ya que en primer lugar, el corazón está compuesto por dos mitades, por lo tanto si se fractura una, la otra normalmente va a estar intacta e inmóvil en su sitio, y en segundo lugar, el polímero utilizado funciona como adhesivo entre la estructura y el corazón, y aunque este último se fracture, aún va a seguir unido a la estructura. Sin embargo, si se da la rotura de la estructura, puede pasar parecido al modelo actual y desprenderse un trozo descontroladamente, por ello la búsqueda de una solución.

7.2. Kevlar

7.2.1. Historia y aplicaciones

La primera fibra de aramida (para-aramida) surge, en los inicios de la década de los 70, como consecuencia de los trabajos de Stephanie Kwolek y colaboradores en DuPont.

Comercializada bajo el nombre de Kevlar, sus primeras aplicaciones fueron el refuerzo de neumáticos y de polímeros.

Las características de ligereza, alta resistencia mecánica y elevada tenacidad han permitido su utilización en numerosos sectores (materiales compuestos, sustitución del asbesto, fabricación de cables y tirantes para sujeción de diversos tipos de estructuras, protección antibalística, tejidos y ropas de protección personal...).

7.2.2. Composición y anisotropía

El Kevlar es una poliamida aromática denominada poli-(parafenileno tereftalamida), o PPTA, que se puede formular como:

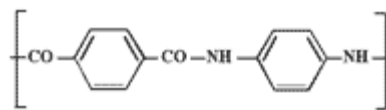


Fig. 7.1.: Fórmula de las macromoléculas de Kevlar.

Los anillos aromáticos confieren rigidez a las macromoléculas. En la Figura 7.2.a se indica como las macromoléculas de PPTA, que se encuentran unidas por enlaces por puentes de hidrógeno, forman hojas planas rígidas. Éstas se ordenan en forma de sistema radial de láminas plegadas axialmente (Figura 7.2.b), constituyendo las fibras que presentan una marcada anisotropía.

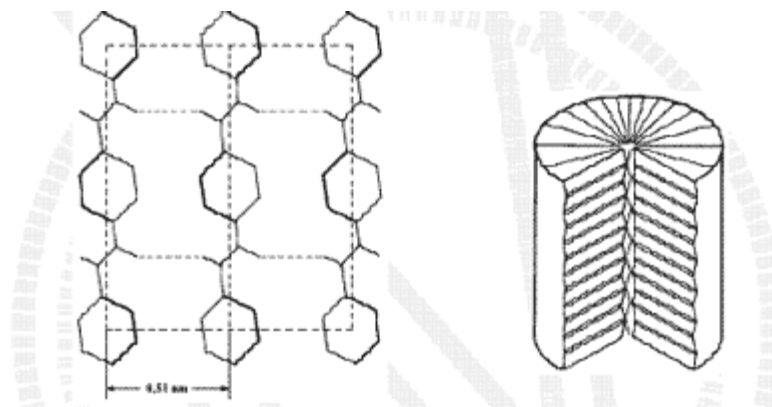


Fig. 7.2.: a) Macromoléculas de poli-p-fenileno tereftalamida; b) Esquema de la estructura de las fibras de Kevlar 49.

Los procesos utilizados para fabricar estas fibras originan una orientación de las macromoléculas paralelamente al eje de la fibra, con la consiguiente mejora de las propiedades mecánicas en esa dirección. También, la estructura de las fibras es la responsable de la escasa resistencia a la compresión que exhiben estos materiales.

7.2.3. Propiedades

Las características destacadas, y comunes, a las diferentes fibras de Kevlar se pueden resumir en:

- Alta relación resistencia mecánica/peso.
- Rigidez estructural (elevado módulo de Young y bajo alargamiento a la rotura).
- Elevada tenacidad. Resistencia a la fatiga.
- Rotura dúctil, no frágil como las fibras de vidrio y de carbono.
- Son aislantes eléctricos.
- Alta resistencia química. Tolerancia general al deterioro ambiental, aunque la radiación ultravioleta puede degradar el material.
- Pequeña contracción térmica.
- Excelente estabilidad dimensional.
- Alta resistencia al corte.
- Elevado grado de estabilidad térmica (temperatura de descomposición, en aire: 425 °C).
- Baja conductividad térmica.

La Figura 7.3. reúne algunas propiedades de los tipos de fibras Kevlar más habituales, denominados 29, 49 y 149.

Propiedad	Kevlar 29	Kevlar 49	Kevlar 149
Densidad (g/cm ³)	1,44	1,44	1,47
Diámetro de la fibra (μm)	12	12	12
Módulo de Young (GPa)	83	131	179
Resistencia a la tracción (GPa)	3,6	3,6-4,1	3,4
Alargamiento a la rotura (%)	4,0	2,8	2,0

Fig.7.3.: Valores de propiedades para fibras de Kevlar.

7.3. Propiedades de la Fibra de Carbono

Las fibras de carbono se suelen clasificar atendiendo a dos criterios: tipo de precursor y valor de su módulo de elasticidad. De acuerdo con el segundo criterio se distinguen cinco clases, o calidades, de fibras: SM (“Standard modulus”), UHM (“Ultra-high modulus”), HM (“High modulus”), HT (“High tenacity-high strength”) o IM (“Intermediate modulus”), y LM (“Low modulus”).

Las Figuras 7.4. y 7.5. recogen diversas propiedades para fibras obtenidas de diferentes precursores y con distintos grados de calidad. La anisotropía del refuerzo queda

reflejada en la Figura 7.6., que muestra los valores del módulo de Young en direcciones axial y transversal para cinco fibras seleccionadas.

Propiedad	Fibras SM ^a	Fibras SM ^b	Fibras IM ^b	Fibras HM ^b
Contenido en carbono (%)	95	95	95	>99
Diámetro de la fibra (µm)	6-8	6-8	5-6	5-8
Densidad (gtm)	1,8	1,8	1,8	1,9
Módulo de Young (GPa)	228	220-241	290-297	345-448
Resistencia a la tracción (MPa)	3800	3450-4830	3450-6200	3450-5520
Alargamiento a la rotura (%)	1,6	1,5-2,2	1,3-2,0	0,7-1,0
Resistividad eléctrica (µ_cm)	1650	1650	1450	900
Conductividad térmica (W/m.K)	20	20	20	50-80

(a) fibras para usos generales; (b) fibras para aplicaciones aeroespaciales

Fig.7.4.: Valores de propiedades para fibras obtenidas a partir de PAN como precursor.

Propiedad	Fibras LM	Fibras HM	Fibras UHM
Contenido en carbono (%)	>97	>99	>99
Diámetro de la fibra (µm)	11	11	10
Densidad (gtm)	1,9	2,0	2,2
Módulo de Young (GPa)	170-241	380-620	690-965
Resistencia a la tracción (MPa)	1380-3100	1900-2750	2410
Alargamiento a la rotura (%)	0,9	0,5	0,4-0,27
Resistividad eléctrica (µ_cm)	1300	900	220-130

Fig.7.5.: Valores de propiedades para fibras “pitch”.

Propiedad	Fibra 1	Fibra 2	Fibra 3	Fibra 4	Fibra 5
Módulo de Young axial (GPa)	230	250	390	390	380
Módulo de Young transversal (GPa)	40	20	21	12	21

Fig.7.6.: Variación del módulo de Young según la dirección considerada en fibras de carbono

7.4. Comparativa de fibras de carbono y de aramida

La elección de un tipo de fibra para una aplicación determinada dependerá de los requerimientos exigidos. La comparación de sus propiedades mediante diagramas o tablas constituye un elemento útil en la elección de las fibras para un uso dado. Ejemplo de ello son la Figura 7.7., que representa resistencia a la tracción y módulo elástico específicos para diferentes fibras, y la Figura 7.8., que incluye una calificación de estos materiales en relación con diversas propiedades. Esta clasificación se gradúa desde el valor A, que indica un comportamiento bueno de la fibra frente a ese parámetro, al valor C indicador de que es mediocre o malo.

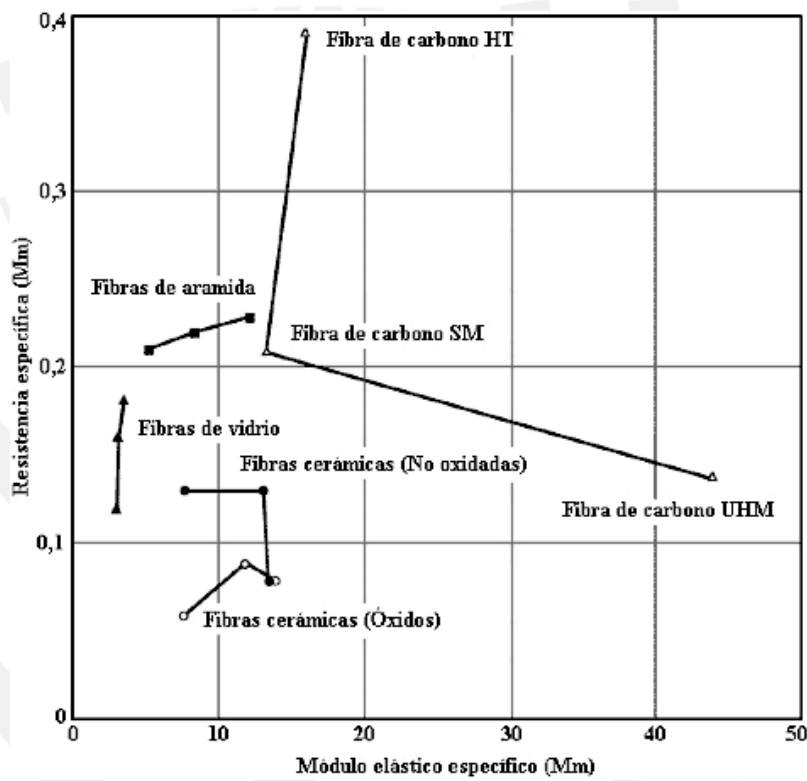


Figura 7.7.: Resistencia a la tracción y módulo elástico específicos para diferentes fibras.

Propiedad/parámetro	Vidrio	Carbono	Aramida
Densidad	C	B	A
Resistencia a la tracción	B	A	B
Módulo elástico en tracción	C	A	B
Resistencia a la compresión	B	A	C
Módulo elástico en compresión	C	A	B
Resistencia a la flexión	B	A	C
Módulo elástico en flexión	C	A	B
Resistencia al impacto	B	C	A
Resistencia a la fatiga	C	A	B
Dilatación térmica	A	A	A
Resistencia al fuego	A	C	A
Aislamiento térmico	B	C	A
Aislamiento eléctrico	A	C	B
Coste	A	C	C

Fig.7.8.: Comparación de fibras según su comportamiento ante diversos parámetros.

7.5. Conclusiones

Las fibras de carbono sobresalen por poseer un excelente conjunto de propiedades mecánicas que superan, en general, a las presentadas por las fibras de aramida. Estas últimas destacan por su baja densidad, su resistencia al impacto y su comportamiento como aislantes térmicos.

Debido a la mayor resistencia al impacto que ofrece el Kevlar frente a la Fibra de Carbono, pensamos que es una buena idea añadir fibras de Kevlar también al material compuesto de la estructura, por tanto realizar una estructura con resina epoxi y fibras de carbono y kevlar. Las fibras de Carbono nos aportarán mayor rigidez y las de Kevlar mayor absorción de energía del impacto, por lo que en caso de que las de Carbono se rompieran, las de Kevlar aguantarían sin romperse y no se desprendería el resto de Pala descontroladamente, y por tanto, solventando el problema mencionado.

8. FABRICACIÓN

El primer paso que vamos a dar en este proyecto es fabricar la Pala.

Para fabricar la Pala se mecanizará el corazón de madera en dos mitades y se creará un molde con la geometría de la Pala. En este molde se introducirán el corazón y los tubos de fibra de carbono y Kevlar, a los que una vez cerrado el molde se introducirá presión para que adopten la forma. El curado se realizará en el horno.

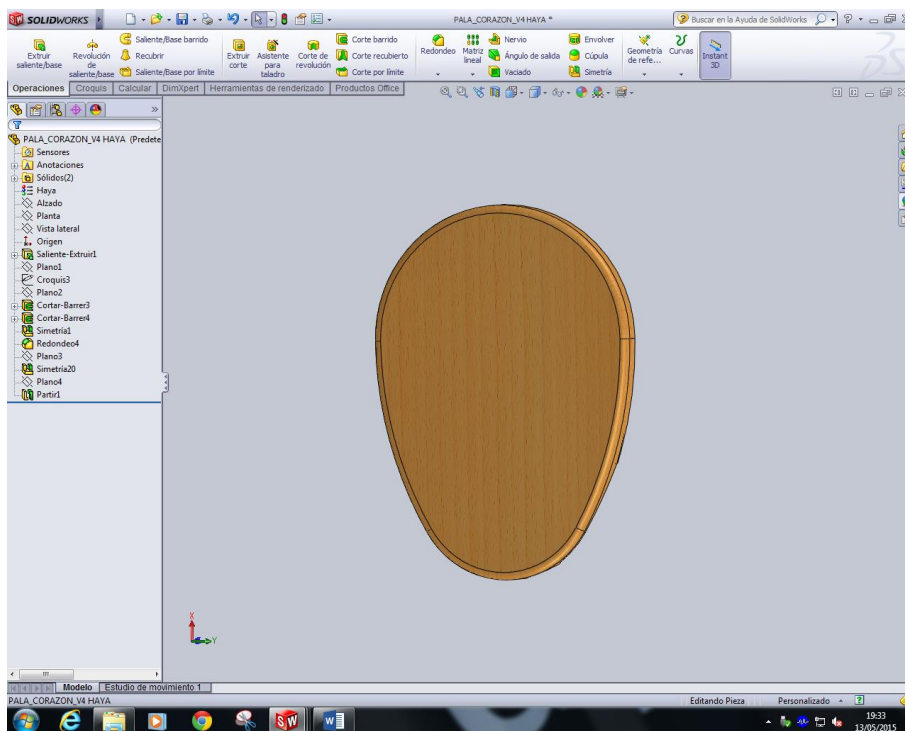
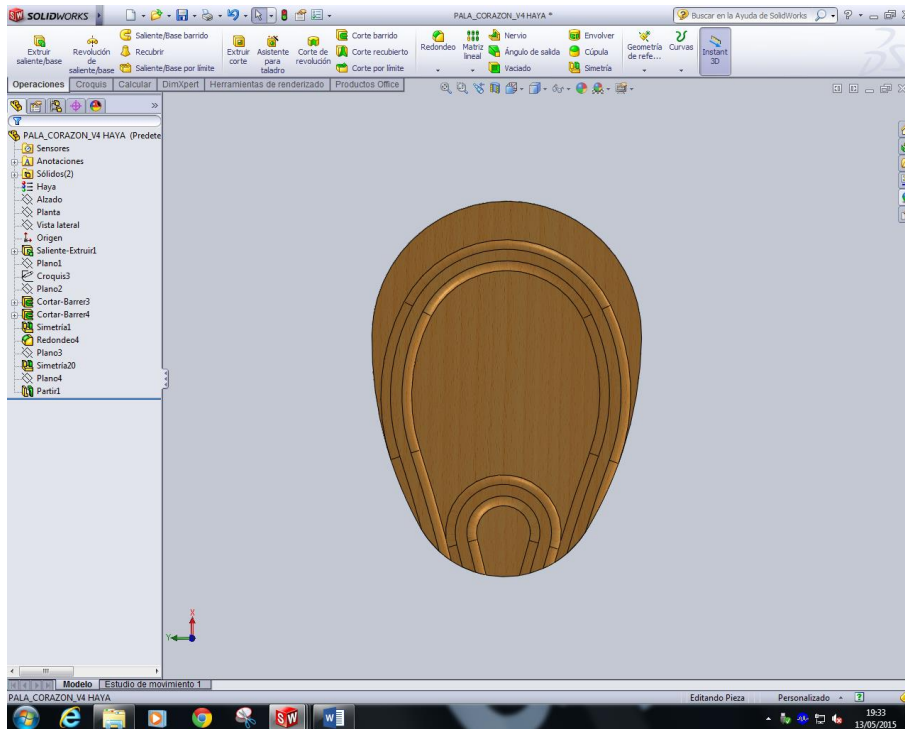
A continuación detallamos el proceso.

8.1. Mecanizado del corazón

El corazón de madera de Haya lo vamos a realizar en dos mitades simétricas e iguales. Para realizarlas las vamos a mecanizar en el pantógrafo de la marca “XYZ Automation Inc.” Modelo Millenium que se ve en la siguiente imagen.



Para mecanizar las dos mitades, guardamos la pieza siguiente en formato “stl.”



Con esta misma pieza realizamos las dos mitades, que son iguales.

La abrimos en el simulador de mecanizado “VisualMILL6.0” de “MecSoft Corporation” con la Versión1.0.6.0. y ajustamos las estrategias de mecanizado. A continuación se envía el programa de control numérico al pantógrafo para el mecanizado.

Terminado el proceso de mecanizado de la primera mitad, repetimos el proceso para la segunda mitad.

Por último se lijan las dos mitades del corazón con herramientas de lijado para dejarlas sin aristas cortantes y totalmente lisas y sin ninguna marca del mecanizado.



La pieza terminada es la que se ve a continuación.

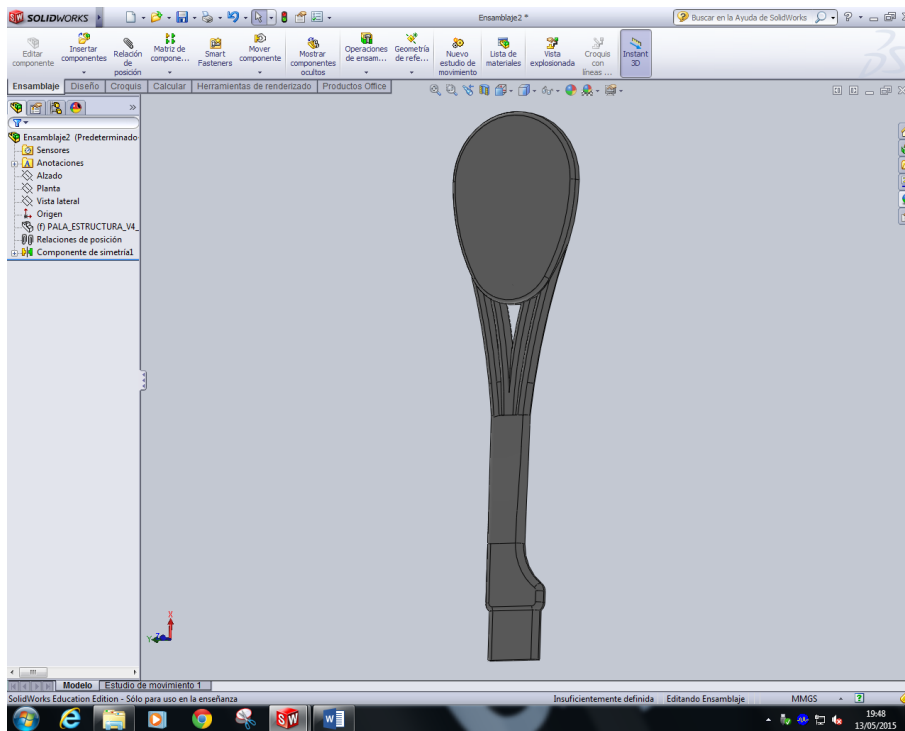
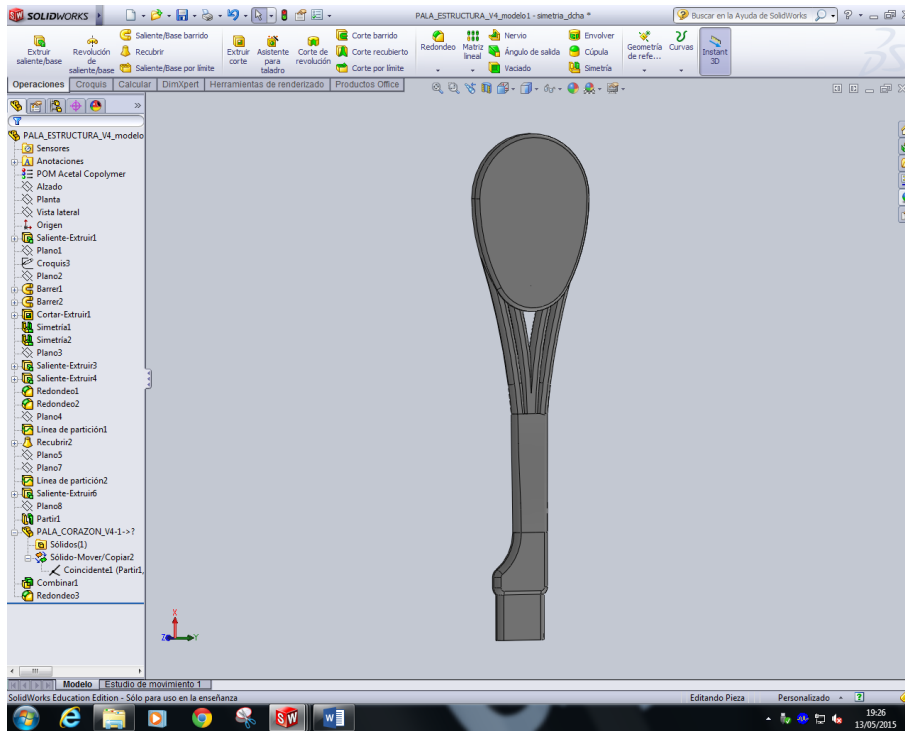


8.2. Fabricación del molde

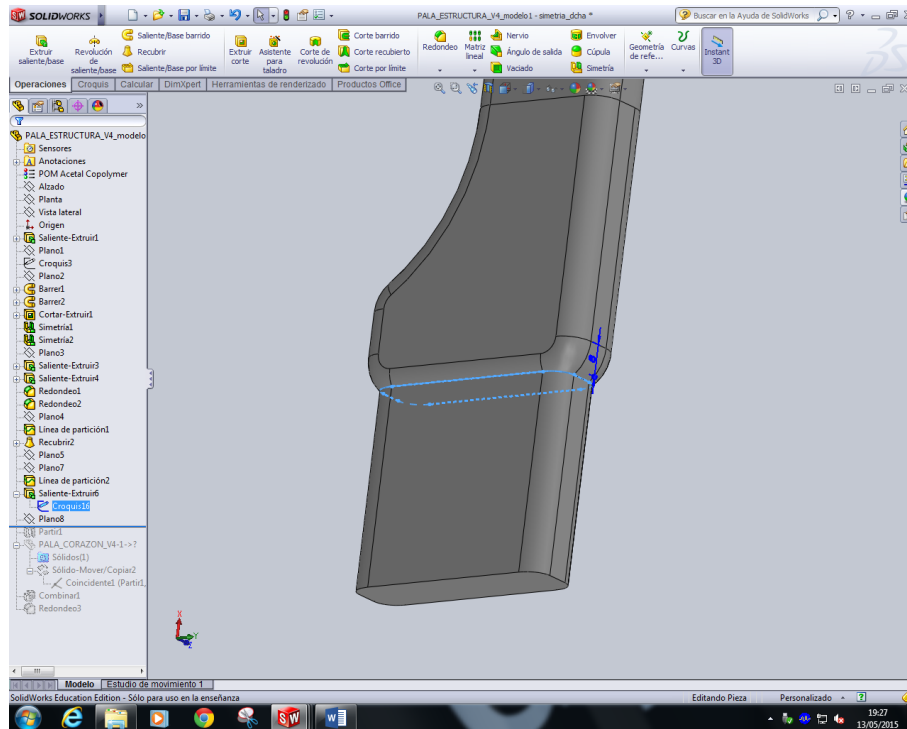
El molde lo vamos a hacer de silicona. Para hacerlo necesitamos primero un prototipo de la Pala que lo haremos de madera. Además de la silicona crearemos unas cáscaras de fibra de vidrio y resina poliéster que unan los moldes la silicona. Por último creamos un bastidor para mejorar el apriete.

8.2.1. Prototipo de madera

Para realizar el prototipo de madera lo vamos a mecanizar, como el corazón, en el pantógrafo. Y también como el corazón, lo realizamos en dos mitades simétricas. Por tanto de nuestro nuevo diseño de Pala, creamos dos archivos “stl”, uno con cada mitad, como se ve en la siguiente imagen.



Además, como vemos, le hemos añadido en la parte inferior una extensión que llamamos caja de conexiones, que nos servirá como zona para anudar los tubos, y en la que caerá la resina sobrante y que por tanto al final cortaremos.



Igual que el corazón, para mecanizar abrimos los archivos en el simulador de mecanizado “VisualMILL6.0” de “MecSoft Corporation” con la Versión1.0.6.0. y ajustamos las estrategias de mecanizado. A continuación se envía el programa de control numérico al pantógrafo para el mecanizado.

Terminado el mecanizado de las dos mitades, se procede a su unido mediante varios tornillos para su lijado conjunto.

Reajustamos el mango lijándolo para dejarlo con la forma deseada, más parecida a la de la Pala actual.

Una vez que tenemos el prototipo se le da una imprimación tapaporos para tapar poros y que en el molde no salgan imperfecciones. El resultado es este.



8.2.2. Molde de silicona

Para realizar el molde de silicona, primero vamos a realizar una mitad del molde. Por ello se separa el prototipo en las dos mitades y se coge una de ellas. La ponemos en una tabla unida con cinta de doble cara, como muestra la imagen.



Preparamos un tablero que haga de tope para el líquido de la silicona. Una vez vertido el líquido y catalizado, el resultado es este.



Retiramos el tablero.



8.2.3. Cáscara

A continuación realizamos la cáscara para esta mitad del molde. La cáscara se realiza para unir las dos mitades del molde. Concretamente haremos un bastidor de madera que sirva de apriete de las dos mitades, y para poder apretar hacemos estas cáscaras compuestas de fibra de vidrio y resina de poliéster.

La manera de proceder es siempre la misma, se coloca una capa de fibra de vidrio y se impregna todo con resina de poliéster mediante una brocha. Así se va colocando capa tras capa. Se va impregnando todo desde el centro hacia los extremos sacando el aire

del interior. Es de suma importancia hacer que la fibra adopte la forma del molde en la parte del corazón y en todas las zonas curvas.

La cáscara al finalizar el proceso tiene el siguiente resultado.



La cual al catalizar queda así.



Y el resultado de una mitad del molde con su cáscara es este.



8.2.4. Segunda mitad del molde

A continuación vamos a realizar la segunda mitad del molde. Para ello, partiendo de esta primera mitad, colocamos el prototipo, esta vez entero dentro del molde, utilizamos el mismo tablero que habíamos usado antes para verter la silicona, lo amarramos bien a la cáscara con unos tableros y vertemos la silicona. Con esto tendremos la segunda mitad del molde de silicona, con este resultado.



Retiramos el tablero y realizamos la segunda cáscara de igual manera que la anterior. Terminada se pone peso para que queden las dos cáscaras bien unidas.

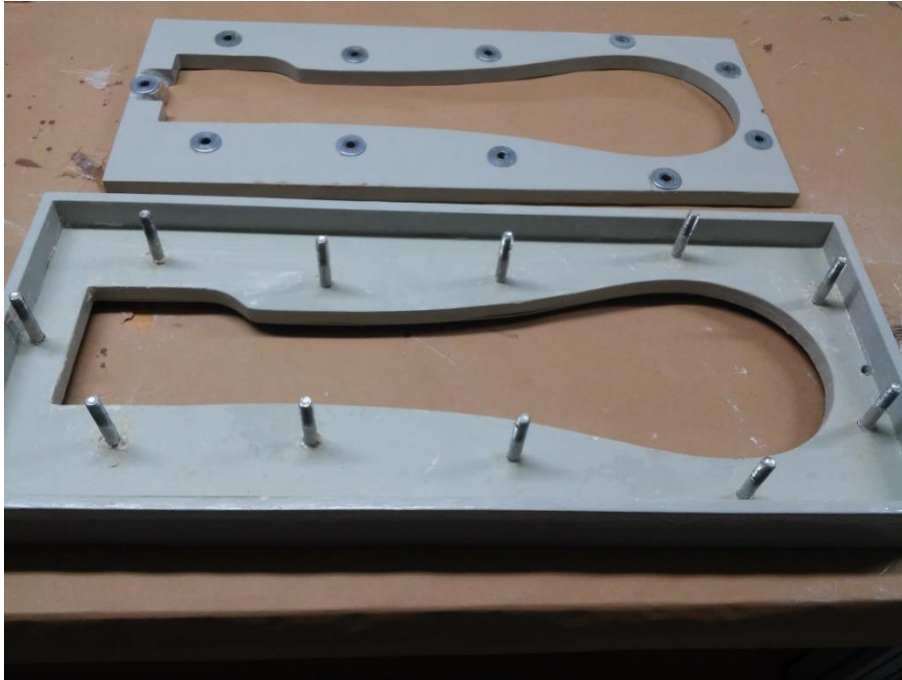


Se recorta el material sobrante para dejar una cáscara rectangular.

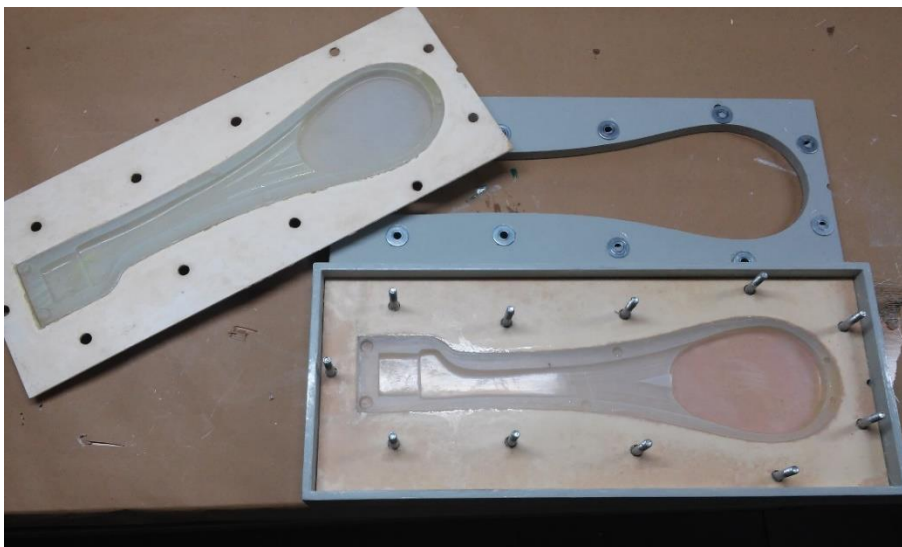


8.2.5. Bastidor

El último paso en la fabricación del molde es realizar el bastidor con el que apretaremos el molde. El bastidor lo realizaremos de madera y tiene que tener dos partes, una la base y otra la tapa que cierra y que aprieta el molde mediante unos tornillos que traspasan el bastidor. Las dos llevan los dos huecos para que encajen las cáscaras. El bastidor se ve en la siguiente imagen.



Por tanto ya tenemos preparado el molde que utilizaremos para que la Pala adopte la forma. En la siguiente imagen se aprecian todos los componentes del molde.



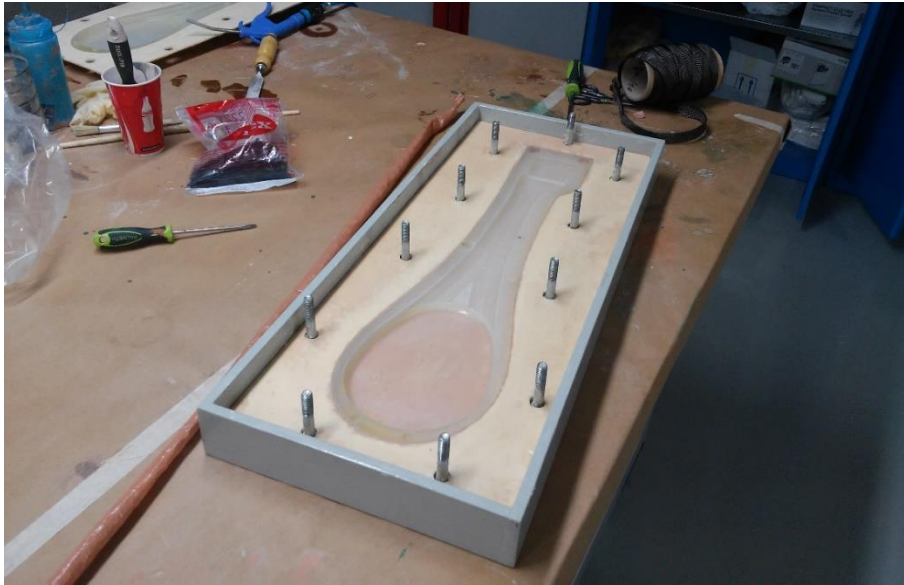
8.3. Montaje, presión y curado

Para realizar la Pala se requiere que la estructura adopte la forma del molde.

La estructura la vamos a realizar de un material compuesto por resina epoxi y fibra de carbono y kevlar. La fibra de carbono y el kevlar los tenemos ya comercializados en vendas tubulares.

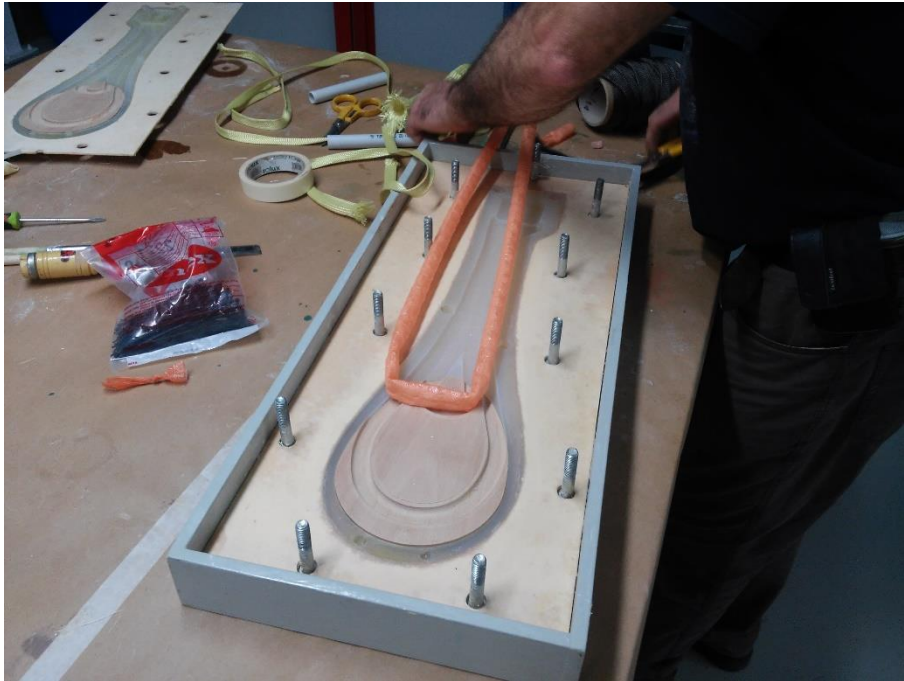


Para que estos tubos adopten la forma del molde, hay que introducirles presión. Para ello obtenemos unos tubos que introducimos en el interior de los de fibra de carbono y kevlar que son los que llevan el aire a presión en su interior. En la imagen siguiente se aprecia, es el naranja.



Colocamos las dos piezas del corazón, una en cada mitad del molde.





Se introduce en el molde los tubos que vienen del compresor. Previamente se han hecho unos agujeros con un taladro que atraviesan el molde hasta la caja de conexiones.



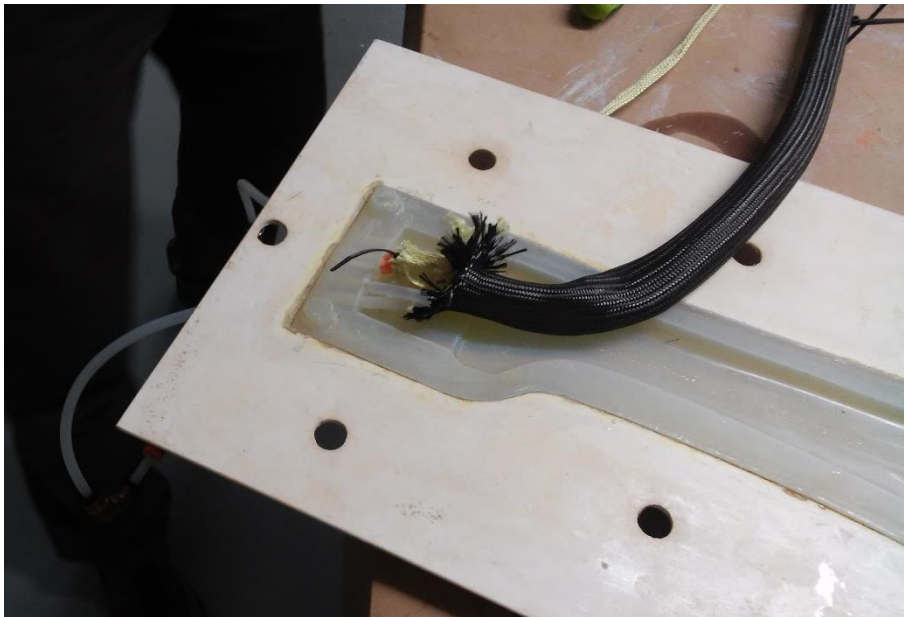


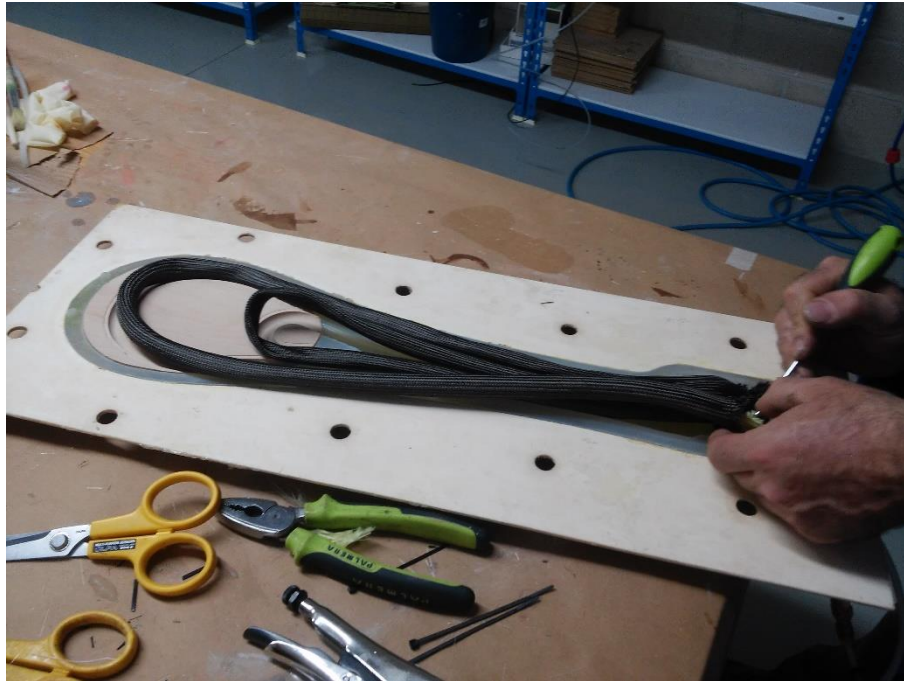
Se introducen las vendas tubulares de kevlar y fibra de carbono, en este orden, en el tubo de presión. El número de vendas tubulares que vamos a poner a esta pala es 5. Para el tubo interior de la Pala una de kevlar y dos de fibra de carbono, y para el exterior una de kevlar y una de fibra de carbono.





Fijamos mediante bridas los tubos de fibras a los tubitos del compresor.





Se prepara la mezcla de la resina epoxi con su correspondiente catalizador en las proporciones determinadas por el fabricante.



Se vierte la mezcla en un nuevo envase y se impregnan los tubos y el corazón con esta mezcla.



Se colocan los tubos en el lugar del molde correspondiente.



Se coloca la otra mitad del corazón con cuidado para que encajen los tubos en las ranuras.



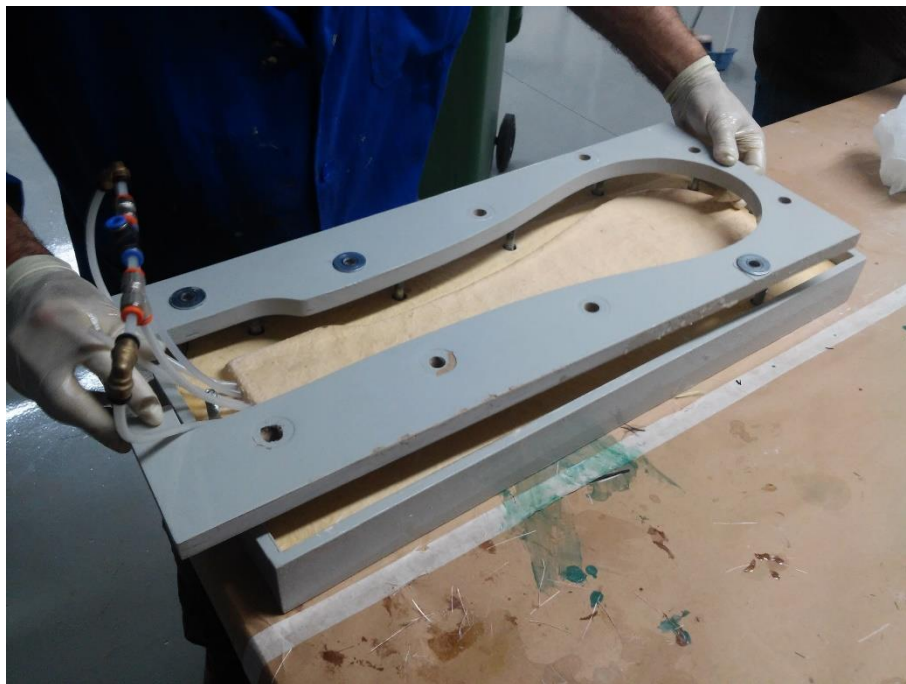
Se coloca la otra mitad del molde de silicona.



Se cierra el molde con la cáscara.



Se coloca en el bastidor, el cual se cierra y se atornilla.





Se une el tubo del compresor a los tubos que entran en el molde y se introduce una presión de 2 bar.



Se observa cómo va saliendo resina sobrante por el tubo de escape.



Por último introducimos todo al horno a 46 °C para ayudar al curado durante dos días.



8.4. Acabado

A los dos días sacamos todo del horno, abrimos el molde y obtenemos nuestra Pala ya curada.



Sin embargo necesita un proceso de acabado para dejar la Pala en condiciones de uso. En esta Pala no vamos a realizar un acabado estético ya que únicamente necesitamos esta Pala para realizar pruebas y ensayos.

Se corta el sobrante de la caja de conexiones y se quita los sobrantes de resina. Por último se hace un lijado para quitar imperfecciones. El resultado de nuestro nuevo modelo de Pala ya fabricado es el que se muestra a continuación.



9. PROPIEDADES Y ENSAYOS EXPERIMENTALES

Una vez que la Pala se ha fabricado, se van a medir las propiedades físicas de esta, y se hacen unas pruebas experimentales de juego, para ver si la Pala cumple con los objetivos esperados.

9.1. Propiedades físicas

Las propiedades físicas que vamos a medir en la Pala son la masa y el centro de masas.

9.1.1. Masa

Para medir la masa, ponemos la Pala en un Peso. Por un lado pesamos la Pala de madera y por otro, la de nuestro nuevo diseño.





Como vemos, la Pala de madera pesa 577 gramos, y la nueva 493 gramos. El nuevo diseño pesa 84 gramos menos, más o menos un 15% menos.

9.1.2. Centro de masas

Para calcular el Centro de masas, fijamos una regla de manera horizontal y con ella vamos a intentar poner la Pala de tal manera que quede en equilibrio, lo que significa que tiene la misma masa a cada lado.





Cuando tenemos la Pala más o menos fijada, marcamos con una raya el punto de equilibrio donde está el Centro de masas. En la siguiente imagen vemos la diferencia entre la Pala de madera y la nueva. Vemos que la nueva tiene el Centro de masas más cerca de la cabeza de la Pala.



9.2. Ensayos experimentales

Los ensayos experimentales consistieron en coger el nuevo modelo de Pala fabricado y la Pala de madera actual, e ir a pelotear con ellas al Frontón. Alternando el peloteo, primero con el nuevo modelo y después con el actual, se hace una mejor comparativa de las prestaciones de ambas.

Las pruebas las realizaron dos jugadores de alto nivel de esta modalidad: Carlos Sola Marcilla e Ibai Barón Aisa:

- **Ibai Barón Aisa**
13/02/1993, Burlada

Palmarés

A nivel internacional:

- Campeón Juvenil Torneo Internacional de Trinquete a Paleta Cuero “Ciudad de Venado Tuerto” (2008).
- Subcampeón Sub-22 Torneo Internacional de Trinquete a Paleta Cuero “Ciudad de Venado Tuerto” (2010).
- Subcampeón a Paleta cuero en el “Campeonato del Mundo Sub-22 Frontón 36m” (2012).
- Tercer clasificado a Paleta Cuero en el “Campeonato del Mundo Sub-22 de Trinquete” (2013).

- Subcampeón Senior a Paleta Cuero F36m en el “I Master de Pelote Basque” de Isla Reunión (2014).

A nivel nacional:

- Subcampeón a Paleta Goma en Frontón 36m “Campeonato de España Infantil” (2006).
- Campeón a Paleta Goma en Frontón 36m “Campeonato de España Infantil” (2007).
- Campeón a Paleta Cuero en Frontón 36m “Campeonato de España Cadete” (2008, 2009).
- Subcampeón a Pala Corta en Frontón 36m “Campeonato de España Juvenil” (2010, 2011).
- Campeón a Paleta Cuero en Frontón 36m “Campeonato de España Sub-22” (2012, 2014).
- Campeón a Pala Corta en Frontón 36m “Campeonato de España Sub-22” (2014)
- Subcampeón a Paleta Cuero Trinquete “Open de España Absoluto” (2014).

A nivel autonómico:

- Subcampeón Sénior a Paleta Cuero Trinquete “Campeonato Navarro de Clubs” (2009).
- Campeón Sub-22 a Paleta Cuero Frontón 36m “Campeonato Navarro de Clubs” (2010).
- Subcampeón Sub-22 a Paleta Cuero Frontón 36m “Campeonato Navarro de Clubs” (2011).
- Subcampeón Segunda Categoría Sénior a Pala Corta Individual Frontón 36m “Campeonato Navarro de Clubs” (2012).
- Campeón Segunda Categoría Sénior a Paleta Cuero Individual Frontón 36m “Campeonato Navarro de Clubs” (2012).
- Campeón Primera Categoría Sénior a Paleta Cuero Individual Frontón 36m “Campeonato Navarro de Clubs” (2013).
- Campeón Sénior de Primera a Paleta Cuero Trinquete “Campeonato Navarro de Clubs” (2014).

Otros:

- Campeón Juvenil de “Paleta Tour Trinquet Ville de Pau” (2009).
- Campeón Sub-22 a Paleta Cuero Frontón 36m “Torneo San Fermín Txikito” (2012).

- Campeón a Paleta Cuero Frontón 36m “Torneo San Fermín Txikito” (2014).
- Campeón Juvenil a Paleta Cuero Trinquete “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2008, 2009, 2010).
- Campeón Cadete a Paleta Cuero Frontón 36m “Euskal Herriko Kluben Arteko Txapelketa” (2009).
- Campeón Juvenil a Paleta Cuero Frontón 36m “Euskal Herriko Kluben Arteko Txapelketa” (2010, 2011).
- Campeón Juvenil a Pala Corta Frontón 36m “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2010, 2011).
- Campeón Sub-22 a Pala Corta Frontón 36m “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2012).
- Campeón Sub-22 a Paleta Cuero Trinquete “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2013).
- Campeón Sub-22 a Pala Larga Frontón 36m “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2014).

- **Carlos Sola Marcilla**

01/05/1990, Pamplona

Palmarés

A nivel internacional:

- Campeón Juvenil Torneo Internacional de Frontón 36m a Paleta Cuero “Navarra-Reunión” (2008).
- Subcampeón Senior Torneo Internacional de Trinquete a Paleta Goma “Juegos del Alba”(2009).
- 5º puesto a Paleta Goma en el “Campeonato del Mundo Sub-22 de Trinquete” (2009).
- 3er puesto Sub-22 Torneo Internacional de Frontón 36m a Paleta Cuero “Navarra-Reunión” (2012).

A nivel nacional:

- Subcampeón a Pala Corta en Frontón 36m “Campeonato de España Juvenil” (2008).
- Subcampeón a Paleta Goma Trinquete “Open de España Absoluto” (2009).
- Campeón a Paleta Cuero en Frontón 36m “Campeonato de España Sub-22” (2011).

- Semifinalista a Paleta Cuero en Frontón 36m “Campeonato de España de Clubs” (2014).

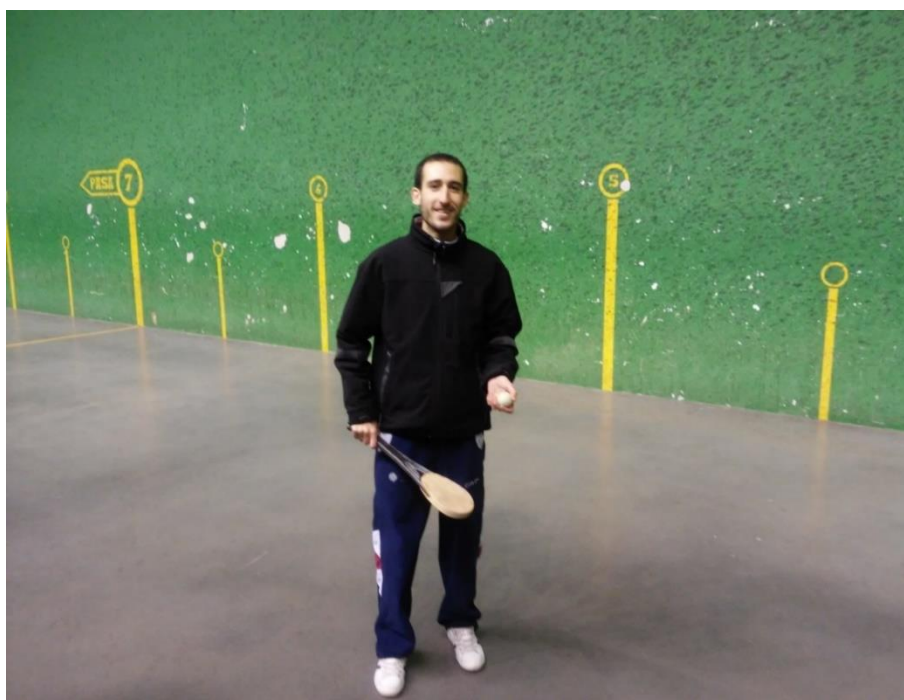
A nivel autonómico:

- Subcampeón Segunda Categoría Senior a Paleta Cuero Frontón 36m “Campeonato Navarro de Clubs” (2007).
- Subcampeón Primera Categoría Senior a Paleta Cuero Frontón 36m “Campeonato Navarro de Clubs” (2012).

Otros:

- Campeón Cadete a Paleta Cuero Frontón 36m “Euskal Herriko Kluben Arteko Txapelketa” (2006).
- Campeón Juvenil a Paleta Goma Frontón 36m “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2007).
- Campeón Juvenil a Pala Corta Frontón 36m “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2008).
- Campeón Sub-22 a Paleta Goma Frontón 36m “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2010).
- Campeón Sub-22 a Paleta Goma Trinquete “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2010).
- Campeón Sub-22 a Paleta Cuero Frontón 36m “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2011).
- Campeón Sub-22 a Paleta Cuero Frontón 36m “Torneo G.R.A.V.N. Federaciones” (2012).

A continuación mostramos unas imágenes de las pruebas.







9.2.1. Conclusiones

De las pruebas realizadas se sacaron las siguientes conclusiones:

- Era perceptible el descenso de la masa del nuevo diseño, y su distribución de masa más alto.
- El punto dulce del nuevo diseño sigue estando en la misma zona o muy similar que en el actual.
- La velocidad de la pelota obtenida no sabríamos diferenciar claramente con cuál de las dos es mayor.

- La conclusión más determinante y poco satisfactoria es que percibimos que cuando no golpeabas en el punto dulce de la Pala, las vibraciones que se producían eran mayores que en el actual diseño. Esto crea una sensación muy mala cuando no golpeas en el punto dulce.
- Se dedujo de las vibraciones, que el punto dulce de golpeo es el Nudo de Vibración, el punto en el que no se producen vibraciones en la Pala.

10. VIBRACIONES

En este apartado vamos a estudiar el tema de vibraciones. Se estudia este apartado debido a que es el problema que hay que solucionar del nuevo modelo de Pala.

Las vibraciones que se producen en la Pala en cada impacto se transmiten fuertemente a la mano, producen una sensación muy desagradable y llevan eventualmente a una pérdida de control y a producir dolor.

Lo que vamos a hacer en este apartado es entender qué son las vibraciones en general y concretamente qué son en la Pala, ver los factores de la Pala que influyen en estas, y por último se verán sistemas de absorción de vibraciones que se pueden aplicar a la Pala.

10.1. Definición

Se denomina vibración a la propagación de ondas elásticas produciendo deformaciones y tensiones sobre un medio continuo (o posición de equilibrio).

En física, una onda (del latín unda) consiste en la propagación de una perturbación de alguna propiedad de un medio, por ejemplo, densidad, presión, campo eléctrico o campo magnético, a través de dicho medio, implicando un transporte de energía sin transporte de materia. El medio perturbado puede ser de naturaleza diversa como aire, agua, un trozo de metal e, incluso, inmaterial como el vacío.

Una onda elástica es una perturbación tensional que se propaga a lo largo de un medio elástico.

En su forma más sencilla, una vibración se puede considerar como un movimiento repetitivo alrededor de una posición de equilibrio. La posición de "equilibrio" es a la que llegará cuando la fuerza que actúa sobre él sea cero.

Conviene separar el concepto de vibración del de oscilación, ya que las oscilaciones son de una amplitud mucho mayor. En las oscilaciones, en general, hay conversión de energías cinética en potencial gravitatoria y viceversa, mientras que en las vibraciones hay intercambio entre energía cinética y energía potencial elástica. Además las vibraciones al ser de movimientos periódicos (o cuasiperiódicos) de mayor frecuencia que las oscilaciones suelen generar ondas sonoras lo cual constituye un proceso

disipativo que consume energía. Además las vibraciones pueden ocasionar fatiga de materiales, por ejemplo.

Para pequeñas amplitudes de oscilación el movimiento puede aproximarse razonablemente por un movimiento armónico complejo, con ecuación de movimiento:

$$\mathbf{M}\ddot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{C}\dot{\mathbf{q}}(t) + \mathbf{K}\mathbf{q}(t) = \mathbf{f}(t)$$

Donde:

\mathbf{M} , \mathbf{C} , \mathbf{K} son respectivamente las matrices de masa, amortiguamiento y rigidez del sistema.

$\mathbf{q}(t)$, es un (pseudo) vector de coordenadas generalizadas que representa el movimiento de un conjunto de puntos relevantes del sistema.

$\mathbf{f}(t)$, representa el conjunto de fuerzas excitatrices que generan la vibración.

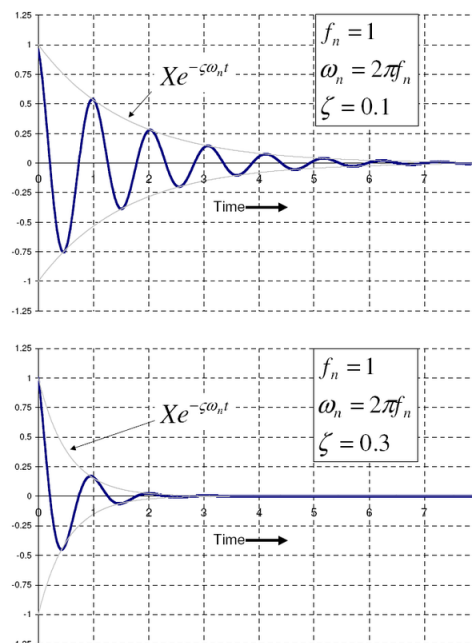


Fig. 10.1.: Ejemplos de vibración de la imagen con su fórmula.

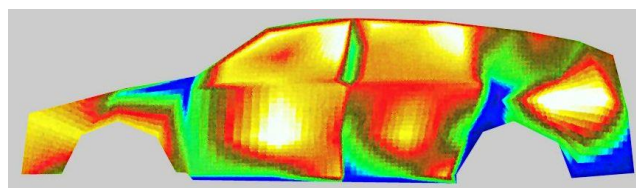


Fig. 10.2.: Amplitud de vibraciones en la carrocería de un auto, originadas en las irregularidades del pavimento.

Todos los objetos vibran cuando se percuten o golpean. Normalmente se pueden ver vibrar, se pueden oír vibrar y se pueden sentir vibrar. Una cuerda de guitarra, violín, o tenis, vibrará cuando sea golpeada, percutida o punteada. Los objetos más pesados como las raquetas de tenis y los bates de beisbol vibran más lentamente y es más difícil oírlos vibrar a menos que se ponga la oreja cerca. Las cuerdas de una guitarra vibran ampliamente 1000 veces en cada segundo, lo que expresamos como 1000 Hz. Los bates y raquetas vibran entre 100 y 200 Hz.

10.2. Vibración en las raquetas de tenis

Una vez vistas las vibraciones en general, vamos a estudiar concretamente las vibraciones en las raquetas de tenis, que es un objeto muy similar a la Pala y nos ayudará a entender las vibraciones en la Pala.

10.2.1. Vibración de una barra homogénea

Para entender las vibraciones de una raqueta de tenis es necesario conocer a grandes rasgos los distintos modelos de vibración en una estructura simple como una barra homogénea.

Los distintos modelos de vibración de una barra son ondas estacionarias que vemos a continuación:

- **Barra sujeta en un extremo**

La forma de vibración de la barra en su modo fundamental, con un solo nodo en su extremo fijo, se muestra en la Fig. 10.3a. En 10.3b y 10.3c se muestra como vibra la varilla en el segundo y tercer modo (con dos y tres nodos, respectivamente, incluyendo el extremo fijo).

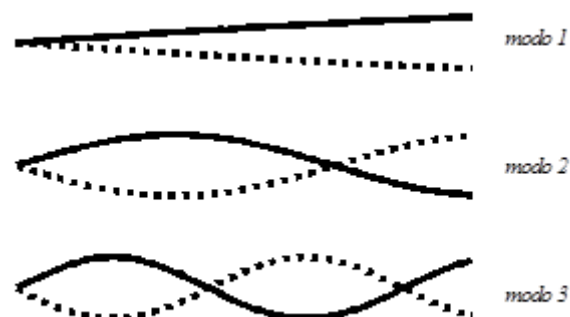


Fig. 10.3.: Los tres primeros modos de vibración de una barra sujeta en uno de sus extremos

Consideremos una barra rectangular de longitud L , altura h y ancho b . El módulo de elasticidad de la barra (módulo de Young) es E y su masa por unidad de volumen o densidad es ρ .

Se puede mostrar, que la frecuencia de las oscilaciones en el modo fundamental o modo 1 viene dada por:

$$f_1 = 0.162 \frac{h}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Las frecuencias f_n de las oscilaciones naturales de los modos 2 y 3 vienen dadas por:

$$f_2 = 6,267 f_1, \quad f_3 = 17,548 f_1$$

- **Barra libre en sus dos extremos**

En la Fig. 10.4 se muestran los tres primeros modos normales de oscilación de una varilla que está libre en sus dos extremos.

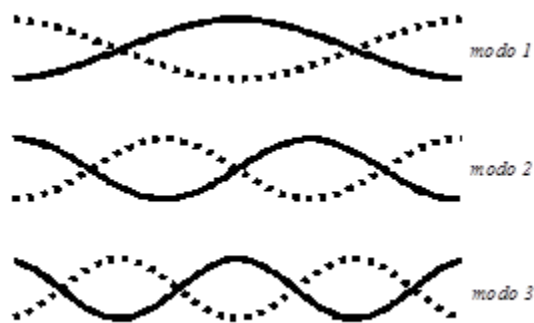


Fig.10.4.: Los tres primeros modos de vibración de una barra libre en sus dos extremos.

La frecuencia del modo fundamental o modo 1 viene dada por:

$$f_1 = 1,028 \frac{h}{L^2} \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

Las frecuencias relativas entre el modo de frecuencia más baja o modo 1 y los modos sucesivos son: 1; 2,76; 5,40; 8,93; 13,35, etc.

10.2.2. Comportamiento de una raqueta

En esta sección vamos a ver cómo vibra una raqueta de tenis. Para ello ya hay unos estudios realizados por Howard Brody que recogió en una memoria, (*Models of Tennis Racket Impacts, Howard Brody*) que se explican a continuación.

Las vibraciones de una raqueta de tenis sujeta por la mano y fijada por el mango son medidas golpeando la raqueta con una pelota y observando el voltaje de salida de una cinta piezoeléctrica pegada en el mango. Las vibraciones en estos dos casos son bastante diferentes. Las vibraciones con la raqueta sujeta con la mano se asimilan a la raqueta libre.

La memoria argumenta que una raqueta libre encaja mucho mejor a la situación de la raqueta sujeta por la mano que una raqueta fija por el mango. Se basa en datos obtenidos usando una cinta fina y flexible piezoeléctrica colocada en el grip para la misma raqueta sujeta por la mano y fijada por el mango. Este dispositivo piezoeléctrico convierte la fuerza aplicada en un voltaje eléctrico, así la señal de salida es un voltaje proporcional a la fuerza en el mango de la raqueta.

Con la raqueta fijada por el mango, puede oscilar de dos maneras. En el modo fundamental (Fig.10.5a) para una raqueta típica la frecuencia de vibración es de 25 a 40 Hz. La raqueta puede también oscilar con una frecuencia mayor (100 a 175 Hz) si se golpea lejos del nodo de vibración (Fig.10.5b).

Con la raqueta libre la frecuencia más baja de vibración (Fig. 10.5c) es de 100 a 175 Hz, parecida a la frecuencia alta de la raqueta fijada por el extremo.

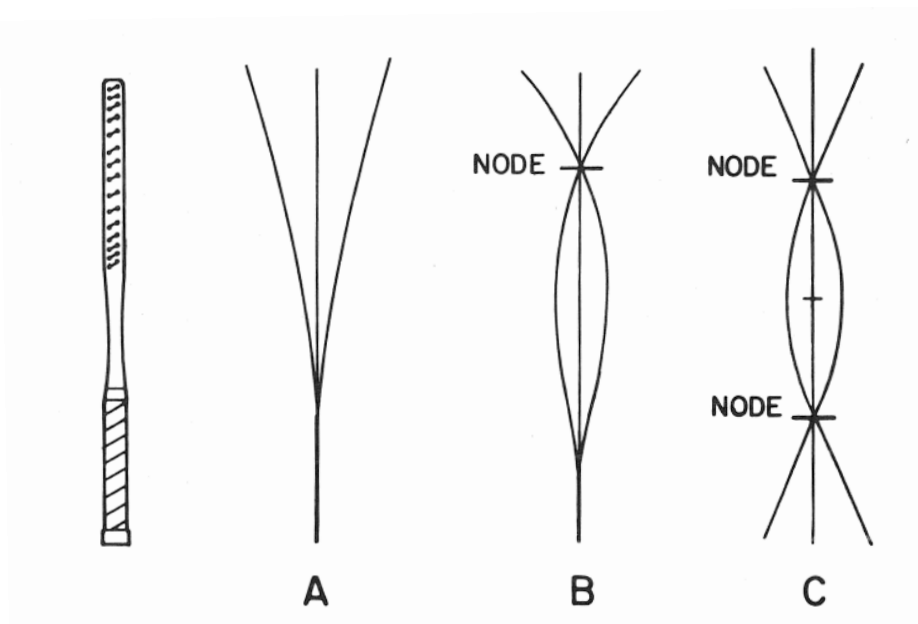


Fig. 10.5.: Vibración de una raqueta de tenis fijada por el mango (a y b) y libre (c).

Ya que la baja frecuencia sólo se encuentra en la raqueta fijada por el mango, si no encontramos esta frecuencia en la raqueta sujeta por la mano, la raqueta fija por el mango no será una buena representación de una raqueta sujeta por la mano.

Una cinta delgada piezoeléctrica se pegó en el grip de una raqueta. La señal resultante, que era proporcional a la fuerza en el mango de la raqueta era emitida en un osciloscopio y fotografiada. Cuando el mango de la raqueta es retenido en el sitio, las fuerzas en el mango de la raqueta son proporcionales al desplazamiento de la cabeza de la raqueta desde su posición de equilibrio, por eso se puede usar para determinar la amplitud y frecuencia de las vibraciones de la raqueta.

Inicialmente se fijó la raqueta por el mango a una mesa con la pieza piezoeléctrica en el mango. Se golpeó en el centro de la cabeza de la raqueta, cerca del nodo (Fig.10.6a), y después cerca de la garganta (Fig.10.6b). La vibración de baja frecuencia es visible en los dos casos, mientras que en el golpeo lejos del nodo se ve la vibración de alta frecuencia superpuesta a la vibración de baja frecuencia. Las Figuras 10.6.c y d muestran la misma raqueta sujeta con la mano y golpeadas en los dos mismos puntos. En ninguno de estos dos casos hay señal de las vibraciones de baja frecuencia, pero la de alta frecuencia es evidente en la Fig. 10.6d.

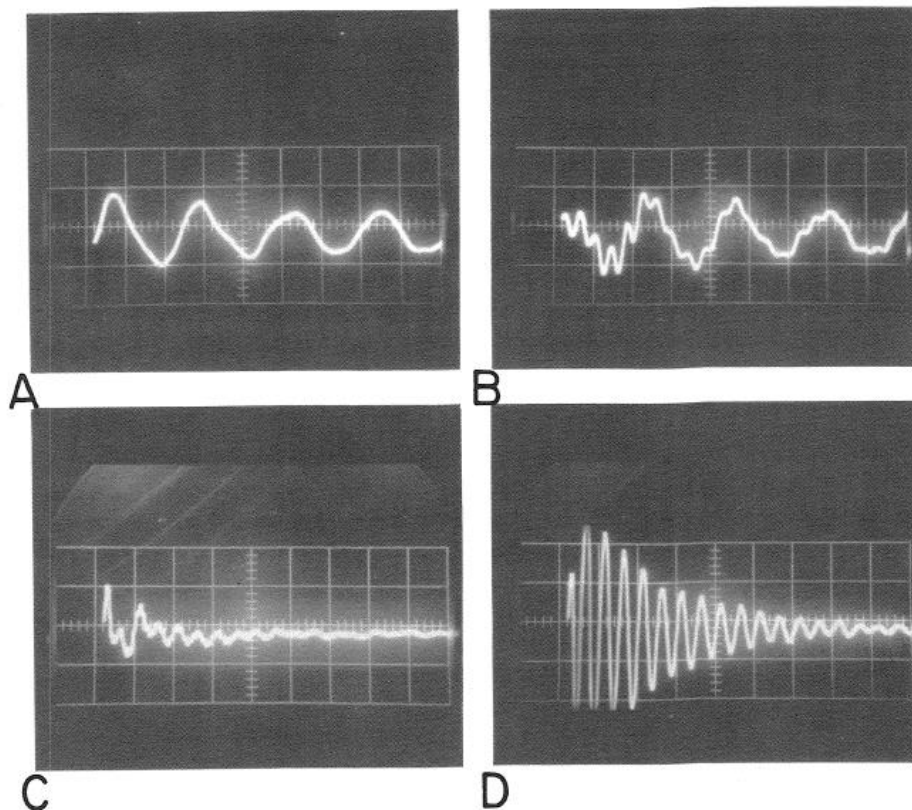


Fig.10.6.: Fuerza frente al tiempo en el mango de una raqueta de tenis; a y b son con la raqueta fijada en el mango, golpeando cerca del nodo (a) y en la garganta de la raqueta (b). Para una raqueta agarrada con la mano y golpeados en los mismos puntos respectivamente (c y d).

Estos datos parecen indicar que las propiedades de vibración de una raqueta fijada por el mango son diferentes que las propiedades cuando se sujeta con la mano. Es posible que la mano y la muñeca no sean lo suficientemente fuertes para fijar el mango y permitir las frecuencias bajas.

10.2.3. Nodo de vibración

Cuando la raqueta le pega a la pelota, la raqueta se arquea por el impacto y luego comienza a vibrar por un periodo corto de tiempo. Estas vibraciones, que se transmiten fuertemente a la mano, producen una sensación muy desagradable, llevando eventualmente a una pérdida de control y en ocasiones producen dolor. Sin embargo, si la pelota impacta en el nodo, esta vibración no se produce. Por esta razón se lo llama punto suave o punto dulce. Cuanto más lejos de este punto pega la pelota es más grande la amplitud de la oscilación y por lo tanto las molestias.

La Fig.10.7 muestra la dependencia de las amplitudes de oscilación sobre el punto de impacto. Si se observa el inicio de estas oscilaciones se advierte que la oscilación cambia de fase cuando el punto de impacto se mueve desde abajo a arriba del nodo.

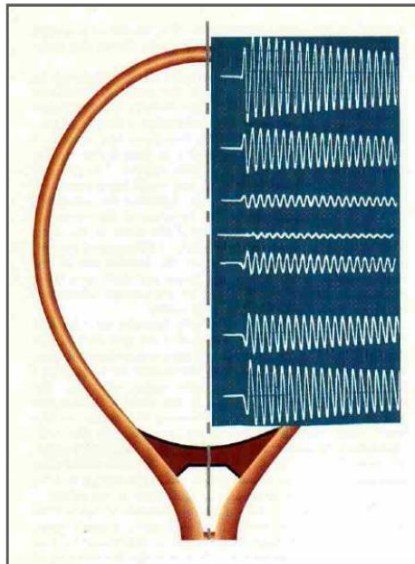


Fig.10.7.: Gráfico de amplitud de vibraciones para una raqueta suspendida libremente según distintas localizaciones de impacto de la pelota en su eje longitudinal.

Para hallar el nodo de vibración de una raqueta y para sentir la amplitud de la oscilación resultante de un impacto en la raqueta no es necesario un equipamiento especial, basta con sujetarla por el extremo de la empuñadura (el otro nodo) con la punta de los dedos y golpear las cuerdas en distintas zonas con una bola sujeta por

la otra mano, al tiempo que acercamos lo más posible el oído a la zona del grip, como se ve en la Figura 10.8.



Fig.10.8.: Rod Cross sujeta una raqueta por la empuñadura con dos dedos mientras golpea con una bola la zona encordada para buscar el nodo de vibración.

10.2.4. Factores

De acuerdo con Yohan Chang, las vibraciones del marco en una raqueta de tenis se derivan de la variación de la energía cinética tras el impacto con la pelota.

Una raqueta debe tener un cierto grado de flexibilidad — lo que permite el curvado del marco y las vibraciones subsecuentes al realizar un tiro —, ya que una raqueta demasiado rígida acabará pasando todo el choque del impacto al brazo del jugador.

A continuación se describen aspectos que pudieran influir en la cantidad de vibración que pasa al jugador cuando golpea la bola.

- **Rigidez**

Las raquetas de tenis rígidas, además de potencia, confieren control direccional. Sin embargo, la rigidez es un parámetro que hará aumentar las vibraciones que la raqueta transmite al brazo del jugador.

Las raquetas de tenis muy flexibles son menos potentes ya que el marco tiende a vencer hacia atrás en el instante del impacto pero absorben mejor las vibraciones.

200 Hz (tonos altos) = Raquetas muy rígidas y ligeras

100 Hz (tonos bajos) = Raquetas muy flexibles y pesadas

- **Masa**

Las raquetas de mayor peso generan menos vibraciones pero conllevan un mayor esfuerzo muscular.

Las raquetas balanceadas (equilibradas) hacia la cabeza transmiten menos vibraciones al jugador.

10.3. Absorción de vibraciones

Otro dato interesante es la resonancia de la frecuencia (prolongación de la vibración en el tiempo). Nos interesa que la resonancia sea lo menor posible.

En igual de condiciones, dos factores que influyen en la resonancia son:

- Masa: Al disminuir la masa incrementa la resonancia.
- Rigidez: Al incrementar la rigidez incrementa la resonancia.

Disminuir la resonancia equivale a absorber las vibraciones.

El aparato que mejor absorbe las vibraciones de la raqueta es la mano humana. Esto se puede observar en la Figura 10.9. que muestra la comparativa de dos representaciones gráficas en las que se aprecia la vibración producida por una raqueta sujeta por una mano mientras es golpeada (trazo de arriba), y la vibración producida por una raqueta suspendida libremente mientras es golpeada (trazo de abajo).

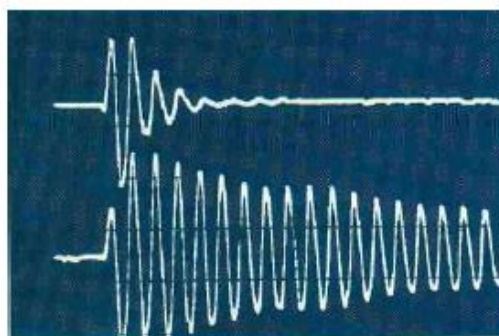


Fig. 10.9.: Comparativa de vibraciones generadas en una raqueta tras el impacto de una bola en una raqueta sujeta por una mano (arriba) y una raqueta suspendida libremente (abajo).

10.3.1. Sistemas de absorción de vibraciones

Es posible mejorar el amortiguamiento de las vibraciones utilizando un material disipador de energía o incorporando un sistema amortiguador especial en el mango de la raqueta. Además de otros sistemas que muchas marcas de raquetas de tenis ya han desarrollado. Estos son algunos:

- **Babolat**

Babolat Cortex



Cortex System
Filters and Dampens Vibrations for Maximum Comfort



Cortex System
Filters out Vibrations to enhance Feel

CORTEX SYSTEM



TECH NOTE

ACTIVE VIBRATION FILTERING FOR FEEL THAT FITS

An interface between the handle and the frame
The two parts of the racquet are actively linked by the C.D.S. (Cortex Damping System) which filters and dampens vibrations interfering with feel, to enhance the feel of the ball.

Modular technology to filter the various vibration modes
- Unwanted vibration modes are removed: high frequencies
- Useful sensations are preserved: low frequencies


Technology developed to provide a response to suit every type of player:
Cortex System for Expert players: **Filtration** of unwanted vibrations for a perfect feel.
Cortex System for intermediate players: **filtration and dampening** of vibrations for maximum comfort.



The Cortex system is Babolat's main comfort technology. Separating the shaft from the handle with a soft, absorbent polymer, Cortex prevents harmful vibrations from reaching the player's hand and arm. Babolat has two versions of Cortex, designed around the needs of the player. In the Pure series of racquets (Pure Drive and Pure Storm), Cortex reduces racquet vibrations without reducing feedback, providing the player with a "pure feel." In the rest of the line, the Cortex system reduces shock and vibrations even more for maximum comfort. Babolat's newest Active Cortex Technology provides an even more advanced interface between player and frame for improved feel and comfort.

"Enjoy the Pure Feel"

Babolat Cortex Active Technology

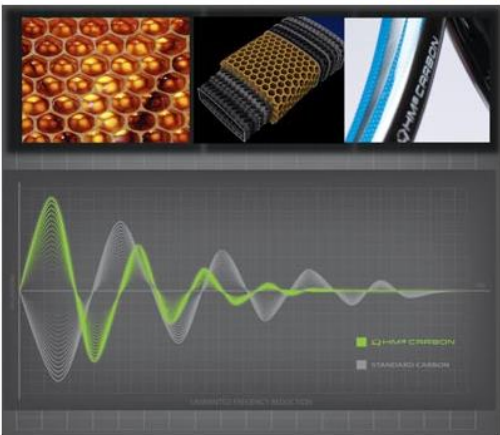


CORTEX ACTIVE

The Active Cortex Technology reduces shock and vibration, leaving the player with a cleaner feel at impact.

- **Dunlop**

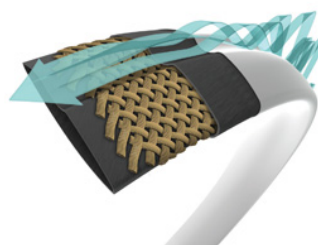
Dunlop HM6 Carbon



HM6 Carbon

This technology is inspired by a bee's honeycomb. High modulus carbon fiber is engineered into hexagonal sheets and is placed between layers of Aerogel-enhanced carbon. These hexagonal sheets help evenly distribute impact forces and absorb unwanted racquet frequencies to enhance feel up to 10%. The HM6 Carbon reduces energy loss and maximizes energy return.

Dunlop BioFibre



BioFibre

Superior natural fibres in the throat and handle have been extracted from the stems of plants. These are designed to increase racquet stability and reduce unwanted shock, producing 18% greater feel and control.

Dunlop Shock Sleeve Technology

SHOCK SLEEVE

Customize your racquet with the feel you want. Select from Firm, Medium, or Soft to create the perfect feel for your game. Whether you like maximum feedback and response from your racquet (Firm), maximum forgiveness and cushioning (Soft), or a perfect blend of the two (Medium), Shock Sleeve gives you more control over the way your racquet performs and feels than any racquet in history!



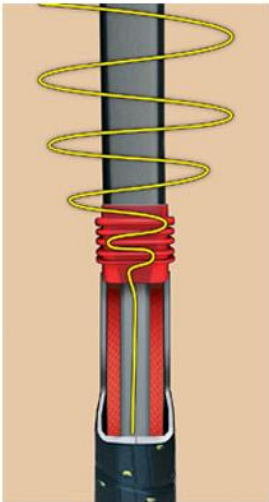
Shock Sleeve Technology

Personalize the feel by selecting from 3 different levels of feedback - Soft, Medium and Firm

FEEL	SHOCK ABSORPTION	DESCRIPTION
FIRM	LOW	MAXIMUM RESPONSE AND FEEDBACK
MEDIUM	MID	PERFECT BLEND OF RESPONSE AND COMFORT
SOFT	HIGH	MAXIMUM CUSHIONING AND FORGIVENESS

- **NoShox**


NoShox Dampening System



NoShox Dampening System
A newly developed "memory foam" integrated into the racquet handle reduces vibrations 27 percent better than systems in conventional racquets.

- **Head**

Head Innegra



INNEGRA™
A PERFECT INGREDIENT FOR YOUTEK™ – FEEL

INNEGRA™ TECHNOLOGY

Feature:

- Extremely tough and lightweight
- Lightest high performance fiber in the world today
- Combined with HEAD's carbon composite technology, Innegra™ forms an ultra tough fiber

Benefit:


- Improved stability and increased shock absorption
- Vibration on ball impact is reduced by up to 17% for unmatched control and precision
- Provides consistent performance over the entire life of your frame

Innegra
Innegra is the world's lightest high performance fiber. Its extreme toughness together with Head's advanced carbon composite technology leads to an ultra tough hybrid composite.

This Head Innegra hybrid-composite structure is integrated into the racquet for shock absorption and improved stability. As a result vibrations are reduced by up to 17% on ball impact for improved control and precision -- protecting the player from the forces of a ball impact. On top of this, Head's new hybrid-composite structure with the ultra tough Innegra fiber considerably extends the performance of a Head racquet. With Innegra, racquets remain in perfect condition without losing any performance properties.

- **Volkl**

Volkl Vibration Control Handle



Vibration Control Handle

The Vibration Control Handle features an EVA (Ethyl Vinyl Acetate) sheath surrounding the handle of the racquet shaft. Designed to help dampen vibration and provide some added protection for arm muscles and joints, this is visible technology you can actually see through the butt cap of the racquet.

Volkl Sensor Tour Handle System



Sensor Tour Handle System

Includes a two part racquet shaft and TechnoGel surrounded by EVA (Ethyl Vinyl Acetate). This is visible technology you can actually see through the butt cap of the racquet. Designed to dampen vibration without sacrificing touch, playtests seem to verify that the Sensor Handle System does contribute to a more comfortable and forgiving feel.

Volkl Soft Butt Cap



Soft Butt Cap

A clear, soft feeling butt-cap placed on the end of Volkl racquets. Soft Butt Caps compliment the handle systems by further absorbing unwanted shock and vibration while still allowing racquet "feedback."

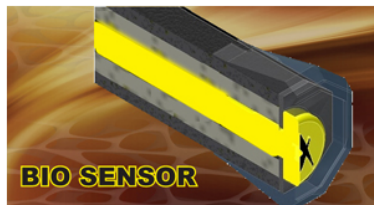
Volkl Twin Absorber



Twin Absorber

This dampening system, especially developed for tournament racquets, is comprised of a two part racquet shaft injected with an integral foam. The result is a reduction of torsional shock by 60% and vibration by 40%.

Volkl Bio Sensor & Pin System



Volkl Bio Sensor and Pin System

Bio Sensor is an active vibration dampening system which provides the player unmatched feel and a 15% increase in dampening. (When compared in lab tests vs the Volkl Sensor Tour Handle System.) BIO SENSOR eliminates vibrations, which have a negative influence on the playability of the racquet.

Starting with the 2014 Organix racquets, Volkl introduces a new Pin System in their Bio Sensor handles. These pins are made of a material called V-Sponse™ which has exceptional dampening properties.

There are three different types of pins, each with unique benefits to the target playing audience. The **RED PIN** is the softest and is great for recreational players looking for maximum comfort. The **YELLOW PIN** is medium firm and is great for intermediates who want a comfortable but slightly firmer feel. Finally, the **BLACK PIN** is for advanced players who want maximum feedback.

Volkl V-Sponse

Visco-elastic Polymeric material, similar to sorbathane, now used in our patented SUPER Grommet and bio-feel dampening pin.

More flexible than standard grommet and pin material (+20%)

Provides additional dampening to the bio-feel grip pin

Generates an increased "spring effect" in the grommets


Has the lowest energy loss factor of thermoplastic elastomers

Provides the best dampening and energy return



- **Wilson**

Wilson Triad Technology with Iso.Zorb



one:POWER
Maximum power is generated in the hoop of a TRIAD racket.

two:COMFORT
We utilize Iso-Zorb as a buffer between the hoop and handle for increased levels of comfort.

three:CONTROL
The handle of a TRIAD racket remains completely stable. The feeling of control is extraordinary.

Triad Technology with Iso.Zorb

According to Wilson, the traditional one-piece racquet design may minimize critical playing characteristics (power, comfort, control) when attempting to maximize another. But what if the hoop and the handle never touched? Not only could you maximize power in the hoop and control in the handle, you could isolate shock and prevent it from reaching the arm. For the first time ever, you could design a racquet that didn't compromise. Introducing TRIAD, a revolutionary tri-component design that (according to Wilson) maximizes power, control, and comfort without compromising one for the other. The hoop and the handle of a TRIAD racquet are designed as customized components. They never touch. Wilson buffers them with Iso-Zorb[®], an exclusive Wilson polymer similar to the material used in skyscraper foundations to absorb the shock of an earthquake. Wilson believes this design breakthrough delivers a level of performance impossible in an ordinary one-piece racquet.

Wilson BLX



BLX

BL=Basalt. Basalt is a natural volcanic rock. It can be used in manufacturing where it is made into fine gold fibers with incredible vibration resistance. These new fibers are woven longitudinally with [K]arophite Black to create one of the most advanced composites in the industry.

Wilson Amplifeel



Amplifeel

Amplifeel handle technology provides an even cleaner and enhanced feel in the racquet. Amplifeel also allows for a more customized handle system providing additional handle comfort to further support maximizing the feel in each racquet and player segment.



Wilson Amplifeel 360

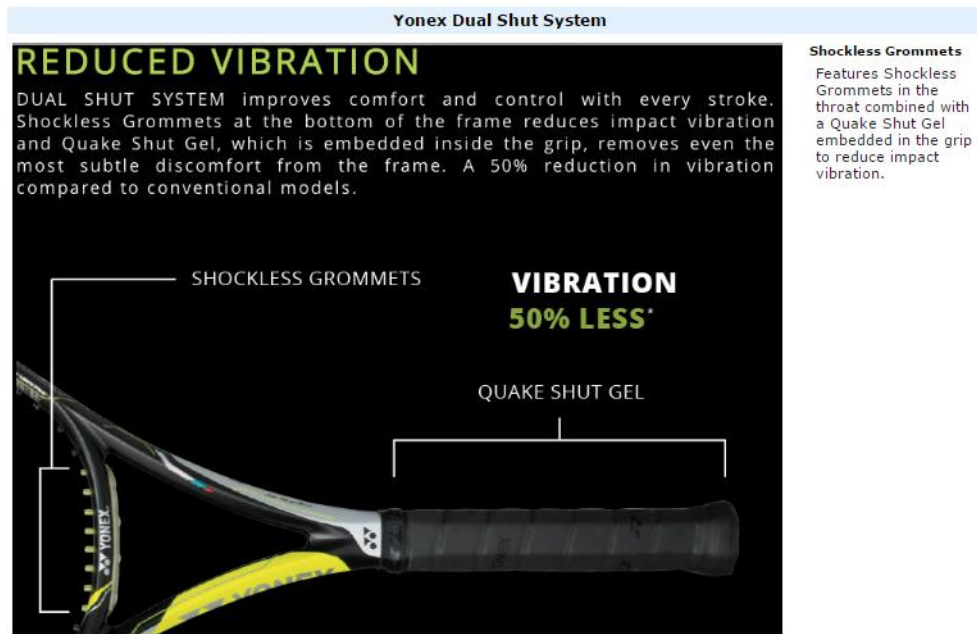


Amplifeel 360

Provides a superior, enhanced feel while increasing racquet power and reducing weight with a full Basalt expanded handle and a new shock-absorbing engineered urethane polymer. The full Basalt handle filters out unwanted vibrations and transmits a cleaner feel, giving the player a heightened sense of the ball. The specially engineered urethane absorbs some of the shock for more of an arm-friendly feel.

[Watch the Wilson Amplifeel 360 video](#)

- **Yonex**



10.4. Conclusiones

Una vez que hemos visto el tema de las vibraciones, hemos llegado a las siguientes conclusiones:

- Resulta importante disminuir las vibraciones transmitidas a la mano debido a que producen una sensación muy desagradable, llevando eventualmente a una pérdida de control y en ocasiones producen dolor.
- Las vibraciones dependen de la masa, amortiguamiento y rigidez de la Pala.
- En cuanto a la masa de la Pala, contra menor masa mayores vibraciones y con balance de masas más alto menores vibraciones. En el nuevo diseño hemos visto que se ha disminuido la masa, por lo que puede ser este el motivo, pero ha quedado el balance más alto, por lo que esto debería disminuirlas.
- En cuanto a la rigidez, la rigidez es un parámetro que hará aumentar las vibraciones que la raqueta transmite al brazo del jugador. Sin embargo no conocemos la rigidez de la nueva Pala, así que en el apartado posterior lo analizaremos.
- En cuanto al amortiguamiento, como hemos visto, nuestra mano es un gran amortiguador y por tanto disipador de vibraciones, pero para que esta absorba las mínimas vibraciones posibles, que es lo que queremos conseguir, se puede

hacer un sistema disipador de vibraciones como los que se han visto en el apartado “10.4.1. *Sistemas de absorción de vibraciones*”.

11. ENSAYOS

En este apartado vamos a hacer ensayos a la nueva Pala para ver su rigidez. Haremos ensayo de flexión y de torsión. También vamos a hacer ensayo de impacto con una pelota con la Pala fijada por el mango y con la Pala libre para ver las vibraciones. Los ensayos los haremos a la nueva Pala y la de madera para compararlas.

11.1. Ensayo de flexión

El ensayo de flexión consiste en sujetar la Pala firmemente por el mango a una base fija y poner carga en el extremo. La carga aplicada es la misma para los dos modelos. Como referencia para ver la flexión de la Pala con respecto a su posición de equilibrio pusimos una barra horizontal. El ensayo queda reflejado en la siguiente imagen.



Las posiciones inicial y final son las siguientes.



Medimos las distancias con un pie de rey. La distancia medida fue desde la parte alta de la barra hasta la Pala, tomada la medida en el extremo de la barra. Las medidas fueron, en la posición inicial 28,96 mm, y en la posición final 39,59 mm. Es decir, un descenso de 10,63 mm.



El mismo ensayo se hace para la Pala de Fibra de carbono y kevlar, colocando la Pala, amarrándola y poniendo el peso todo de la misma manera y en la misma posición.





Las posiciones inicial y final son las siguientes.



Hicimos la misma medición con el pie de rey. Las distancias esta vez fueron, en la posición inicial 26,51 mm, y en la posición final 42,68 mm. Es decir, un descenso de 16,17 mm.

11.2. Ensayo de torsión

Posterior al ensayo de flexión, se hace uno de torsión, igualmente a los dos modelos, al antiguo de madera y al nuevo de Fibra de carbono, para analizar la rigidez de la Pala en este caso a esfuerzos de torsión.

El ensayo va a consistir en fijar la Pala por el mango a una superficie lisa como puede ser una mesa. Con la Pala fijada por el mango, le ponemos una barra metálica larga fijada a la zona de golpeo de la Pala por uno de sus dos extremos, como se ve en la imagen.



Así queda la Pala y la barra fijadas.



La fijación del mango se hace a 7 cm del extremo.



La fijación de la barra se hace a 8 cm del extremo de la cabeza de la Pala.



Por último le añadimos un peso al extremo de la barra que está libre.



Con esto, la Pala se torsiona, y lo que medimos es la distancia que la barra metálica baja en su extremo libre. La distancia es la distancia del suelo a la barra. En el caso de la Pala de madera esta distancia es 82 cm.

Repetimos el procedimiento con la Pala de Fibra de Carbono.



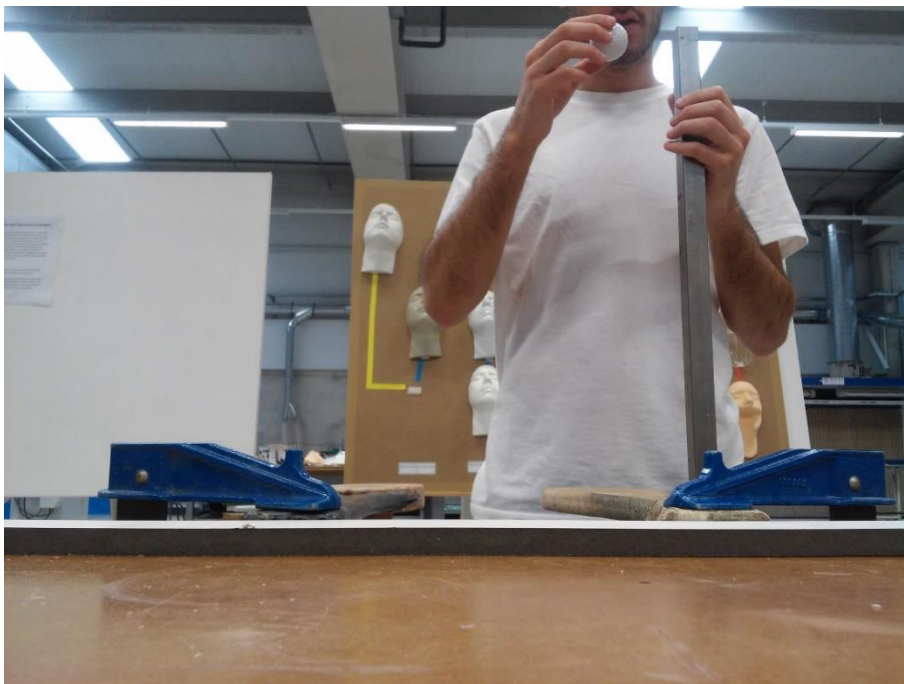
Realizamos la medición y en este caso nos da 83,5 cm.

11.3. Ensayo de vibraciones

Además de los ensayos de flexión y torsión, queremos ver las vibraciones de los dos modelos de Pala. Para ello vamos a hacer dos ensayos en los que impactaremos una pelota. En el primero la pala estará fijada por el mango y dejaremos caer la pelota desde cierta altura, y en el segundo cogeremos la Pala por el mango por uno de los nodos de vibración y golpearemos con la pelota en diferentes zonas de la pala.

11.3.1. Pala fija en el mango

Este ensayo consiste en fijar la Pala por el mango con una mordaza a una base fija, y dejar caer desde cierta altura una pelota sobre la zona de impacto de la Pala. Utilizamos una pelota de golf para el ensayo. Para dejar caer la pelota desde la misma altura utilizamos una barra que nos sirve de guía. A continuación tenemos unas imágenes del ensayo.





En este ensayo se pudo observar que al impactar la pelota en la Pala, en los dos modelos de Pala, esta vibraba en su modo fundamental.

La diferencia que se observó con claridad entre los dos modelos, era que en la nueva de fibra de carbono la oscilación era de mayor amplitud y duraba más tiempo.

11.3.2. Pala libre en sus dos extremos

Este ensayo consiste en encontrar el Nudo de vibración y sentir la amplitud de las vibraciones. Para ello como vimos que se hacía para las raquetas en la Fig. 10.8, se sujeta la Pala por el mango (uno de los dos nodos) con dos dedos mientras golpeamos con la pelota sujeta por la otra mano en distintas zonas de la zona de impacto, al tiempo que acercamos lo más posible el oído al mango. Este ensayo se ve en la siguiente imagen.



Golpeando en varios sitios se encuentra el nodo de vibración. En este punto sentimos una vibración mucho menor, de menos amplitud.

Comparando una Pala con la otra, no encontramos gran diferencia entre la localización de los nodos en las dos Palas, y las amplitudes de las vibraciones al golpear en zonas alejadas del nodo no sabríamos buscar tampoco grandes diferencias, al menos basándonos en este simple ensayo.

11.4. Conclusiones

Una vez realizados los ensayos sacamos las siguientes conclusiones:

1. De los ensayos de flexión y torsión, tenemos los siguientes resultados resumidos en esta tabla:

ENSAYO	PALA	MEDICIÓN
Flexión	Madera	10,63 mm
	Fibra de Carbono-Kevlar	16,17 mm
Torsión	Madera	82 cm
	Fibra de Carbono-Kevlar	83,5 cm

2. En cuanto al ensayo de flexión, vemos cómo el desplazamiento en nuestro nuevo modelo es mayor, más de un 50% con respecto a la de madera. Por tanto podemos decir que nuestro nuevo diseño de fibra de carbono y kevlar es más flexible que el actual de madera a esfuerzos de flexión.
3. En cuanto al ensayo de torsión, no existen grandes diferencias de deformación entre las dos Palas. Sin embargo, esta diferencia, aunque es pequeña, nos indica que la barra metálica baja menos con la nueva Pala de Carbono y kevlar, un centímetro y medio menos que supone casi un 2% de diferencia. Se puede decir que tienen parecida rigidez a esfuerzos de torsión, aunque de ser una más rígida es la de carbono y kevlar.
4. La diferencia entre los dos ensayos, en el que a flexión la nueva Pala es más flexible, y a torsión es más rígida, puede ser debida a la anisotropía de la madera y a la manera por tanto de fabricar esta, en la que se coloca la madera de forma que las betas queden de forma longitudinal con el eje longitudinal de la Pala. De este modo resiste los esfuerzos de flexión que son los más importantes.
5. Del ensayo de vibraciones con la Pala fijada por el mango vemos que vibra con mayor amplitud la Pala de fibra de carbono, por lo que es más flexible, pero no podemos sacar ninguna conclusión más respecto a transmitir vibraciones a la mano, debido a que en esta situación está vibrando en su modo fundamental, y en el juego real vibra de diferente manera, a muchas mayores frecuencias, más parecido a como vibra si estuviera libre.
6. El nodo de vibración se encuentra más o menos en el mismo lugar.
7. Al ser la nueva Pala menos rígida, basándonos sólo en la rigidez debería transmitir la nueva Pala menos vibraciones. Por eso intuimos que las vibraciones han aumentado debido a la masa de la Pala, probablemente debido a que la estructura de fibra de carbono y kevlar es más ligera al ser hueca y transmite más vibraciones.
8. Por último concluimos que es necesario diseñar un sistema que absorba vibraciones.

12. MANGO

En este apartado se va a rediseñar el mango de la pala, de modo que se cree un sistema para que las vibraciones que se producen en la Pala y que se transmiten a la mano se atenúen.

La idea es diseñar un mango que sea hueco y que la estructura quede introducida en él, de forma que no estemos agarrando directamente la estructura por la que se transmiten las vibraciones. Además introducir entre la estructura y el mango un material disipador de las vibraciones, como puede ser un elastómero.

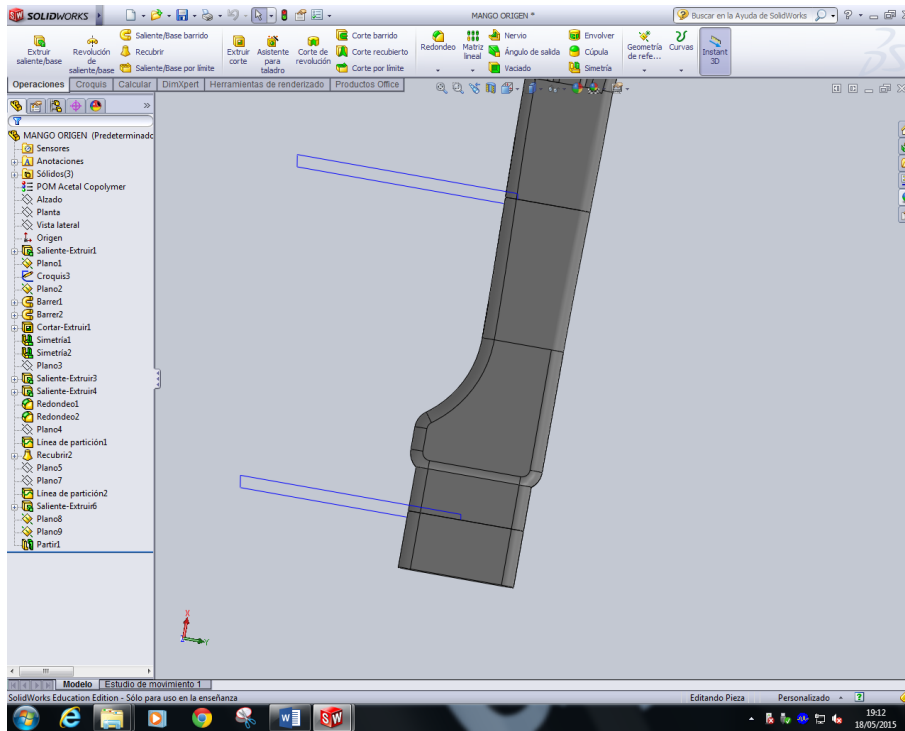
Para llevar a cabo esta idea se diseña un mango hueco en dos mitades para poder meterlo en el molde de fabricación y de este modo los tubos se expandirán adoptando la forma de este. El mango hueco tendrá unas cavidades en las que previamente a la colocación del mango en el molde se colocará el material disipador.

12.1. Diseño

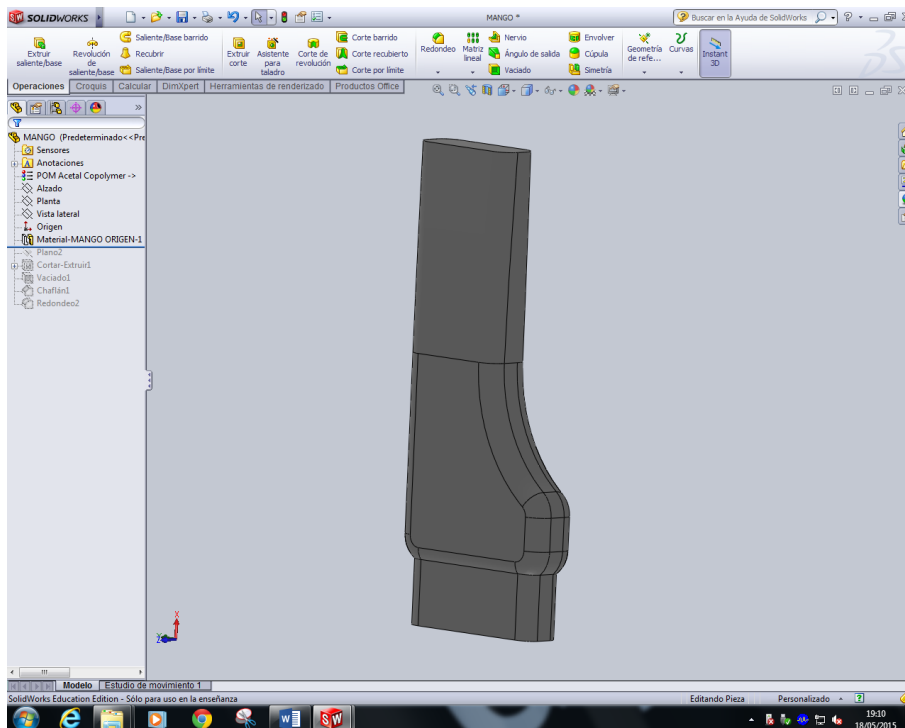
El primer paso es diseñar el mango en tres dimensiones. Para ello utilizamos el programa SolidWorks.

12.1.1. Nueva pieza

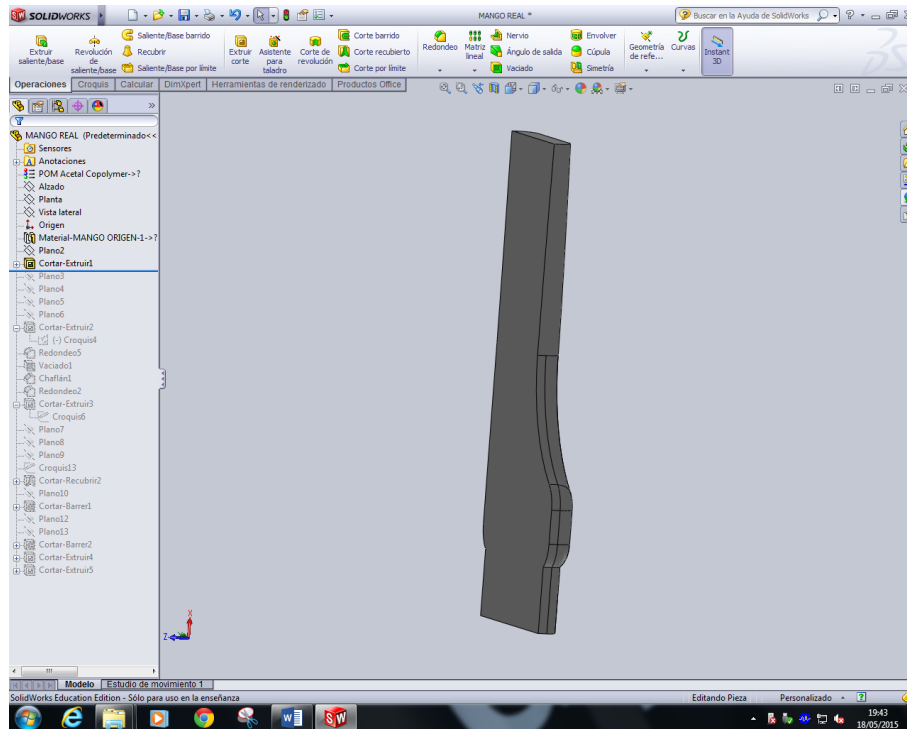
Partiendo de nuestro diseño de Pala, partimos la pieza por los dos planos que se muestran en la imagen para obtener una nueva pieza que será nuestro mango.



Nuestra nueva pieza es esta.

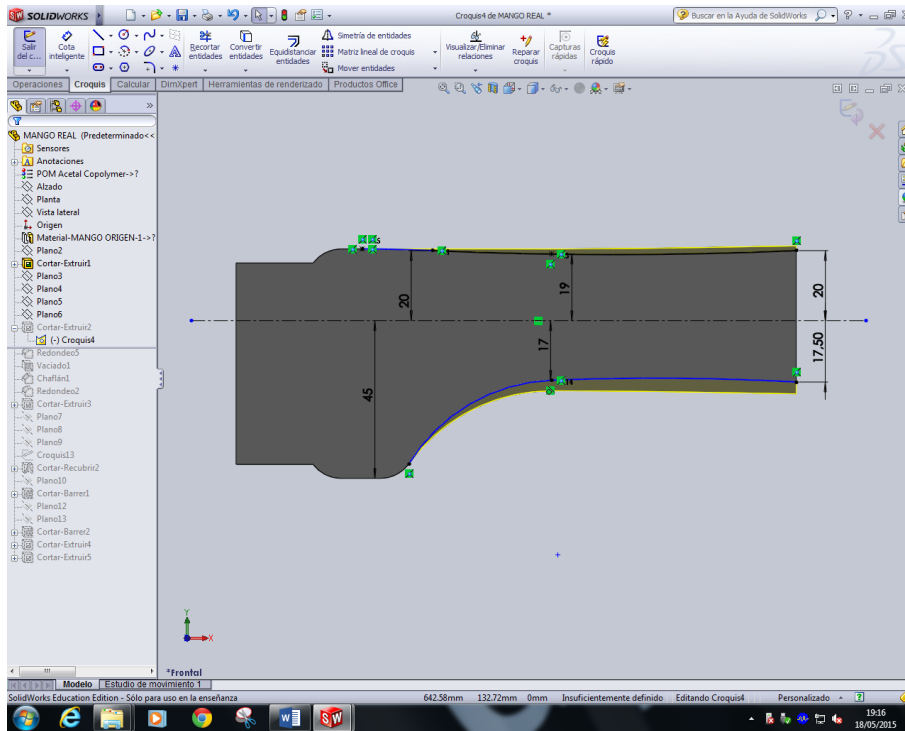


La cual partimos por el plano que la divide en dos partes simétricas para realizar una mitad del mango.

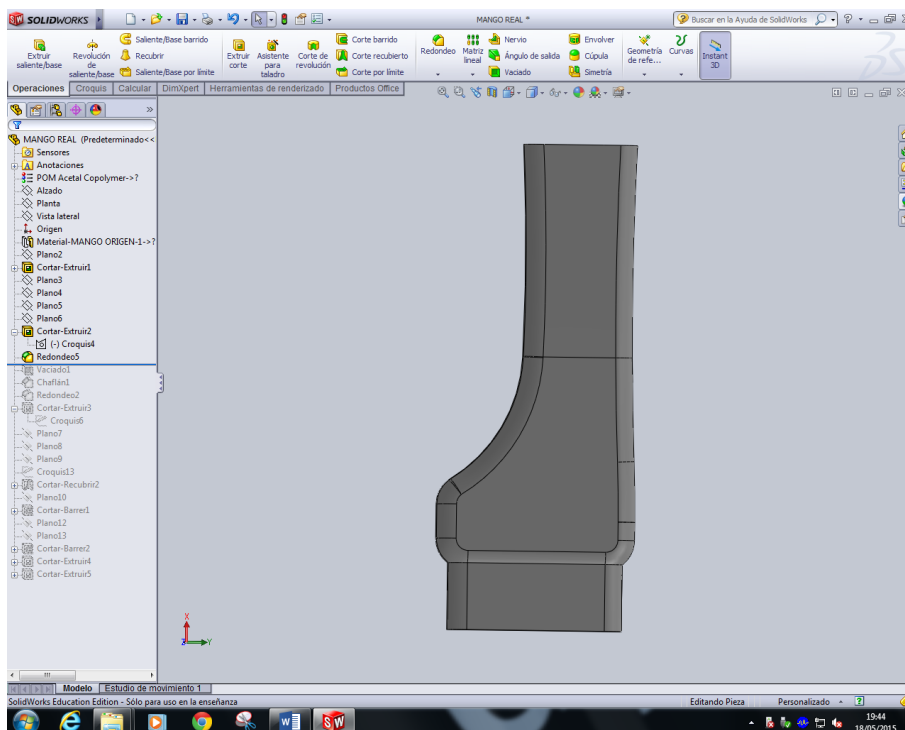


12.1.2. Recortar

Cuando se hizo el prototipo de madera para hacer el molde, se lijó la parte del mango del prototipo para que se adecuara al mango de la Pala actual, y por tanto el molde no quedó con la geometría que tenemos en el archivo de SolidWorks. Por tanto, para que nuestro nuevo mango encaje en el molde y sea de las mismas dimensiones, hemos tenido que hacer mediciones en el prototipo y rediseñar la pieza de SolidWorks con el croquis que se ve en la siguiente imagen.

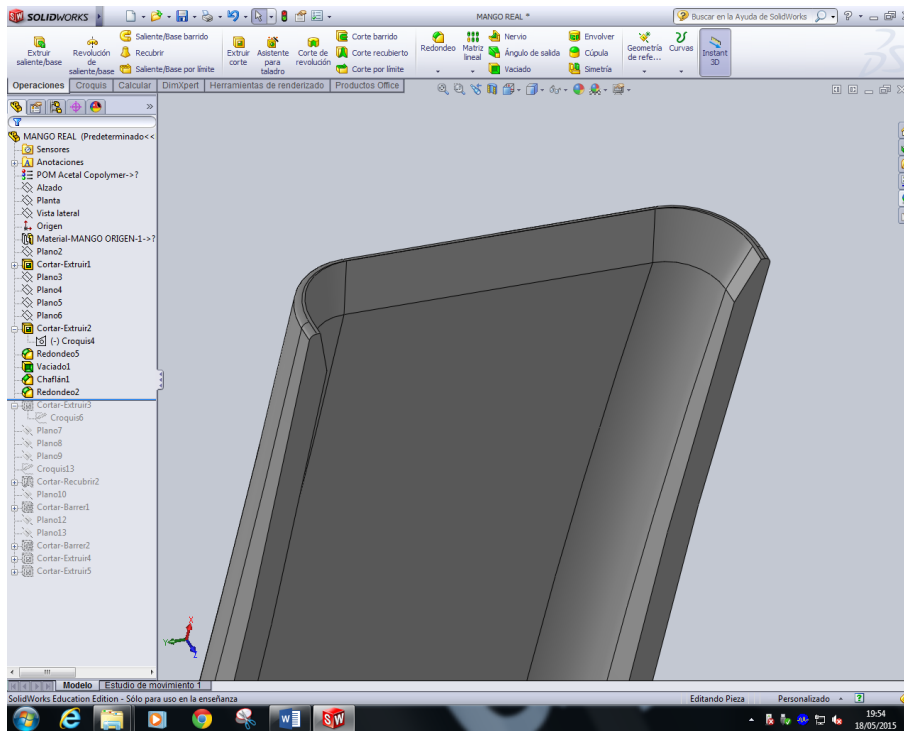


Después de un redondeo de 6 mm en las aristas que hemos realizado el corte la pieza final es esta.



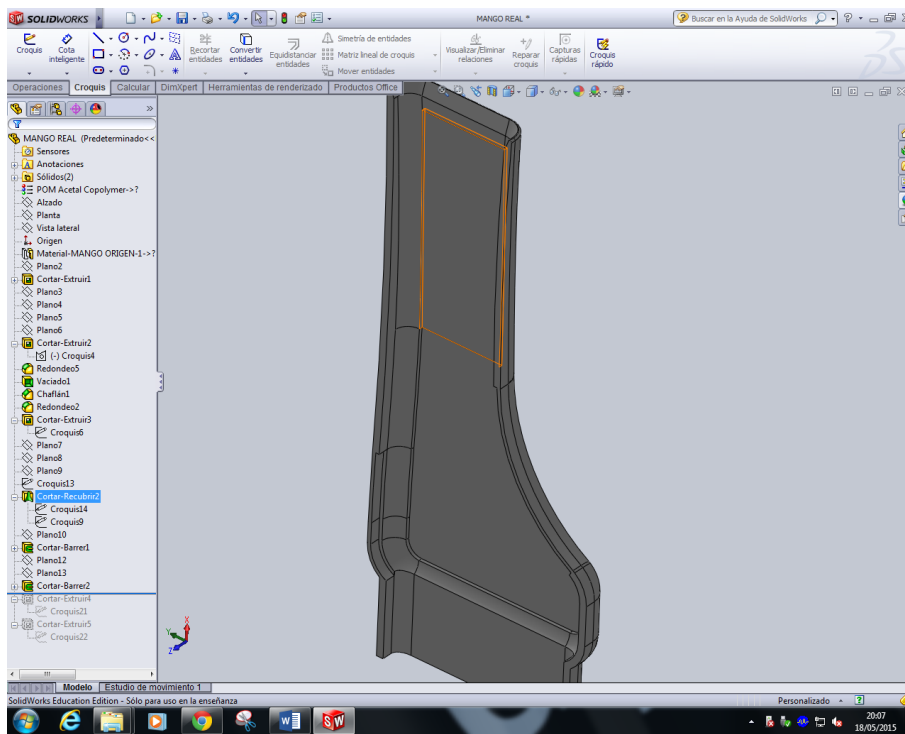
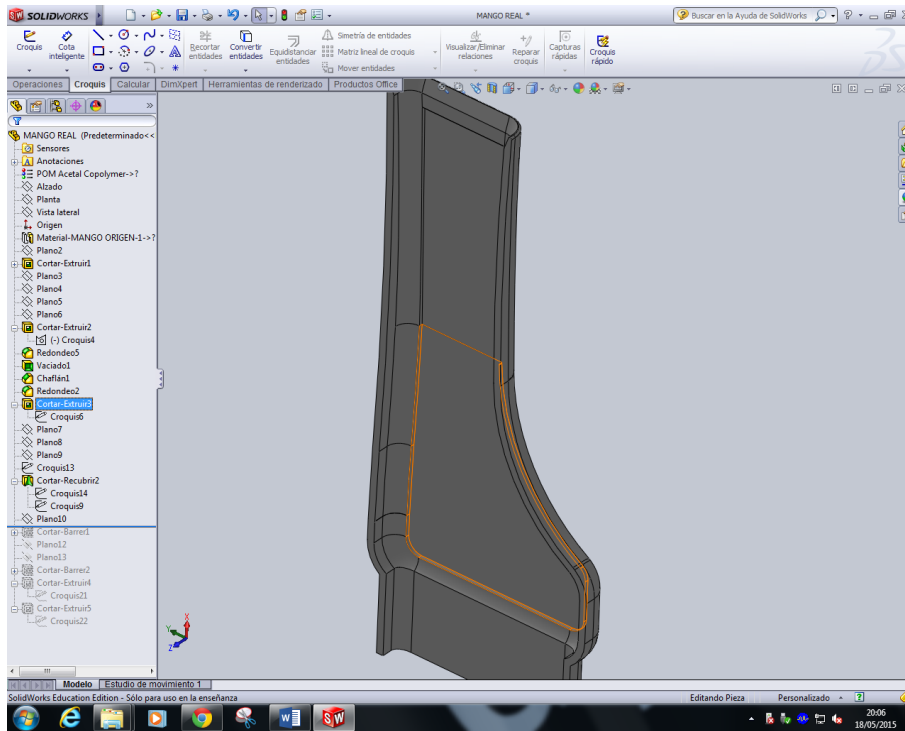
12.1.3. Vaciado y achaflanado

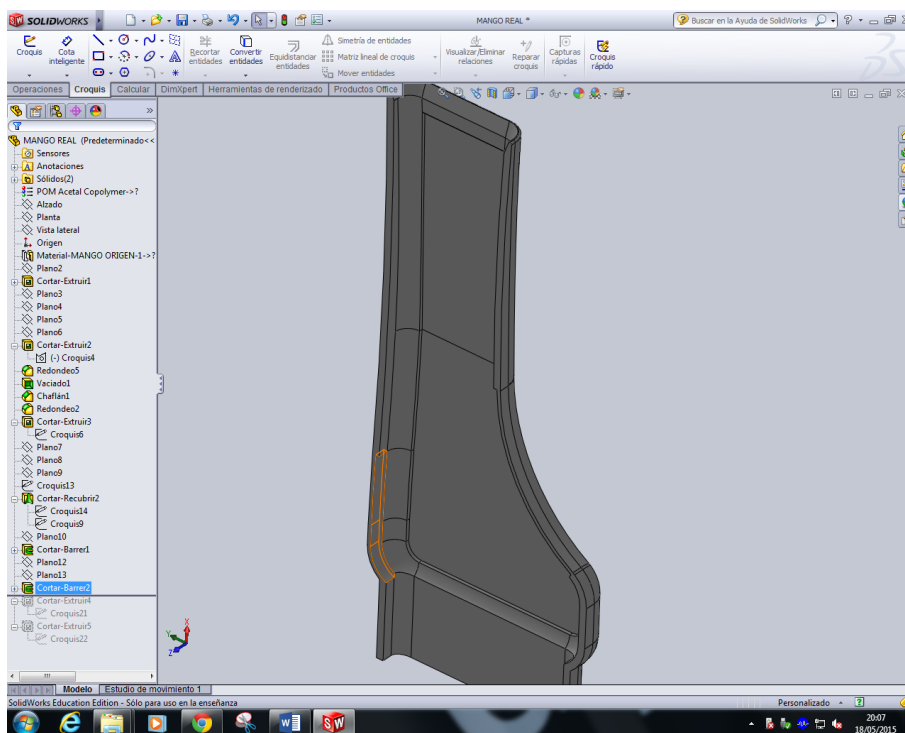
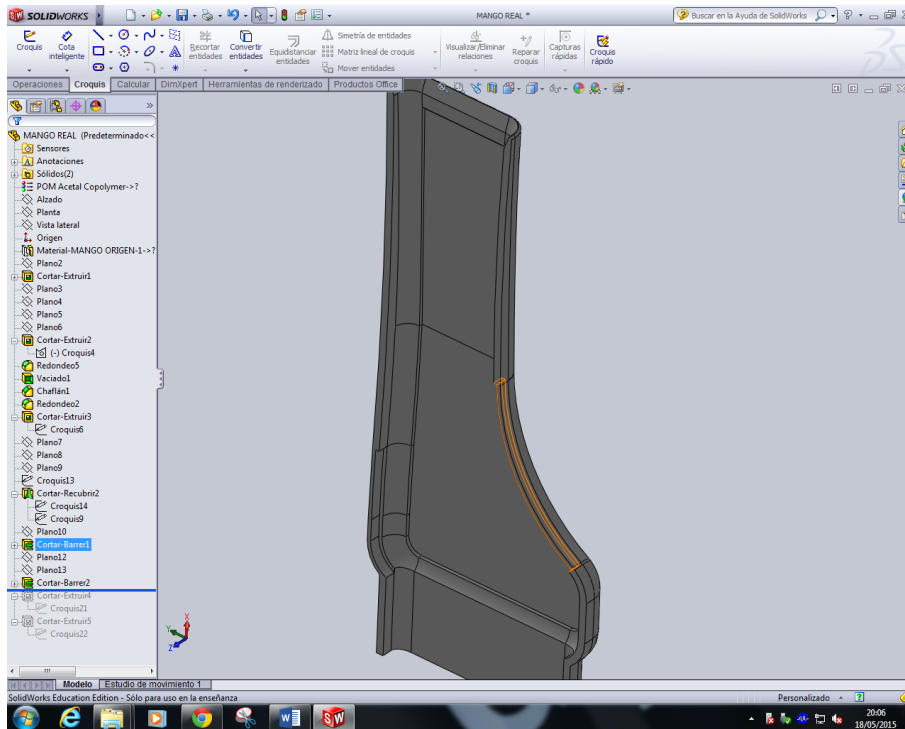
El siguiente paso es realizar un vaciado ya que este mango como hemos dicho va a ser hueco. Le damos un espesor de 2 mm. A continuación realizamos un achaflanado a la parte superior del mango para que el paso de los tubos del molde al mango sea menos pronunciado. Las dimensiones del chaflán son 4 mm de altura y 1,5 de anchura y un pequeño redondeo final al chaflán de 0,5 mm.



12.1.4. Cavity for the dissipative material

Having made the base of the handle, now we need to create cavities where to introduce and glue the dissipative material, which will be a elastomer in the form of a 2 mm thick sheet that we can cut and give the desired shape. These cavities will have a depth of 1 mm and will be in the places where the most force of grip is realized. These cavities are seen in the following images.

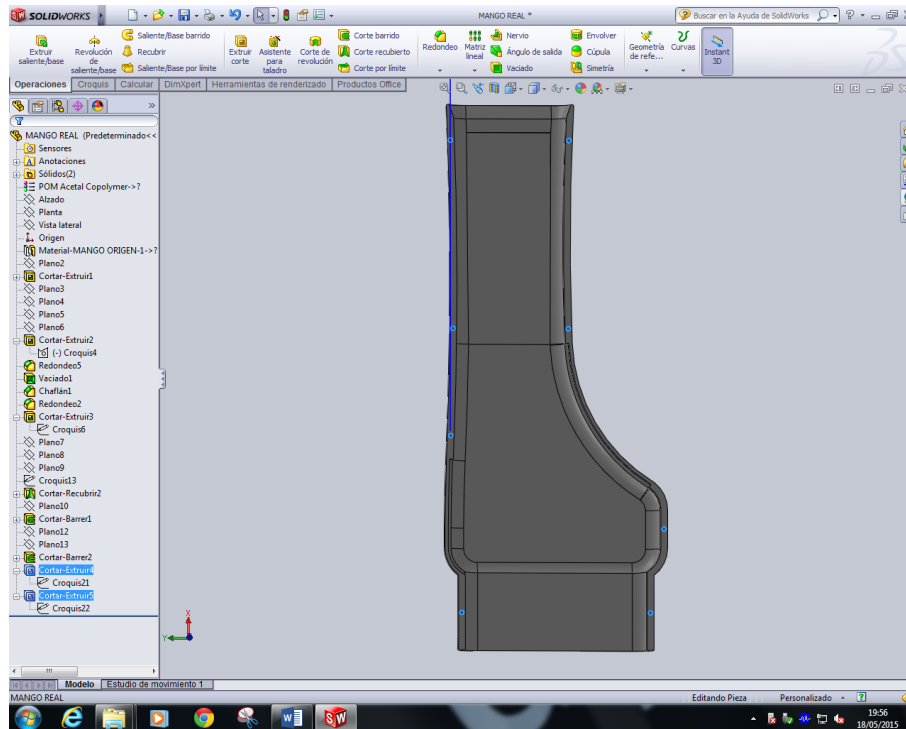




12.1.5. Uniones

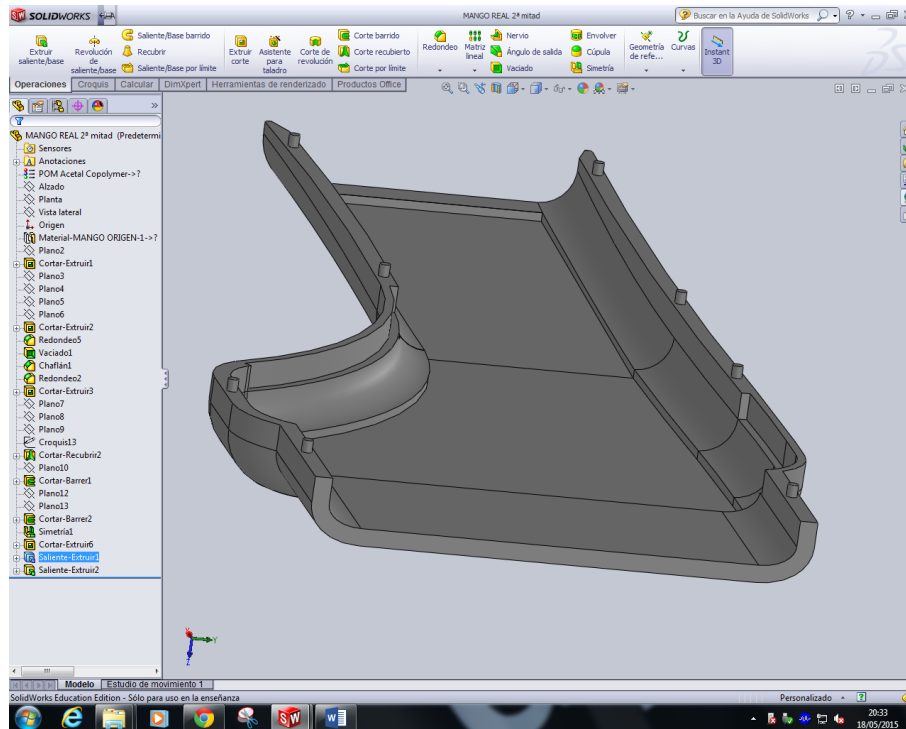
Por último, realizamos un sistema de unión entre las dos mitades del mango para que queden bien encajadas. El sistema consiste simplemente en realizar unas pequeñas pestañas cilíndricas en la cara de la mitad del mango que se une con la otra, y en la

otra mitad del mango unos agujeros de las mismas dimensiones para que las pestañas encajen en ellos. En esta mitad del mango realizamos los agujeros, de diámetro 1,3 mm y profundidad 1,5 mm, y su posición se ve en la siguiente imagen.



12.1.6. Segunda mitad

Para hacer la segunda mitad del mango, realizamos una simetría de la pieza por el plano que habíamos hecho el corte en un principio, y editamos los agujeros de unión para que en este caso sean las pestañas. El resultado es este.



12.2. Prototipo

Una vez que tenemos las dos piezas del mango diseñadas en tres dimensiones, el siguiente paso es realizar un prototipo de este mango. Para realizarlo usamos la técnica de prototipado rápido del sinterizado láser en una impresora 3d.

El sinterizado láser es una técnica de prototipado rápido que fabrica piezas por capas. Las sucesivas capas se van depositando una sobre otra. Durante la activación del láser, el material alcanza su temperatura de fusión. Cuando ha terminado una superficie entera, el rodillo añade una nueva capa de material y se procede a sinterizar la siguiente sección de la pieza. Así sucesivamente hasta que se termina de construir la pieza completa.

El material en el que prototipa nuestra impresora 3d es poliamida. El resultado de nuestro prototipo es este:



13. PALA DE KEVLAR

Después de haber fabricado la Pala de fibra de carbono y kevlar, decidimos realizar una Pala únicamente de kevlar que nos iba a dar una estructura menos rígida y de esta forma sacar conclusiones.

Después de fabricarla vemos sus propiedades físicas y realizamos los mismos ensayos que hicimos a la de fibra de carbono y kevlar.

Destacar que en esta Pala se ha introducido ya el mango diseñado que se ha visto en el apartado anterior.

13.1. Fabricación

El proceso de fabricación una vez que ya se ha hecho el molde es bastante sencillo. Es repetir los apartados “8.3. Montaje, presión y curado” y “8.4. Acabado”, esta vez únicamente con kevlar para la estructura. Concretamente ponemos 4 vendas tubulares de kevlar, dos para cada tubo.

A continuación tenemos un recopilación de imágenes de lo que fue la fabricación.

En la siguiente imagen se ven las vendas tubulares de kevlar ya unidas con bridas a los tubos que vienen del compresor. Si se observa detalladamente, se ve la primera mitad del mango introducida en el molde.



En esta se ve cómo ya se han colocado los tubos perfectamente y las segundas mitades del corazón y el mango.



Y se coloca la segunda mitad del molde de silicona.



Cerramos todo el molde introducido en el bastidor y apretamos como vemos con unas mordazas y con ayuda de unas tabillas las cáscaras del molde.



Se observa que sale resina por el tubo central.



Después de meter la Pala y el molde en el horno y tenerla dos días en curado, sacamos la Pala del molde y el resultado es el siguiente.



Por último se realiza el mismo proceso de acabado que se hizo con la anterior Pala y el resultado final es este.



13.2. Propiedades físicas

Las propiedades físicas que vamos a medir en la Pala son, como antes, la masa y el centro de masas.

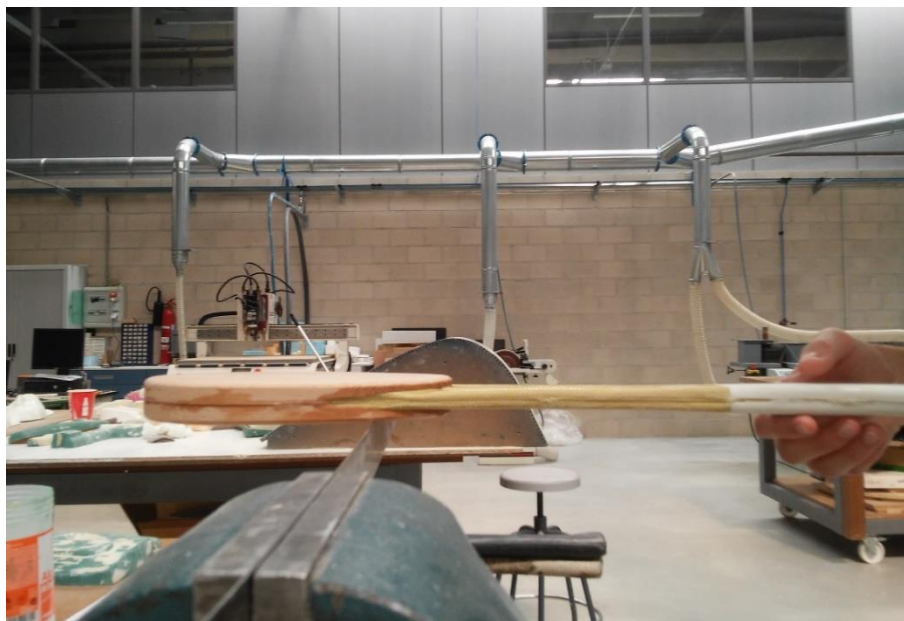
13.2.1. Masa

La masa la medimos con ayuda de un peso. Vemos que esta Pala de Kevlar pesa 456 g, menos que los 577 g de la pala de madera y menos también que los 493 g de la Pala de fibra de carbono y kevlar.



13.2.2. Centro de masas

Para calcular el Centro de masas, como antes, equilibramos la pala en una regla horizontal y marcamos con una raya el punto de equilibrio.



Como vemos en la siguiente imagen el Centro de masas se sitúa prácticamente en el mismo punto que en la Pala de fibra de carbono y kevlar.



13.3. Ensayos

Se realizan los ensayos de flexión, torsión y vibraciones, los mismos que hicimos anteriormente a las Palas de madera y fibra de carbono.

13.3.1. Ensayo de flexión

Se prepara de igual forma el ensayo de flexión. Y se coloca el mismo peso. Se ve el ensayo en las imágenes que tenemos a continuación.





Las mediciones desde la parte alta de la barra hasta la Pala que obtenemos son: sin peso 25,3 mm y con peso 53,5 mm. La diferencia de estas dos mediciones es lo que se ha deformado: 28,2 mm.

13.3.2. Ensayo de torsión

Se prepara de igual forma el ensayo de torsión. Se coloca un peso diferente, por lo que vamos a realizar de nuevo el ensayo en la Pala de fibra de carbono y kevlar para poder comparar. Se ve el ensayo en las imágenes que tenemos a continuación.







La medición es la distancia vertical que hay desde el suelo hasta el extremo de la barra donde está el peso. Para la pala de Kevlar la medición es 73,5 mm y para la de fibra de carbono y kevlar 86 mm.

13.3.3. Ensayo de vibraciones

En este apartado vamos a hacer el ensayo de vibraciones, pero únicamente el que fijamos la Pala por el mango y dejamos caer una pelota desde una distancia determinada. El ensayo se ve a continuación.

En esta imagen se ven las tres Palas fijadas por el mango a una mesa mediante unas mordazas.



Aquí dejamos caer una pelota desde una altura determinada sobre las tres Palas.



En este ensayo se pudo observar que al impactar la pelota en la Pala de kevlar, también esta vibra en su modo fundamental.

La diferencia que se observó con claridad es que en la nueva Pala de kevlar la oscilación era de mayor amplitud y duraba más tiempo que la de fibra de carbono y kevlar.

13.4. Ensayos experimentales

Con esta Pala también se realizan pruebas experimentales en el frontón. Sin embargo estas no son muy satisfactorias en cuanto a las prestaciones y las vibraciones. Se han empeorado las prestaciones y aumentado las vibraciones. En la conclusión quinta damos el razonamiento.

13.5. Conclusiones

Una vez realizados los ensayos con la Pala de kevlar sacamos las siguientes conclusiones:

1. De los ensayos de flexión y torsión, tenemos los siguientes resultados resumidos en esta tabla:

ENSAYO	PALA	MEDICIÓN
Flexión	Madera	10,63 mm
	Fibra de Carbono-Kevlar	16,17 mm
	Fibra de Kevlar	28,20 mm
Torsión	Fibra de Carbono-Kevlar	86 cm
	Fibra de Kevlar	73,5 cm

2. En cuanto al ensayo de flexión, vemos cómo el desplazamiento en nuestro nuevo modelo de kevlar es el mayor, casi más de un 75% con respecto a la de fibra de carbono y kevlar. Por tanto podemos decir que nuestro nuevo diseño de kevlar es el más flexible con diferencia a esfuerzos de flexión.
3. En cuanto al ensayo de torsión, también vemos que la pala de kevlar es más flexible a estos esfuerzos. Baja más la barra que en la de fibra de carbono y kevlar.
4. Del ensayo de vibraciones con la Pala fijada por el mango vemos que la pala de kevlar vibra con mayor amplitud, pero igual que antes, no podemos sacar conclusiones respecto a transmitir vibraciones a la mano, debido a que está vibrando en su modo fundamental, y en el juego real vibra de diferente manera, a muchas mayores frecuencias, más parecido a como vibra si estuviera libre.

5. En cuanto a los ensayos experimentales en el frontón con la Pala de kevlar, esta no cumple con los objetivos. Las prestaciones se ven empeoradas y las vibraciones aumentadas. Creemos que en este nuevo modelo nos hemos excedido en la reducción de masa y de rigidez.

14. DECISIÓN FINAL Y ESTUDIO COMPARATIVO

Una vez hecho el estudio de vibraciones y de haber hecho ensayos con dos modelos de Pala de diferentes composiciones en su estructura, hemos sacado conclusiones y podemos tomar una decisión sobre el modelo definitivo que creemos que puede ser el acertado. En los puntos siguientes justificamos esta decisión y hacemos un estudio comparativo entre el diseño actual de madera y el nuevo (decisión final).

14.1. Decisión final

Como hemos visto en la quinta conclusión del apartado anterior, el modelo de Pala realizado con únicamente kevlar resultaba demasiado ligero y flexible, y por ello el aumento de vibraciones y pérdida de potencia y control.

Dicho esto llegamos a la conclusión de que la pala tiene que tener una masa y una rigidez mínimas, para que no sean excesivas las vibraciones y no haya pérdida de potencia y control.

Por tanto, nuestra idea para el modelo final, que consideramos que puede ser la acertada, es realizar una Pala con su estructura lo más rígida posible, acercándonos o superando a la de madera, con lo que ganaremos en potencia y control. Para conseguir esto puede que tengamos que prescindir del Kevlar y tendremos que valorar qué tipo de fibra de carbono escoger de los diferentes que hay. Elegiremos la que mayor Módulo de Young tenga siempre y cuando la estructura sea resistente. El aumento de rigidez hará que aumenten las vibraciones, y para ello hemos diseñado el sistemas de absorción de vibraciones con el que haremos que se atenúen. Además aumentará la masa de la estructura de la Pala, por lo que la restricción que tenemos es que no hagamos una pala con mayor Momento de Inercia que la Pala de madera.

14.2. Estudio comparativo

Una vez definidas las características que tendría el diseño final, queremos hacer una comparativa entre las características de este nuevo diseño (decisión final) y el actual diseño de madera.

En el siguiente cuadro mostramos esta comparativa con las siguientes características: Momento de Inercia, masa, Centro de masas, Centro de percusión, rigidez, resistencia y vibraciones:

	<u>ACTUAL</u>	<u>NUEVO</u>
		
Momento de Inercia	Máximo	Menor o igual (mínimo)
Masa	Máxima	Menor (mínimo)
Centro de masas	Menor	Mayor
Centro de percusión	Menor	Mayor o igual
Rigidez		Máxima
Resistencia	Menor	Mayor
Vibraciones	Igual o más	Igual o menos

- **Momento de Inercia**

El Momento de Inercia, como recordamos, refleja la distribución de masa de un cuerpo o de un sistema de partículas en rotación, respecto a un eje de giro. Se expresa con la siguiente ecuación:

$$I = \sum m_i r_i^2$$

El Momento de Inercia es la resistencia que presenta un cuerpo a ser acelerado en rotación. Por tanto para el caso de nuestra Pala hace referencia a la dificultad para moverla, tanto cuando gira respecto del hombro del jugador como de su muñeca. Contra mayor Momento de Inercia mayor dificultad para moverla.

Sin embargo, para el impacto de la pala con la pelota, contra mayor Momento de Inercia tenga la Pala mayor velocidad de salida tendrá la pelota (en condiciones de que la Pala tenga la misma velocidad).

La idea como vemos es que el Momento de Inercia del nuevo diseño sea algo más bajo que el actual. Esto hace que sea menos costoso mover la Pala, con lo cual mayor velocidad de movimiento obtendremos, y su respectiva mayor velocidad de la pelota. Además el menor Momento de Inercia equivale a menor fatiga del jugador, y mayor precisión. Sin embargo esto siempre es relativo, ya que depende de las características de cada jugador. Cada jugador podrá preferir diferente Momento de Inercia en la Pala, así como su masa y distribución de masas.

El Momento de Inercia tiene un mínimo, ya que con una Pala con este demasiado bajo no se obtendrán velocidades de salida altas de la pelota por muy fácil que movamos la Pala.

- **Masa**

La masa va a ser siempre menor la de la nueva Pala, aunque hasta un mínimo, ya que si es demasiado ligera transmitirá muchas vibraciones y el Momento de Inercia será demasiado bajo para obtener velocidad de salida de la pelota.

- **Centro de masas**

El Centro de masas va a estar más cercano a la cabeza de la Pala en el nuevo diseño que en la nueva Pala. Por las características de juego del deporte creemos que es mejor tener la Pala con un centro de masas más alto.

- **Centro de percusión**

El Centro de percusión, como se recuerda, tiene esta ecuación:

$$q = I/m \cdot r$$

Por tanto para que el Centro de percusión se acerque más al nodo de vibración, el punto de impacto, la masa tiene que disminuir más de lo que aumenta el Centro de masas.

Este punto como recordamos, es un punto en el que si golpea la pelota, no se produce una fuerza de reacción en la mano. Por tanto sería interesante ponerlo cerca del punto de impacto, pero no imprescindible.

En los estudios que se hicieron en el PFC se calculó gracias a la ayuda del software SolidWorks, y se vio cómo se podía acercarse a la zona de impacto. Sin embargo habría que volver a calcularlo reajustando el diseño con el que se calculó debido a los cambios que ha habido.

- **Rigidez**

Se va a intentar que la rigidez de la estructura sea máxima con la restricción de que el Momento de Inercia no sea mayor que el de la Pala de madera. Con mayor rigidez obtendremos mayor velocidad de la pelota ya que hay menos pérdida de energía en deformación de la Pala. Además con la rigidez se gana control. Posiblemente aumenten vibraciones pero para eso hemos diseñado el sistema de absorción de vibraciones.

- **Resistencia**

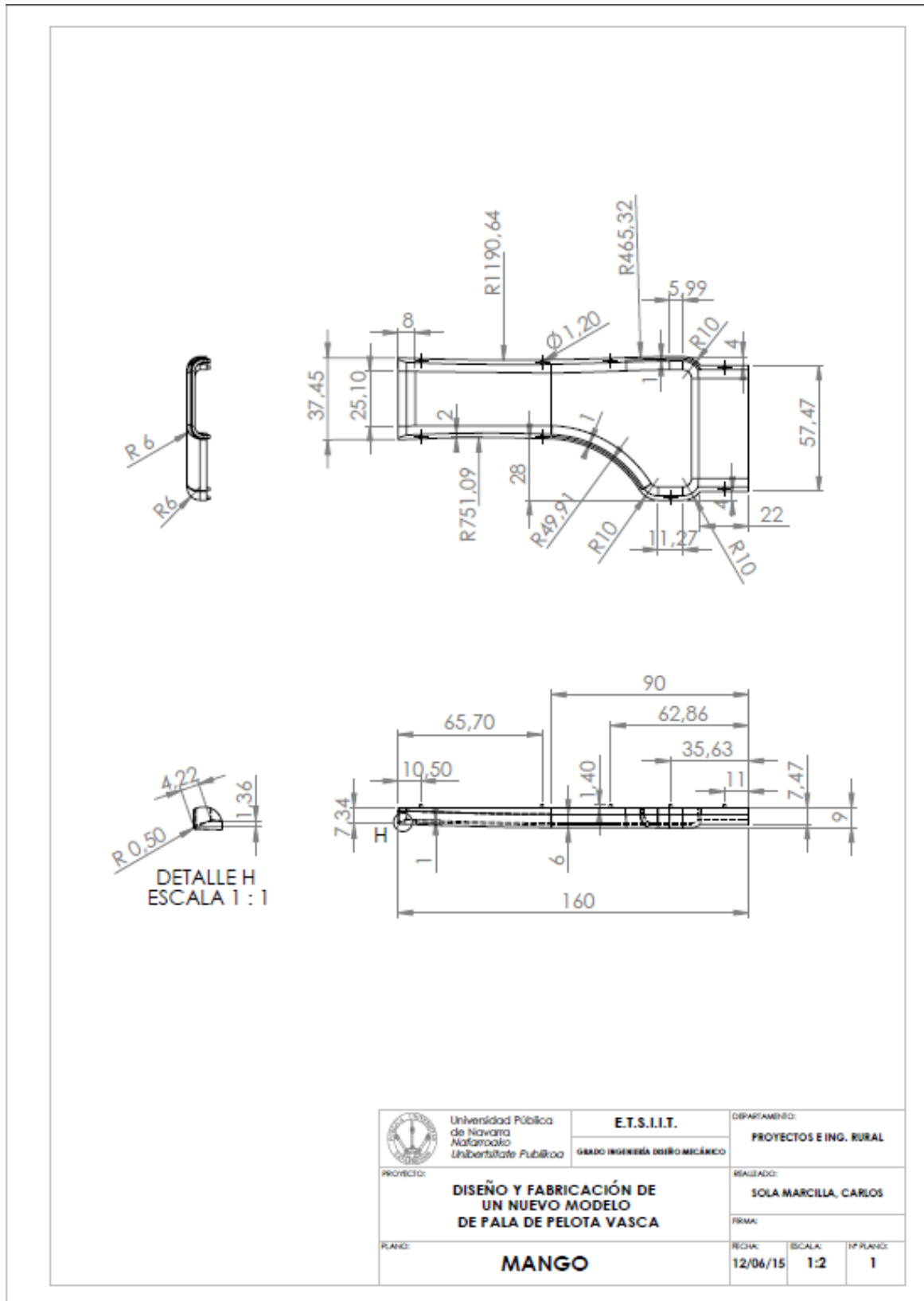
Gracias a las altas propiedades mecánicas de la Fibra de Carbono, como vimos en el PFC, se obtiene una estructura con mayor resistencia en la estructura, y en la zona de impacto se pueden resolver los problemas de rotura de la veta con un espesor del corazón mayor o con el corazón laminado.

- **Vibraciones**

Con el sistema de absorción de vibraciones lograremos atenuar estas y que no produzcan las sensaciones desagradables en la mano.

15. PLANOS

En este apartado se encuentra el plano del mango que se ha diseñado para absorber vibraciones y se ha explicado en el apartado 12. Representamos únicamente una mitad del mango ya que la otra es simétrica.



16. ESTUDIO ECONÓMICO

En este apartado se ha realizado el presupuesto del coste de fabricación de una Pala unitaria del nuevo diseño, teniendo en cuenta los costes de materiales, de fabricación y de mano de obra. La Pala calculada se compondría de cuatro tubos de fibra de carbono y dos de kevlar.

Los valores de los precios unitarios son valores de precios de mercado estándar. Las cantidades son las estimadas para la fabricación de una Pala.

CONCEPTO	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL
Madera	0,00198	m ³	243,05	0,48
Tubo de fibra de carbono	4,4	m	3,2	14,08
Tubo de kevlar	2,2	m	2,9	6,38
Resina epoxi y catalizador	0,15	kg	18,3	2,75
Tubo interior	2,2	m	0,5	1,1
Elastómero	90	cm ²	0,006	0,54
Mecanizado	0,5	h	12	6
Sinterizado del mango	28,08	cm ³	0,04	1,12
Mano de obra	1	h	40	40
				72,45

El coste total de fabricación de una Pala con el nuevo diseño asciende a la cantidad de setenta y dos con cuarenta y cinco euros.

17. CONCLUSIONES

Por último, realizado el trabajo, sacamos las siguientes conclusiones:

1. El objetivo principal de este proyecto es realizar un diseño que mejore las prestaciones de la herramienta actual en cuanto a la velocidad de salida de la pelota, su control y precisión. En este proyecto todavía no se ha conseguido fabricar la Pala que cumpla con estos objetivos, sin embargo gracias a los modelos fabricados, que han sido bastante satisfactorios, se han sacado conclusiones y se ha ideado un diseño final que creemos que los va a cumplir. El diseño final consiste en una Pala con la estructura lo más rígida posible, con lo que ganaremos en potencia y control, y por lo que quizás tengamos que prescindir del kevlar que se había incluido en este proyecto como factor de seguridad debido a su alta resistencia al impacto ante una posible rotura de la fibra de carbono. Además el diseño deberá tener un sistema de absorción de vibraciones que hagan que estas no se transfieran a la mano. Como hemos visto, las vibraciones son muy importantes en una herramienta como la Pala para un deporte como este, ya que las vibraciones que se producen en la Pala en cada impacto con la pelota se transmiten fuertemente a la mano, producen una sensación muy desagradable y llevan eventualmente a una pérdida de control y a producir dolor. Por ello es importante atenuarlas y para ello se ha diseñado un nuevo mango como sistema para absorberlas. Como restricciones para el diseño, tenemos que respetar que el nuevo diseño tenga la misma o mayor resistencia de rotura a flexión, que es uno de los objetivos, por lo que habrá que elegir un tipo de fibra de carbono que tenga una resistencia mínima, y otra restricción es que el Momento de Inercia no supere al de la Pala actual de madera. Si el Momento de Inercia es menor moveremos la pala con mayor facilidad, que es otro de los objetivos que buscábamos. En cuanto a la masa y Centro de masas, decir que el nuevo diseño será más ligero y con el Centro de masas más alto. Creemos que esta distribución de masas es más beneficiosa para el tipo de juego que se hace en este deporte. Por último el Centro de percusión no es tan importante como pensábamos en un principio, ya que el punto de impacto es el Nodo de vibración. Sin embargo acercarlo a la zona de impacto siempre va a ser beneficioso, porque como recordamos, es un punto en el que si golpea la pelota no se produce una fuerza de reacción en la mano. Deberemos recalcularlo en el nuevo diseño, pero posiblemente lo hayamos acercado.
2. Con el nuevo diseño y el material fibra de carbono se consigue un mayor control de producción de la Pala con las características deseadas, y también se obtiene una herramienta a la que no le afectan las variaciones externas medioambientales de temperatura y humedad. Aunque no se ha sustituido por

completo la madera de haya, esto podría ser un objetivo para trabajos posteriores.

3. Se consigue solucionar el problema de la rotura longitudinal de la veta, ya que al componerse el nuevo diseño de dos piezas y al disminuir la masa en la estructura, esto permite aumentar la masa del corazón, y por tanto se puede aumentar el espesor del corazón o realizarlo de forma laminada con las vetas de las láminas en diferentes direcciones. Además se puede encontrar otro material más denso con ese margen de masa que sea más resistente que el haya.
4. Por último se ha realizado un diseño más económico que el anterior, ya que aunque sea más cara que la actual, su durabilidad hace que la rentabilidad económica sea mayor. Además su precio está justificado debido a las prestaciones que se obtienen.

18. BIBLIOGRAFÍA

- web Federación Española de Pelota
- web Federación Internacional de Pelota
- Reglamento General de la Federación Española de Pelota
- Reglamento General de Juego de la Federación Internacional de Pelota Vasca, 2012.
- <http://www.construmatica.com/construpedia/Madera>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Madera>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Fagus_sylvatica
- <https://quimicasthai.wordpress.com/2010/03/29/la-madera-propiedades/principales-direcciones-de-la-madera/>
- http://www.terrakota.pe/documentos/MADERAS20130814-070640-catalogo_maderas.pdf
- <http://www.arambillet.com/>
- <http://palaseuskalduna.com/>
- <http://www.sarl-perry.com/>
- <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/17156-Carbono-y-Aramida-del-concepto-a-la-produccion.html>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Vibración>
- <http://es.wikipedia.org/wiki/Onda>
- http://es.wikipedia.org/wiki/Onda_elástica
- “Las zonas de golpeo agradables” (Sweet spots). Rod Cross, Physics Department, Sydney University. Traducido por Xabier Aguado Jódar.
- Trabajo de Fin de Master: “Características físicas y comportamiento de las raquetas de tenis”, Alberto Rincón Carrasco.
- “Vibraciones transversales de barras y diapasones”, del Departamento Física de la Facultad de Cs. Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
- “Vibration Damping of Tennis Rackets”. Howard Brody
- Xavier Aguado Jódar: “Eficacia y Técnica deportiva”, Barcelona, 1993.
- <http://diegotercero.es/index.php/articulos-de-interes/86-dolor-de-codo-en-jugadores-de-tenis>
- http://www.livestrong.com/es/amortiguadores-raquetas-tenis-sobre_11657/
- <http://www.tennis-warehouse.com/technologies.html>
- <http://www.tennisexpress.com/info/babolat-cortex-technology.cfm>
- <http://www.tennisexpress.com/volkl-v-sponse>
- <http://www.impresora3d.com.mx/prototipos-rapidos/sls-sinterizado.html>

19. ANEXOS

Anexo 1: Ficha Técnica de Maderas

FICHAS TÉCNICAS SOBRE CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y USOS DE MADERAS COMERCIALIZADAS EN MÉXICO		
TOMO I	GOBIERNO FEDERAL	
	SEMARNAT	
	 Vivir Mejor	

FICHAS TÉCNICAS SOBRE CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y USOS DE MADERAS COMERCIALIZADAS EN MÉXICO

TOMO I

Comisión Nacional Forestal
Coordinación Educación y Desarrollo Tecnológico
Calle Periferico Pte. 5360
Colonia San Juan de Ocotán
Zapopan, Jalisco C.P. 45019
Tel: 01800 7370000 y (33) 3777 7017
www.conafor.gob.mx

Investigador / José Antonio Silva Guzmán
Fuente / Investigación apoyada por la Comisión Nacional Forestal (2004 y 2006)

Diseño / Alicia Arrangoiz Julien

IBSN en trámite
Impreso en México
Ejemplar gratuito. Prohibida su venta.

CONTENIDO	FICHAS TÉCNICAS SOBRE CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS Y USOS DE MADERAS COMERCIALIZADAS EN MÉXICO TOMO I
<p> ÁLAMO, POPLAR <i>Populus sp.</i> AMBURANA <i>Amburana cearensis.</i> BANAK, VIROLA <i>Virola sp.</i> BARI, MARÍA <i>Caalophyllum brasiliense.</i> CAPOMO <i>Amburana cearensis.</i> CUMARÚ <i>Dipteryx odorata.</i> ENCINO COLORADO <i>Quercus castanea.</i> ENCINO ROJO <i>Quercus sp.</i> EUCALIPTO <i>Eucalyptus grandis.</i> EUCALIPTO <i>E. x uro-grandis.</i> HABILLO <i>Hura polyandra.</i> HAYA EUROPEA <i>Fagus sylvatica.</i> IPÉ, LAPACHO <i>Tabebuia serratifolia.</i> MACHICHE <i>Lonchocarpus castilloi.</i> MAPLE <i>Acer saccharum (hard maple), A saccharinum</i> MARUPÁ <i>Simarouba amara.</i> PAROTA <i>Enterolobium cyclocarpum</i> PUKTÉ <i>Bucida buceras.</i> QUARUBA <i>Vochysia sp.</i> ROSA MORADA <i>Tabebuia rosea.</i> SANDÉ <i>Brosimum utile.</i> SICOMORO <i>Platanus occidentalis.</i> TAUARÍ <i>Couratari sp.</i> TEPESÚCHIL <i>Terminalia amazonia.</i> TORNILLO <i>Cedrelinga catenaeformis.</i> TZALÁM <i>Lysiloma sp.</i> YELLOW POPLAR WHITEWOO <i>Liriodendron tulipifera.</i> </p> <p style="text-align: center;">www.conafor.gob.mx</p>	<p>La diversidad de especies que se utilizan en las plantaciones comerciales se ha incrementado en los últimos años y que en México se utiliza una gran variedad de maderas tanto nacionales como internacionales, por tanto se ha creado la compilación de Fichas Técnicas Informativas, para contar con información confiable y accesible de: las características estéticas y estructurales, propiedades físicas y mecánicas, trabajabilidad con máquinas y herramientas, durabilidad ante el ataque de hongos e insectos, usos adecuados actuales y potenciales, facilidad o dificultad que ofrece en los procesos del secado y prevención.</p> <p>El uso de las Fichas Técnicas de Maderas facilitará a los silvicultores, productores e industriales, la consulta y acceso a la información técnica de las maderas nativas e importadas más comercializadas en el mercado nacional, con el fin de fortalecer sus conocimientos técnicos acerca de las propiedades de cada tipo de madera. Se espera así, fomentar el uso racional de la madera al disminuir los desperdicios y riesgos por el empleo inadecuado de la madera y por consecuencia una mejor utilización de los recursos naturales.</p> <p>Este producto es resultado del proyecto de investigación "Elaboración de fichas Técnicas sobre características tecnológicas y usos de la madera comercializadas en México series I y II", elaborado por el Dr. José Antonio Silva Guzmán del Departamento de Madera Celulosa y Papel (DMCyP) de la Universidad de Guadalajara y financiado por la Comisión Nacional Forestal en 2004 y 2006.</p>

<h2 style="margin: 0;">ÁLAMO, POPLAR</h2> <p style="margin: 0;"><i>Populus sp.</i></p>	<p style="text-align: center; font-size: small;">Corte transversal (aumento ca. 12x)</p>																													
<p>DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México y América del Norte (EUA, Canadá).</p> <p>CARACTERÍSTICAS. Albura de color uniforme blanco grisáceo o crema, con transición gradual al duramen de color castaño muy claro, aún frecuentemente con tonalidades más oscuras. Los árboles de mayor edad pueden formar proporciones considerables de madera de formación traumática caracterizada por un alto contenido de humedad, un color más oscuro y un olor muy desagradable denominado "madera mojada". Anillos de crecimiento claramente marcados; hilo recto, ocasionalmente irregular; veteado presente, poco pronunciado; textura uniforme, fina a mediana; superficie sin lustre; madera seca sin olor o sabor característico.</p> <p>TRABAJABILIDAD. Madera liviana y tenaz, fácil de trabajar con herramientas manuales y en todas las operaciones de maquinado. Debido a la presencia frecuente de madera de tensión, las superficies cepilladas pueden resultar lanosas. Ofrece un buen acabado y pulimento, fácil de pegar; sin embargo, debido a la naturaleza muy porosa de la superficie, requiere una formulación adecuada del adhesivo. La retención de clavos y tornillos es de baja a satisfactoria dependiendo de la densidad de la madera.</p> <p>SECADO. Generalmente la madera se seca fácil y relativamente rápido al aire libre pero con una ligera tendencia a deformarse, puede haber una distribución desigual de la humedad "bolsas de humedad" que puede dificultar el procesamiento de pegado. El secado técnico se lleva a cabo en corto tiempo, requiere programas moderados tales como el programa E (Reino Unido) o bien, T8-F4, T5-D2 (EUA). La madera con "bolsas de humedad" requiere un mayor tiempo del secado técnico bajo condiciones más suaves.</p> <p>DURABILIDAD NATURAL. Madera poco resistente al ataque de hongos, insectos y perforadores marinos.</p> <p>Usos. Como chapa desarrollada para triplay, cerillos, marcos para puertas de tambor en interiores, partes de muebles, paneles, cajas y embalajes en general, tarimas, pulpa y papel, tableros de fibras y de hojuelas.</p> <p style="text-align: center;">www.conafor.gob.mx</p>	<p style="text-align: center; font-size: small;">Superficie: cara tangencial, mostrando los extremos de color de la madera, en función de especie y calidad.</p> <table border="1" style="width: 100%; background-color: #e6c99a;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #90c090; color: white;">PROPIEDADES FÍSICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Peso verde [kg/m³]</td> <td style="text-align: right;">640—800</td> </tr> <tr> <td>Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm³]</td> <td style="text-align: right;">0.35—0.45</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Contracción radial [%]</td> <td style="text-align: right;">Total</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">3.0—4.0</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Contracción tangencial [%]</td> <td style="text-align: right;">Normal</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">1.3—1.5</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Estabilidad dimensional</td> <td style="text-align: right;">7.0—9.0</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">2.8—5.0</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: right;">regular</td> </tr> </tbody> </table> <table border="1" style="width: 100%; background-color: #e6c99a;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #90c090; color: white;">PROPIEDADES MECÁNICAS</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm²]</td> <td style="text-align: right;">27—37</td> </tr> <tr> <td>Resistencia a flexión u12-15 [N/mm²]</td> <td style="text-align: right;">47—63</td> </tr> <tr> <td>Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm²]</td> <td style="text-align: right;">7600—9800</td> </tr> <tr> <td>Cizallamiento u12-15 [N/mm²]</td> <td style="text-align: right;">5.4—7.5</td> </tr> <tr> <td>Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]</td> <td style="text-align: right;">1.0—2.0</td> </tr> </tbody> </table>	PROPIEDADES FÍSICAS		Peso verde [kg/m ³]	640—800	Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.35—0.45	Contracción radial [%]	Total	3.0—4.0	Contracción tangencial [%]	Normal	1.3—1.5	Estabilidad dimensional	7.0—9.0	2.8—5.0		regular	PROPIEDADES MECÁNICAS		Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	27—37	Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	47—63	Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	7600—9800	Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	5.4—7.5	Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	1.0—2.0
PROPIEDADES FÍSICAS																														
Peso verde [kg/m ³]	640—800																													
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.35—0.45																													
Contracción radial [%]	Total																													
	3.0—4.0																													
Contracción tangencial [%]	Normal																													
	1.3—1.5																													
Estabilidad dimensional	7.0—9.0																													
	2.8—5.0																													
	regular																													
PROPIEDADES MECÁNICAS																														
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	27—37																													
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	47—63																													
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	7600—9800																													
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	5.4—7.5																													
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	1.0—2.0																													

AMBURANA

Amburana cearensis.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. América del Sur (sureste de Brasil, norte de Argentina, Perú, Ecuador y Bolivia).

CARACTERÍSTICAS. Albur de color blanco amarillento con transición gradual a abrupta a duramen de color castaño amarillento a castaño claro verdoso, ocasionalmente con vetas oscuras. Anillos de crecimiento diferenciados por fajas de madera tardía más oscura. Hilo tenue a frecuentemente entrecruzado; vetado suave a acentuado, textura gruesa, superficie poco lustrosa y ligeramente grasosa. Con olor característico fuerte y agradable de vainilla.


TRABAJABILIDAD. Madera de peso mediano, fácil de trabajar manualmente y en todas las operaciones de maquinado. El aserrío de la madera verde ocasionalmente produce superficies lanosas. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento; fácil de laquear pero debido a su estructura gruesa requiere la aplicación previa de un sellador; fácil de pegar; acepta y retiene bien los clavos y tornillos.

SECADO. La madera se seca relativamente rápido al aire libre, pero tiende a agrietarse y encorvarse. El secado técnico se lleva a cabo a velocidad baja, requiere programas cuidadosos para reducir el riesgo de deformaciones y endurecimiento superficial.


DURABILIDAD NATURAL. Madera de resistencia muy variable al ataque de hongos; poco a moderadamente resistente a insectos que atacan la madera seca.

USOS. Closets, cocinas, tableros enlistonados, muebles de jardín y construcción liviana exterior (bajo techo, sin contacto con el suelo).


www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara radial tamaño natural



Superficie: cara tangencial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	800—900
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.57—0.74
Contracción	Total*
	Normal**
radial [%]	2.3—3.0
tangencial [%]	4.0—6.2
Estabilidad dimensional	buena a regular

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	40—57
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	72—90
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	9400—13000
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	9—12
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	2.5—5.0

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

BANAK, VIROLA

Virola sp.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. América del Sur y Central (zonas tropicales).

CARACTERÍSTICAS. La madera es de color café rosáceo claro a café rojizo, de superficie muy homogénea y sin vetado apreciable. La textura es de fina a mediana, la madera seca no tiene olor ni sabor característico.


TRABAJABILIDAD. Madera de fácil aserrío y buena para trabajar con herramientas. El comportamiento al taladrado, escopleado y lijado es bueno, y regular al moldurado y torneado. No se raja al clavarse y retiene satisfactoriamente los clavos y tornillos. Pega bien, acepta todo tipo de lacas y barnices, madera de buen acabado.

SECADO. La madera se seca rápido al aire libre, tiene tendencia a agrietarse y deformarse, al colapso y al aplanamiento. El secado técnico requiere programas de bajas temperaturas para madera de hasta 1½ pulgada de espesor tal como el programa T3-C2 (EUA) y el programa T3-C1 (EUA) para madera de 2 pulgadas (o más) de espesor. Debido al secado técnico, se recomienda un vaporizado final, para evitar defectos excesivos.


DURABILIDAD NATURAL. Madera extremadamente susceptible al ataque de hongos e insectos por lo que requiere secarse rápidamente después de aserrarse para evitar daños.

USOS. Muebles, entrapaños, cubrecantos, molduras y lambrines, tableros enlistonados, chapas desenrolladas (triplay) y rebanadas, paneles, talla y empaques finos.

www.conafor.gob.mx



Superficie: cara tangencial (tamaño natural)



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	800—1000
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.40—0.52—0.63
Contracción	Total*
	Normal**
radial [%]	3.5—5.0
tangencial [%]	9.0—14.0
Estabilidad dimensional	regular a mala

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	36—52
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	60—108
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	8200—14000
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	6.0—10
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	2.1—4.0

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

BARI, MARÍA

Caalophyllum brasiliense.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México, América Central, norte de América del Sur, Caribe.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color blanco rosáceo, con veteado suave en las caras tangenciales. Límites de anillos de crecimiento generalmente no marcados. Textura mediana, superficie poco lustrosa; madera seca sin olor o sabor distintivos.

TRABAJABILIDAD. Madera de peso mediano; moderadamente difícil de aserrar pero fácil de trabajar con herramientas y máquinas: excepto al cepillado que puede ocasionar superficies ásperas, debido al hilo entrecruzado pronunciado. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento, pero requiere la aplicación previa de un sellador. Madera fácil de laquear y pegar. Requiere pre-taladrado para el clavado y atornillado.

SECADO. Madera moderadamente difícil de secar al aire libre; en material grueso con fuerte tendencia a torcerse y al endurecimiento superficial. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo moderado, con programas suaves como son los programas A (Reino Unido) y T2-D4 y T2-D3 (Estados Unidos) para tablas de hasta 3.8 cm de espesor.

DURABILIDAD NATURAL. Madera resistente amoderadamente resistente al ataque de hongos, susceptible al ataque de perforadores marinos y termitas.

USOS Actuales. Construcción mediana exterior y interior, carpintería, muebles, pisos, partes de barcos y embalajes.
Potenciales. Revestimiento de interiores y exteriores, productos moldurados, tableros enlistonados, pisos prefabricados, laminados para marcos de ventanas y puertas.

www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]		~ 900
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.55—0.58—0.62—0.75	
Contracción	Total*	Normal*
	radial [%]	tangencial [%]
	4.6—6.6	2.5—3.2
	8.0—10.9	5.5—6.4
Estabilidad dimensional		mediana

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]		46—59—66
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]		68—90—118
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	10600—13000—16400	
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]		9—11
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]		~ 4.6

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

CAPOMO

Amburana cearensis.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. América del Sur (sureste de Brasil, norte de Argentina, Perú, Ecuador, Bolivia).

CARACTERÍSTICAS. Albura de color blanco amarillento con transición gradual a abrupta a duramen de color castaño amarillento a castaño claro verdoso, ocasionalmente con vetas oscuras. Anillos de crecimiento diferenciados por fajas de madera tardía más oscura. Hilo tenue a frecuentemente entrecruzado; veteado suave a acentuado, textura gruesa, superficie poco lustrosa y ligeramente grasosa. Con olor característico fuerte y agradable de vainilla.


TRABAJABILIDAD. Madera de peso mediano, fácil de trabajar manualmente y en todas las operaciones de maquinado. El aserño de la madera verde ocasionalmente produce superficies lanosas. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento; fácil de laquear pero debido a su estructura gruesa requiere la aplicación previa de un sellador; fácil de pegar; acepta y retiene bien los clavos y tornillos.

SECADO. La madera se seca relativamente rápido al aire libre, pero tiende a agrietarse y encorvarse. El secado técnico se lleva a cabo a velocidad baja, requiere programas cuidadosos para reducir el riesgo de deformaciones y endurecimiento superficial.


DURABILIDAD NATURAL. Madera de resistencia muy variable al ataque de hongos; poco a moderadamente resistente a insectos que atacan la madera seca.

USOS. Closets, cocinas, tableros enlistonados, muebles de jardín y construcción liviana exterior (bajo techo, sin contacto con el suelo).


www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]		~ 1200
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.63—0.88	
Contracción	Total*	Normal*
	radial [%]	tangencial [%]
	5.0—6.0	~ 1.8
	8.5—9.5	~ 3.0
Estabilidad dimensional		regular

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]		51—78
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]		115—150
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	12000—16000	
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]		12—14
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]		7—8

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

CUMARÚ

Dipteryx odorata.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. Zona norte de América del Sur (Venezuela, Guyanas, Brasil, Colombia y Perú).

CARACTERÍSTICAS. Albura de color crema, duramen color caféanaranjado a café rojizo. Anillos de crecimiento no marcados, con aspecto fibroso atenuado; textura mediana, superficie con poco brillo, algo grasosa al tacto. La madera seca no presenta ningún olor característico.

TRABAJABILIDAD. Madera dura y de peso alto; difícil de aserrar y trabajar con herramientas y con máquinas. Se recomienda usar herramientas de filo reforzado y técnicas de corte adecuadas para obtener superficies y cantos de alta calidad. Ofrece un buen acabado, requiere la aplicación previa de un sellador. Madera difícil de pegar. Requiere pre-taladrado para el clavado y atornillado.

SECADO. La madera seca moderadamente rápido al aire libre, con ligera tendencia a torcerse pero con riesgo de agrietarse. Para el secado técnico se recomienda programas suaves como el propuesto por CIRAD (2003) o el programa G (Reino Unido) para tablas de hasta 3.8 cm de espesor. Para espesores mayores es aconsejable un pre-secado al aire libre o en secador solar.

DURABILIDAD NATURAL. Madera muy resistente al ataque de hongos y termitas, así como a la intemperie.

Usos Actuales. Construcción pesada exterior, construcción naval, carrocerías, durmientes, implementos agrícolas, duelas, postes y crucetas.

Potenciales. Pisos para contenedores, pavimentos y pisos industriales, plantas de tratamiento, torres de enfriamiento, etc.

www.conafor.gob.mx



Superficie: cara radial (tamaño natural)



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	~ 1200—1300
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	1,00—1,10—1,20
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	4,5—5,6 ~ 3.2
tangencial [%]	7,2—8.5 ~ 4.6
anisotropía [%tangencial ÷ %radial]	1.5—1.7
Estabilidad dimensional	buena

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	85—96—110
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	152—182—190
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	17920—21500—22200
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	14—18—22
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	12—16

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

ENCINO COLORADO

Quercus castanea.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México, desde Sonora hasta Veracruz, con mayor concentración en Jalisco y Michoacán.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color castaño claro, con transición gradual al duramen de color café oscuro, ocasionalmente con vetas color negro oliváceo. Anillos de crecimiento débilmente marcados. Textura gruesa, superficie algo lustrosa. Sin olor o sabor característico.

TRABAJABILIDAD. Madera pesada y tenaz, difícil de trabajar manualmente, pero se trabaja bien en casi todas las operaciones de maquinado. Debido a su dureza requiere herramientas de filo reforzado y técnicas de corte adecuadas para obtener superficies y cantos de alta calidad. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento. Fácil de laquear y difícil de pegar. El uso de clavos y tornillos requiere taladrado previo para evitar que la madera se raje.


SECADO. El encino colorado es notoriamente difícil de secar por su estructura heterogénea y baja permeabilidad. Para evitar grietas, rajaduras, deformaciones, endurecimiento superficial, apalamiento debidos al secado, se recomienda un pre-secado al aire libre, solar y programas del secado técnico suaves de temperaturas y grado de humedad inicial bajo, seguido por una posterior vaporización prolongada.

DURABILIDAD NATURAL. Resistente al ataque de hongos; moderadamente resistente al ataque de insectos de madera seca.


Usos Tradicionales. Leña, combustible, carbón, construcciones rurales, implementos agrícolas, cabos para herramientas, muebles rústicos, postes y vigas, durmientes y pulpa para papel.

Potenciales. Las aplicaciones principales serían pisos, así como tableros enlistonados para uso múltiple, closets, cocinas, muebles de jardín y construcción liviana exterior (bajo techo, sin contacto con el suelo).

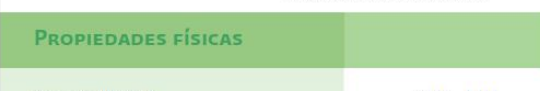
www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara semi-radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	1000—1300
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.71—0.83—0.94
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	4.2—5.5 1.5
tangencial [%]	12.3—16.3 8.0
Estabilidad dimensional	regular a mala

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	62—74
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	113—138
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	16400—19700
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	13—20
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	8—10

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

ENCINO ROJO

Quercus sp.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. América del Norte (EUA y Canadá).

CARACTERÍSTICAS. Albura de color gris rosáceo claro, con transición gradual al duramen de color castaño rosáceo y con matiz amarillento o rojizo. Anillos de crecimiento claramente marcados por bandas de poros grandes, veteado; textura gruesa, superficie algo lustrosa; madera seca sin olor o sabor característico.

TRABAJABILIDAD. Madera de peso medio a alto, dura y tenaz, con buena resistencia mecánica bajo carga estática como dinámica. Debido a su acentuada porosidad anular, la madera con anillos de crecimiento anchos es más pesada y dura que la madera de crecimiento lento. Buena para trabajar con herramientas manuales y en todas las operaciones de maquinado. Ofrece un buen acabado y se deja pegar fácilmente; retiene clavos y tornillos muy bien pero requiere taladrado previo para evitar que la madera se rajé.


SECADO. La madera se seca lentamente al aire libre presentando deformaciones y grietas no muy severas. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo moderado y con tendencia marcada de agrietamiento superficial y en las testas así como al apanamiento. Las tablas de 1"–1½" requieren programas cuidadosos tales como el T4-CZ (EUA) o bien, C (Reino Unido).

DURABILIDAD NATURAL. Madera poco resistente al ataque de hongos e insectos; su aplicación en usos exteriores requiere tratamiento previo al cual es moderadamente resistente.

USOS. Construcción interior, carpintería de obra, muebles finos, pisos, rellas y pisos para vehículos de carga, chapas decorativas y paneles. No sirve para barricas debido a su elevada permeabilidad.

www.conafor.gob.mx

Superficie: cara tangencial (tamaño natural)



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	900—1100
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.65—0.70—0.78
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	4.0—6.0 2.3—3.3
tangencial [%]	8.6—11.3 6.0—7.0
Estabilidad dimensional	regular

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	42—49—60
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	75—100—125
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	10300—12600—15700
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	10—14
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	4.7—6.7

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

EUCALIPTO

Eucalyptus grandis.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. Originario de Australia, plantado a gran escala Brasil, Argentina, Uruguay, Australia, Sudáfrica, y recientemente a poca escala en Tabasco, México.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color rosado claro, duramen poco distinto de la albura. Anillos de crecimiento poco marcados por zonas más oscuras. Veteado suave, textura mediana a gruesa; madera seca sin olor y sabor particular.

TRABAJABILIDAD. La madera es fácil de trabajar con herramientas manuales y con máquinas. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento después de sellada la superficie. Fácil de laquear y pegar; acepta y retiene bien los clavos y tornillos.


SECADO. Madera difícil de secar y con tendencia marcada a agrietarse y deformarse. Requiere programas de secado técnico muy cuidadosos para evitar demasiada pérdida del volumen útil.

DURABILIDAD NATURAL. Duramen poco a moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos. Maderas no resistentes a los perforadores marinos y las termitas.

USOS. Pulpa, papel, tableros y chapas para triplay, madera aserrada para construcción interior secundaria, carpintería, muebles de uso común, ensambles, empaques, lambrines, marcos de puertas y ventanas. Construcción interior y exterior pesada, muebles de alta calidad para interiores y exteriores, pisos, lambrines, marcos de puertas y ventanas.

www.conafor.gob.mx

Superficie: cara tangencial (tamaño natural)



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	700—800
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.37—0.46—0.55
Contracción	Total (Normal)
radial [%]	7.2* (4.1**)
tangencial [%]	12.5* (8.5**)
Estabilidad dimensional	mediana

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	24—32
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	55—65
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	7100—8500
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	7.0—9.0
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	3—5

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

EUCALIPTO

E. x uro-grandis.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. Originario de Australia, plantado a gran escala en Brasil, Argentina, Uruguay, Australia, Sudáfrica, y recientemente a poca escala en Tabasco, México.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color rosado claro, duramen poco distinto de la albura. Anillos de crecimiento poco marcados por zonas más oscuras. Veteado suave, textura mediana a gruesa; madera seca sin olor y sabor particular.

TRABAJABILIDAD. La madera es fácil de trabajar con herramientas manuales y con máquinas. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento después de sellada la superficie. Fácil de laquear y pegar; acepta y retiene bien los clavos y tornillos.


SECADO. Madera difícil de secar y con tendencia marcada a agrietarse y deformarse. Requiere programas de secado técnico muy cuidadosos para evitar demasiada pérdida del volumen útil.

DURABILIDAD NATURAL. Duramen poco a moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos. Maderas no resistentes a los perforadores marinos y las termitas..


USOS. Construcción (vigas laminadas estructurales) interior y exteriorpesada, muebles de alta calidad para interiores y exteriores, pisos, lambrines, marcos de puertas y ventanas (material laminado).

www.conafor.gob.mx

Superficie: cara tangencial (tamaño natural)



Corte transversal (aumento ca. 12x)



PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	~900
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.47—0.68—0.85
Contracción	Total (Normal)
	radial [%] 7.6* (4.8**)
tangencial [%]	9.5* (6.2**)
Estabilidad dimensional	buena a mediana

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	46—66
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	72—120
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	13700—15700
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	10.0—15.0
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	8—10

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

HABILLO

Hura polyandra.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México y América Central (hacia Nicaragua).

CARACTERÍSTICAS. Albura de color blanquecino con transición gradual a duramen de color crema o amarillo pálido. Límites de anillos de crecimiento poco marcados. Textura gruesa, brillo mediano; madera seca sin olor pero con un sabor característico cáustico. Presenta un veteado suave.

TRABAJABILIDAD. Madera de peso mediano; en estado seco, fácil de aserrar y trabajar con herramientas manuales y máquinas. El cepillado deja superficies algo lanosas por lo cual requiere un lijado posterior. Acepta la tinte, barniz y laca; todo tipo de adhesivos, clavos y tornillos.

SECADO. Debido a ser altamente impermeable es moderadamente difícil de secar tanto al aire libre como al secado técnico. Presenta deformaciones frecuentes de moderadas a severas. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo moderado, con programas T6-D2 (Estados Unidos) para tablas de hasta 2.5 cm de espesor; y el programa T3-D1 (Estados Unidos) para tablas de hasta 5.0 cm de espesor.


DURABILIDAD NATURAL. Madera moderadamente a poco resistente al ataque de hongos; no resistente al ataque de perforadores marinos y termitas.

USOS Actuales. Construcciones rurales, carpintería de obra, muebles, cajonería y otros tipos de embalaje, chapas y triplay, artesanía, mangos de herramientas.

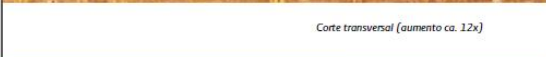
Potenciales. Revestimientos interiores, lambrines y otros productos moldurados, tableros enlustrados para manufactura de muebles, parquet prefabricado, laminados para marcos de ventanas y puertas.

www.conafor.gob.mx

Superficie: cara radial (tamaño natural)



Corte transversal (aumento ca. 12x)



PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	800—900
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.47—0.60—0.68
Contracción	Total* Normal**
	radial [%] ~ 3.0 ~ 1.4
tangencial [%]	~ 4.9 ~ 2.2
Estabilidad dimensional	buena a regular

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	~ 47
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	~ 94
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	~ 9700
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	~ 12
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	~ 7


* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

HAYA EUROPEA


Fagus sylvatica.

- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.** Europa.
- CARACTERÍSTICAS.** Madera de color pardo rosáceo claro, con veteado suave. Límites de anillos de crecimiento nitidamente marcados; textura fina y homogénea, superficie poco lustrosa; madera seca sin olor o sabor distintivo.
- TRABAJABILIDAD.** Madera de peso mediano a alto; moderadamente difícil de aserrar y fácil de trabajar con herramientas manuales y máquinas. Se destaca por sus excelentes propiedades para el doblado. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento. Madera fácil de laquear y pegar. Requiere pre-taladrado para el clavado y atornillado.
- SECADO.** Madera moderadamente lenta de secar al aire libre, con fuerte tendencia a torcerse y agrietarse. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo moderado, con programas suaves como son los programas E (Reino Unido) y T8-C2 (Estados Unidos) para tablas de hasta 3.8 cm de espesor.
- DURABILIDAD NATURAL.** Madera no resistente al ataque de hongos y al ataque de perforadores marinos y termitas.
- USOS.** Madera de uso múltiple cuando no se encuentra expuesta a cambios drásticos de humedad y otros factores ambientales. Los usos principales de la madera sólida son muebles, carpintería de obra, pisos, durmientes, piezas dobladas para diversas aplicaciones, marquetería, chapas desenrolladas y chapas decorativas rebanadas. Además, es una fuente principal para tableros de partículas, lana y harina de madera, virutas para el ahumado, carbón medicinal, etc.


www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	820—1070—1270
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0,54—0,71—0,91
Contracción radial [%]	Total* Normal**
tangencial [%]	5,5—6,0 2,9—4,5
Estabilidad dimensional	11—13 6,2—9,5
mediana a baja	

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	56—62—68
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	102—123—132
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	11900—14000—16500
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	8—10—14
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	3,9—6,3—9,3


* verde a seco (0% de humedad); ** verde a 12% de humedad

IPÉ, LAPACHO


Tabebuia serratifolia.

- DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA.** México, América Central y América del Sur.
- CARACTERÍSTICAS.** Duramen de color café oliva claro a oscuro, frecuentemente con vetas de color oscuro; con veteado suave a acentuado. Límites de anillos de crecimiento generalmente no marcados. Textura fina a mediana, superficie ligeramente grasosa con lustre mediano; sin olor o sabor distintivos.
- TRABAJABILIDAD.** Madera muy pesada, dura y fuerte; moderadamente difícil de aserrar y de buen comportamiento a ser trabajada con herramientas y máquinas. El cepillado puede ocasionar superficies ásperas. Ofrece un buen acabado pero los extralibres pueden interferir con el laqueado y encolado. Requiere pre-taladrado para el clavado y atornillado.
- SECADO.** Madera moderadamente difícil de secar al aire libre y técnicamente; puede presentar ligeras deformaciones, rajaduras en los extremos y agrietamientos superficiales. Para el secado se recomienda programas suaves como el T3-C1 (EUA).
- DURABILIDAD NATURAL.** Madera muy resistente al ataque de hongos y de termitas, pero es susceptible al de taladradores marinos.
- USOS.** La madera puede ser usada para construcciones exteriores pesadas, carrocerías, construcción naval (no en agua salada), pisos, implementos agrícolas y artículos deportivos.
- ADVERTENCIA.** El aserrín fino puede causar reacciones alérgicas en personas sensibles.

www.conafor.gob.mx



Superficie: cara tangencial (tamaño natural)



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	~ 1200—1300
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0,95—1,10—1,15
Contracción radial [%]	Total* Normal**
tangencial [%]	4,9—6,6 4,0—5,0
anisotropía [%tangencial ÷ %radial]	7,3—9,0 5,0—6,0
Estabilidad dimensional	1,4—1,6
buena a mediana	

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	85—91—103
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	160—178—205
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	18300—22000—26300
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	13—17
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	14—17

* verde a seco (0% de humedad); ** verde a 12% de humedad

MACHICHE

Lonchocarpus castilloi.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México, América Central, América del Sur y Caribe.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color crema a café claro, nitidamente diferenciada del duramen de color café amarillento a rojizo, con veteado suave. Textura mediana, superficie poco lustrosa; madera seca sin olor o sabor característico.

TRABAJABILIDAD. Madera pesada y dura, algo difícil de trabajar manualmente y con máquinas. Se recomienda usar herramientas de filo reforzado y técnicas de corte adecuadas para obtener superficies y cantos de alta calidad. Ofrece un excelente acabado y un alto pulimento, fácil de laquear y pegar. Su clavado y atornillado requiere taladrado previo.

SECADO. La madera se seca lentamente al aire libre, con tendencia a agrietarse en las superficies y extremos así como a deformarse. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo moderado, requiere programas suaves como el G (Reino Unido) o bien, Estados Unidos 70(T8-B3) para tablas de hasta 3.5 cm de espesor, y 34(T5-B1) para material más grueso.

DURABILIDAD NATURAL. Madera muy resistente al ataque de hongos e insectos.

USOS Actuales. Muebles finos, productos moldurados, pisos, artesanías y productos torneados.

Potenciales. Construcción exterior e interior, parquet prefabricado, chapas rebanadas decorativas y mangos de herramientas.

www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	~ 1300—1400
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.76—0.83—0.95
Contracción radial [%]	Total* Normal**
Contracción tangencial [%]	4.7—5.2 ~ 2.0
Estabilidad dimensional	1.85—2.20 buena a regular

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	82—89
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	144—175
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	16800—21000
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	12—14
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	8—12

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

MAPLE

*Acer saccharum (hard maple),
A. saccharinum (soft maple).*

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. América del Norte (EUA y Canadá).

CARACTERÍSTICAS. Los árboles maduros de todas las especies de maple pueden tener volúmenes variables de un duramen muy oscuro. Los anillos de crecimiento están claramente marcados y delimitados por líneas finas de color oscuro en todos los maples, pero más acentuados (color casi morado) en el "hard maple". Veteado suave, distinto en "hard maple" y menos pronunciado en "soft maple"; textura fina y uniforme. Madera seca sin olor y sabor característico.

TRABAJABILIDAD. La madera es excelente para trabajar con herramientas manuales y máquinas. Sin embargo, tiende a quemarse con el uso de herramientas desafiladas. Excelente acabado y un alto pulimento. Es fácil de laquear y pegar; acepta y retiene bien los clavos y tornillos.


SECADO. La madera se seca lentamente al aire libre, sin defectos severos, requieren programas de secado técnico moderadamente suaves tales como el programa E (Reino Unido) o T8-C3 (Rad. Male) y T8-D4 (sofá Male) de uso en los EUA.

DURABILIDAD NATURAL. Madera muy susceptible al ataque de hongos e insectos y requiere un procesamiento rápido para evitar daños causados por los hongos. No son resistentes a los perforadores marinos y las termitas.


USOS. El "hard maple" es utilizado para pisos residenciales e industriales de tráfico pesado, duelas para canchas deportivas y salones de baile. Muy utilizada para elaborar muebles de lujo: paneles: teclados de piano; torneados, esculturas; tacones y plataformas de zapatos. Algunos árboles producen madera con un veteado decorativo, carácter muy valorado para chapas. Por lo que respecta al "soft maple", se utiliza en carpintería de obra, mobiliario y ebanistería; chapas decorativas para revestimiento de paneles; utensilios de cocina y partes constructivas de violines.

OBSERVACIÓN. Bajo exposición a la radiación solar, las maderas del tipo "soft maple" tienden a cambiar de color de forma más pronunciada que las maderas del tipo "hard maple".

www.conafor.gob.mx



Superficie: cara tangencial (hard maple), tamaño natural



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS	Hard maple	Soft maple
Peso verde [kg/m ³]	900—1000	700—900
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.68—0.80	0.50—0.65
Contracción total (normal) radial [%]	4.8* (~ 2.8**)	3.0—4.8* (~ 2.0**)
Contracción tangencial [%]	10.0* (~ 6.0**)	7.2—8.2* (~ 4.0**)
Estabilidad dimensional	Regular	buena a regular

PROPIEDADES MECÁNICAS		
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	54—59	36—45
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	109—121	61—92
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	12500—13500	8000—11300
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	12—16	10—13
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	6—7	3—4

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

MARUPÁ

Simarouba amara.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. América del Sur (Venezuela y Guayanas, región amazónica) y América Central.

CARACTERÍSTICAS. Madera de color claro, crema (beige) o amarillo pálido. Anillos de crecimiento generalmente indistintos: veteado suave, ocasionalmente con vetas finas oscuras oleosas. Textura mediana a gruesa, uniforme; sin olor, con un sabor algo amargo cuando está fresca.

TRABAJABILIDAD. Madera liviana, fácil de trabajar con herramientas manuales y con máquinas. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento después de sellada la superficie. Fácil de laquear y pegar; regular aceptación y retención de clavos y tornillos.


SECADO. La madera se seca fácil y rápidamente al aire libre, con poco riesgo de deformarse y agrietarse. Para el secado técnico se recomienda un programa moderadamente rápido así como el J del Reino Unido.

DURABILIDAD NATURAL. Madera muy susceptible a la pudrición, siendo éste el defecto más común en la madera aserrada de importación. Madera no resistente a los perforadores marinos e insectos como las termitas.


USOS. Madera para construcción interior, liviana, carpintería, muebles de uso común y ensamblajes, empaques, lambrines, puertas de tambor interiores, zapatos de plataforma, chapas desenrolladas para triplay y cerillos.

ADVERTENCIA. Según reportes clínicos el contacto con aserrín de marupá puede causar reacciones alérgicas en animales. Como medida preventiva, se recomienda el uso de extractores eficientes en todas las operaciones de maquinado para minimizar los riesgos de salud.


www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	700	900
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.38	0.48
Contracción	Total*	Normal**
	radial [%]	~1.3
tangencial [%]	5.0	7.0
Estabilidad dimensional	buena a regular	

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	33—35
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	59—66
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	8200—10070
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	6.0—8.0
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	2.0—3.0

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

PAROTA

Enterolobium cyclocarpum.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México, América Central, norte de América del Sur (Guayanas, Colombia, Venezuela, Brasil); cultivada en varias partes del mundo.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color blanco amarillento a grisáceo, nitidamente diferenciada del duramen de color café a pardo oscuro, con veteado suave. Anillos de crecimiento débilmente marcados. Textura gruesa, superficie algo lustrosa; madera seca sin olor o sabor característico.

TRABAJABILIDAD. Madera de peso bajo a mediano; moderadamente difícil de trabajar con herramientas manuales y máquinas debido al hilo muy irregular y a la presencia frecuente de madera de tensión. Ofrece un excelente acabado y un alto pulimento pero requiere la aplicación previa de un sellador. Madera fácil de laquear y pegar. Su clavado y atornillado no requiere taladrado previo.

SECADO. La madera es moderadamente difícil de secar al aire libre, presentando deformaciones, sobre todo en tablas de aserrío tangencial. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo mediano, pueden usarse programas moderados como son los programas C (Reino Unido) y T6-D4 (Estados Unidos) para tablas de hasta 2.5 cm de espesor, y T10-D3 para material de mayor espesor.

DURABILIDAD NATURAL. Madera moderadamente resistente al ataque de hongos y resistente al ataque de termitas.

USOS Actuales. Carpintería y ebanistería en general, revestimiento de interiores y exteriores, productos moldurados, puertas y portones, moldes de fundición, artesanía, canoas y embarcaciones ligeras.

Potenciales. Para construcción liviana interior, tableros enlisonados con y sin recubrimiento para muebles y paneles, chapas decorativas rebanadas, embalajes y armazones.

ADVERTENCIA. El aserrín y polvo de lijado pueden causar irritaciones de la piel y de las vías respiratorias.

www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	~ 750
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.38—0.45—0.52
Contracción	Total*
	radial [%]
tangencial [%]	~ 2.2
Estabilidad dimensional	~ 5.0
	regular

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	24—35
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	43—60
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	4500—7400
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	6—7
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	~ 2.4

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

PUKTÉ

Bucida buceras.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México, América Central, norte de América del Sur y Caribe (incluido Florida).

CARACTERÍSTICAS. Duramen de color café, olivo pálido o amarillento oscuro, con veteado suave. Límites de anillos de crecimiento generalmente no marcados. Textura moderadamente fina, superficie con alto lustre transluciente; madera seca sin olor o sabor distintivo.

TRABAJABILIDAD. Madera muy pesada y de alta resistencia al golpe; difícil de trabajar con máquinas y herramientas comunes, debido a su muy alta densidad y contenido de sílice. Para su corte se recomienda usar herramientas reforzadas; el cepillado puede resultar en superficies ásperas. Se puede obtener acabados lisos y brillantes. Madera probablemente difícil de pegar, requiere pre-taladrado para el clavado y atornillado.

SECADO. Madera moderadamente lenta de secar al aire libre, con alabeo y rajaduras moderadas y leves hendiduras. No hay información sobre el secado técnico de esta madera.

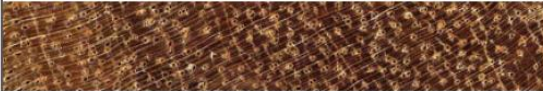
DURABILIDAD NATURAL. Madera resistente al ataque de hongos y termitas; no resistente al ataque de perforadores marinos.

Usos Actuales. Construcción pesada exterior, postes, pilotes, puentes, durmientes, plataformas de vehículos, partes de barcos, leña y carbón.

Potenciales. Pisos industriales y prefabricados, parquet, escaleras, cubiertas para mesas de trabajo, cachas para mangos de cuchillos y baquetas de tambor.

www.conafor.gob.mx

Superficie: cara tangencial, tamaño natural



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m³]	1200—1400
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm³]	0.85—0.95—1.00—1.10
Contracción radial [%]	Total* ~ 4.4
Contracción tangencial [%]	Normal** 1.3—1.8
Estabilidad dimensional	~ 7.9
	2.3—4.5
	buena a mediana

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm²]	~ 72
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm²]	~ 145
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm²]	~ 14390
Cizallamiento u12-15 [N/mm²]	~ 17.6
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	14—16

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

QUARUBA

Vochysia sp.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México, América Central, Caribe y América del Sur.

CARACTERÍSTICAS. Duramen de color rosado a pardo rojizo. Anillos de crecimiento generalmente no visibles. Textura gruesa, superficie poco lustrosa; madera seca sin olor o sabor distintivos. Puede presentar líneas oscuras de canales resiníferos traumáticos, las cuales cuando son frecuentes se consideran un defecto.

TRABAJABILIDAD. Madera de peso liviano a medio, fácil de trabajar con herramientas manuales y máquinas; en el cepillado presenta superficies algo lanosas que al lijarse desaparecen. Ofrece un buen acabado y pulimento pero requiere la aplicación previa de un sellador. Fácil de pegar, clavar y atornillar.

SECADO. El secado al aire libre se califica de lento a moderado, con tendencia pronunciada a deformarse y agrietarse. Material grueso, puede sufrir colapso extenso. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo rápido y fácilmente, presentando aún deformaciones notables.

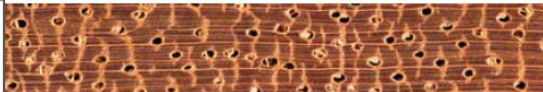
DURABILIDAD NATURAL. Madera muy variable en su resistencia natural, generalmente de durabilidad muy baja al ataque de hongos e insectos.

Usos Actuales. Cajas y otro tipo de embalaje rústico, carpintería general, construcciones livianas y revestimientos de interiores.

Potenciales. Chapas para triplay, tableros de fibras y aglomerados, tableros enlustrados, productos moldurados, paneles, siempre y cuando sean puestos en servicio de interiores bajo condiciones climáticas estables.

www.conafor.gob.mx

Superficie: cara tangencial, tamaño natural



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m³]	800—1100
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm³]	0.42—0.53
Contracción radial [%]	Total* 3.2—4.0
Contracción tangencial [%]	Normal** 1.0—2.1
anisotropía [%tangencial ÷ %radial]	10.8—12.8
Estabilidad dimensional	4.3—8
	2.6—4.04
	regular a muy baja

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm²]	35—53
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm²]	63—92
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm²]	8300—12000
Cizallamiento u12-15 [N/mm²]	9—11
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	2.4—3.0

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

ROSA MORADA

Tabebuia rosea.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México, América Central, norte de América del Sur y Caribe.

CARACTERÍSTICAS. Duramen de color café claro a rosado. Límites de anillos de crecimiento poco marcados; textura mediana, superficie algo lustrosa; madera seca sin olor o sabor distintivo. Presenta un característico veteado plumoso muy atractivo.

TRABAJABILIDAD. Madera de peso mediano; fácil de aserrar y trabajar con máquinas; el cepillado requiere cuidado para evitar que resulte en superficies ásperas, debido a la presencia de hilo entrecruzado. Fácil de entintar, barnizar y laquear; tiene un excelente y atractivo acabado. Madera fácil de pegar con todo tipo de adhesivo. Se recomienda pre-taladrado para el clavado y atornillado.

SECADO. La madera seca rápidamente tanto al aire libre como durante el secado técnico, con poca tendencia a torcerse y agrietarse. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo rápido, con programas A (Reino Unido) y T6-D2 (Estados Unidos) para tablas de hasta 2.5 cm de espesor, y programa T3-D1 (Estados Unidos) para tablas de hasta 5.0 cm de espesor.

DURABILIDAD NATURAL. Madera resistente a moderadamente resistente al ataque de hongos; no resistente al ataque de perforadores marinos y termitas.


Usos Actuales. Muebles y gabinetes finos decorativos, revestimientos de interiores, lambrines, ebanistería, pisos decorativos, chapas desenrolladas y rebanadas, culatas para armas de fuego, artesanía e instrumentos musicales.

Potenciales. Carpintería de obra, productos moldurados, tableros enlistonados, parquet prefabricado, marcos de ventanas y puertas.

www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	~ 900
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	(0.50)-0.53-0.60-(0.70)
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	3.1—4.6 1.0—1.9
tangencial [%]	4.9—6.9 1.8—2.9
anisotropía [%tangencial ÷ %radial]	1.5—1.8
Estabilidad dimensional	buena

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	41—63
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	86—110
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	11000—12400
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	~13
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	4.3—5.6

* verde a seco (0% de humedad); ** verde a 12% de humedad

SANDÉ

Brosimum utile.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. Zona sur de América Central y América del Sur.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color pardo rosáceo claro, con transición gradual al duramen de color castaño muy pálido y con matiz de dorada o rosácea. Anillos de crecimiento raramente marcados; veteado poco acentuado; textura uniforme, mediana a gruesa, superficie algo lustrosa; madera seca sin olor o sabor característico.

TRABAJABILIDAD. Madera de peso liviano a medio, fácil de trabajar manualmente y con máquinas. Durante el aserrado y cepillado de la madera húmeda se pueden producir superficies algo lanosas, por lo que es necesario utilizar herramientas muy bien afiladas. Ofrece un buen acabado y se pega fácilmente. El clavado y uso de tornillos no requieren taladrado previo.

SECADO. La madera se seca rápidamente al aire libre con tendencia a presentar algunas deformaciones y grietas leves. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo rápido y con pocos defectos.

DURABILIDAD NATURAL. Madera muy susceptible al ataque de hongos e insectos. Se requiere procesar rápidamente para evitar un manchado excesivo.


Usos. Chapas desenrolladas para triplay, muebles, construcción liviana interior, paneles, cimbras y cajonería.

OBSERVACIÓN. El sandé es muy similar en características y propiedades a las maderas asiáticas "white seraya" (*Parashorea* sp.) y "light red meranti" (*Shorea* sp.) provenientes de Malasia e Indonesia así como a la madera de "banak/virola" (*Virolo* sp.) proveniente de América del Sur por lo que pueden utilizarse en usos similares.

www.conafor.gob.mx



Superficie: cara tangencial, tamaño natural



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	750—900
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.48—0.55—0.69
Contracción	Total* Normal**
radial [%]	4.0—5.8 ~ 2.0
tangencial [%]	7.3—8.2 ~ 3.9
Estabilidad dimensional	regular

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	52—67
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	93—118
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	11300—16500
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	7—9
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	3—4

* verde a seco (0% de humedad); ** verde a 12% de humedad

SICOMORO

Platanus occidentalis.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. Este y centro de América del Norte, hasta el golfo de México.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color blanquecino a amarillo pálido, con transición gradual hasta abrupta al duramen de color castaño claro a oscuro o castaño rojizo. Anillos de crecimiento marcados; veteado acentuado. Textura mediana a gruesa; madera seca sin olor y sabor característico.


TRABAJABILIDAD. Madera de peso mediano y de estructura compacta, buena para trabajar con herramientas manuales y con máquinas. Excelente para el doblado bajo vapor. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento: fácil de laquear y pegar; acepta y retiene bien los clavos y tornillos.

SECADO. Esta madera es algo difícil de secar. Aunque se seque moderadamente rápido, el secado resulta en una distribución de la humedad parcialmente desuniforme. La madera tiende a deformarse, principalmente los tableros tangenciales de espesores mayor a 2.5 cm (1"). Por estas razones, el secado técnico requiere programa moderado tal como el T6-d2 y T8-D35 (Estados Unidos) o bien, el programa E (Reino Unido) seguidos de un acondicionamiento prolongado.


DURABILIDAD NATURAL. No resistente al ataque de hongos e insectos. Madera no resistente a los perforadores marinos y además fácilmente atacada por termitas.

Usos. Carpintería, muebles, chapas decorativas, paneles, chapas desenrolladas para triplay, pisos, embalajes, tarimas, artesanía y torneados: recipientes, pulpa y papel, tableros de partículas.


www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	750—850
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.50—0.54—0.60
Contracción radial [%]	Total* Normal**
tangencial [%]	5.0 ~3.0
Estabilidad dimensional	9.0 ~5.0 regular

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	35—40
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	64—74
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	9500—10500
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	9.0—11.0
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	3,1—4.0

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

TAUARI

Couratari sp.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. América Central, norte de América del Sur (desde las Guayanas hasta Perú).

CARACTERÍSTICAS. Madera de color blanco crema, blanco rosáceo o gris amarillento, veteado suave. Límites de anillos de crecimiento generalmente no marcados. Textura mediana a gruesa, superficie poco lustrosa; madera verde con olor desagradable, madera seca sin olor o sabor distintivo.

TRABAJABILIDAD. Madera de peso mediano: fácil a moderadamente difícil de aserrar y trabajar con herramientas manuales y máquinas. Genera un desgaste del filo de la maquinaria y herramientas. Se recomienda usar herramientas reforzadas. Ofrece un buen acabado y un alto pulimento pero requiere la aplicación previa de un sellador. Madera fácil de laquear y pegar. Se recomienda pre-taladrado para el clavado y atornillado.


SECADO. La madera seca rápidamente al aire libre con poca tendencia a torceduras y rajaduras. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo relativamente corto, con programas moderados como son los programas D (Reino Unido) y T3-D2 y T3-D1 (Estados Unidos) para tablas de hasta 3.8 cm de espesor.

DURABILIDAD NATURAL. Madera poco resistente al ataque de hongos y al ataque de perforadores marinos y termitas.


Usos Actuales. Para construcción mediana interior y exterior bajo techo, carpintería de obra, muebles, pisos, embalajes, chapas desenrolladas y triplay.

Potenciales. Revestimiento de interiores, productos moldurados, tableros enlustrados, laminados para marcos de ventanas y puertas.

www.conafor.gob.mx



Superficie: cara radial, tamaño natural



Corte transversal (aumento ca. 12x)

PROPIEDADES FÍSICAS	
Peso verde [kg/m ³]	800—950
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.53—0.62—0.72
Contracción radial [%]	Total* Normal**
tangencial [%]	4.1—4.6 3.2
anisotropía [%tangencial ÷ %radial]	6.6—8.0 5.1
Estabilidad dimensional	1.6—1.8 buena a mediana

PROPIEDADES MECÁNICAS	
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	40—53—67
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	85—103—132
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	9850-10600-12400-14500
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	9—14
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	3.9—6.5

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

TEPESÚCHIL

Terminalia amazonia.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México, América Central y América del Sur.

CARACTERÍSTICAS. Duramen de color pardo a verde amarillento, veteado muy atractivo, usualmente con vetas rojizo-oscuras. Anillos de crecimiento débilmente marcados. Textura mediana, superficie algo lustrosa; madera seca sin olor o sabor característico.

TRABAJABILIDAD. Madera pesada y dura; moderadamente difícil de trabajar con herramientas manuales y máquinas. Debido a la dureza de la madera se recomienda usar herramientas reforzadas. Tiene buena afinidad con tintas, barnices y lacas y ofrece un excelente acabado y un alto pulimento. El clavado y atornillado requieren taladrado previo. La calidad del encolado varía de buena a pobre en función de la densidad de la madera y el adhesivo usado.

SECADO. La madera es moderadamente difícil y lenta de secar al aire libre; presenta de mediano a alto riesgo de torcerse y agrietarse. Para el secado técnico deben usarse programas suaves como son los programas C (Reino Unido) y T3-C2 (Estados Unidos) para tablas de hasta 2.5 cm de espesor, y T3-C1 para material de mayor grosor.

DURABILIDAD NATURAL. Madera resistente al ataque de hongos y al ataque de termitas de madera seca, pero susceptible al ataque de termitas subterráneas.

USOS Actuales. Construcciones pesadas interiores y exteriores: carpintería, muebles de uso común, pisos, durmientes y mangos para herramientas.

Potenciales. Chapas decorativas rebanadas y desenrolladas, parquet, muebles finos de lujo, tableros enchapados, revestimientos, moldurados, tornería y artesanía.

www.conafor.gob.mx

Superficie: cara radial, tamaño natural



Corte transversal (aumento ca. 12x)



PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	00—950
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.53—0.62—0.72
Contracción	Total*
	Normal**
radial [%]	4.1—4.6 3.2
tangencial [%]	6.6—8.0 5.1
anisotropía [%tangencial ÷ %radial]	1.6—1.8
Estabilidad dimensional	buena a mediana

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	40—53—67
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	85—103—132
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	9850-10600-12400-14500
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	9—14
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	3.9—6.5

* verde a seco (0% de humedad); ** verde a 12% de humedad

TORNILLO

Cedrelinga catenaeformis.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. América del Sur, región Amazonas desde Brasil, Ecuador hasta Perú.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color crema amarillenta o rosada, con transición gradual al duramen de color castaño rojizo pálido, oscureciendo ligeramente bajo exposición. Anillos de crecimiento indistintos. Veteado poco acentuado. Textura gruesa, superficie con líneas vasculares prominentes. Madera verde con olor muy desagradable y seca sin olor o sabor característico.

TRABAJABILIDAD. Madera de peso mediano, fácil de trabajar manualmente y con maquinaria. El cepillo y el moldurado pueden producir superficies algo lanosas, por lo tanto es necesario utilizar herramientas muy bien afiladas. Ofrece un buen acabado después sellada la superficie y se pega fácilmente. Acepta y retiene bien los tornillos; sin embargo, con el uso de clavos la madera tiende a rajarse fácilmente.

SECADO. La madera se seca rápidamente al aire libre, si se tiene un estivado correcto y bajo techo. Presenta poco riesgo de agrietarse y deformarse. Para el secado técnico se recomienda programas moderadamente rápidos con una temperatura inicial máxima de 70 °C y un control cuidadoso de los parámetros del proceso.

DURABILIDAD NATURAL. Madera moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos. Para usos exteriores requiere un tratamiento de preservación para su mayor duración.


USOS Actuales. Construcción liviana interior, muebles estándar, chapas desenrolladas para triplay, paneles, cajonería y tableros aglomerados.

Potenciales. Carpintería de obra, laminados para marcos de puertas exteriores y ventanas, pisos, tableros enlistonados para muebles modulares y productos moldurados.


ADVERTENCIA. Según reportes clínicos, el contacto con aserrín de tornillo puede causar irritación en la nariz y la garganta. Como medida preventiva se recomienda el uso de extractores eficientes en todas las operaciones de maquinado.

www.conafor.gob.mx

Superficie: cara radial, tamaño natural



Corte transversal (aumento ca. 12x)



PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	750—900
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	0.46—0.51—0.64
Contracción	Total*
	Normal**
radial [%]	3.3—4.5 1.6—2.0
tangencial [%]	6.1—7.7 2.9—3.2
Estabilidad dimensional	buena a regular

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	30—46
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	57—83
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	8200—10900
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	7—12
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	3—4

* verde a seco (0% de humedad); ** verde a 12% de humedad

TZALÁM

Lysiloma sp.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. México, América Central y Caribe.

CARACTERÍSTICAS. Albura de color crema amarillenta, claramente diferenciada del duramen de color café claro a oscuro con matiz "cobre" o morado. Anillos de crecimiento débilmente marcados o ausentes. La madera puede tener un vetado de suave a pronunciado, y en algunas ocasiones sin vetado. Textura mediana, superficie algo lustrosa; madera seca sin olor o sabor característico.

TRABAJABILIDAD. Madera pesada y dura, algo difícil de trabajar manualmente y con diferentes máquinas. Se recomienda usar herramientas de filo reforzado y técnicas de corte adecuadas para obtener superficies y cantos de alta calidad. Ofrece un excelente acabado y un alto pulimento. Fácil de laquear y pegar. Su clavado y atornillado requieren taladrado previo.

SECADO. La madera se seca lentamente al aire libre, se requieren de 90 a 150 días para tablas de 2.5 cm de espesor, con tendencia acentuada a agrietarse en las superficies y extremos así como a deformarse también. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo moderado, requiere utilizar un programa como el F (Reino Unido) o bien, M (Junta del Acuerdo de Cartagena).

DURABILIDAD NATURAL. Madera altamente resistente al ataque de hongos e insectos. Probablemente no resistente a perforadores marinos.

Usos actuales. Construcción exterior e interior, carpintería y muebles finos, productos moldurados, pisos, artesanías y productos torneados.
Potenciales. Parquet prefabricado, chapas rebanadas decorativas, artículos deportivos, marcos de puertas y ventanas.

www.conafor.gob.mx



Corte transversal (aumento ca. 12x)



Superficie: cara tangencial tamaño natural



Superficie: cara radial tamaño natural

PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	~ 1200	
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	Total*	0.70—0.88
Contracción	radial [%]	~ 1.0
	tangencial [%]	~ 2.1
Estabilidad dimensional	buena a regular	

PROPIEDADES MECÁNICAS

Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	45—68
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	88—132
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	9900—13100
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	11—14
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	~ 9

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

YELLOW POPLAR WHITEWOOD

Liriodendron tulipifera.

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA. América del Norte (este y centro de Canadá y EUA)

CARACTERÍSTICAS. Duramen de color café verdusco o verdeolíváceo, con vetado suave. Anillos de crecimiento bien marcados. Textura fina y uniforme, superficie poco lustrosa; madera seca sin olor o sabor característico.


TRABAJABILIDAD. Madera de peso mediano y de estructura homogénea; excelente para trabajar con herramientas manuales y máquinas, excepto el lijado, considerado algo difícil. Ofrece un excelente acabado y un alto pulimento. Madera fácil de entintar, laquear y pegar. Su clavado y atornillado no requiere taladrado previo.

SECADO. La madera se seca fácil y rápidamente al aire libre, con muy baja tendencia a agrietarse en las caras y extremos, así como a deformarse. El secado técnico se lleva a cabo en tiempo corto, se pueden usar programas relativamente drásticos como son los programas E (Reino Unido) y T11-D4 (Estados Unidos) para tablas de hasta 3.5 cm de espesor, y T10-D3 para material de 5 cm de espesor.


DURABILIDAD NATURAL. Madera no resistente al ataque de hongos e insectos.

Usos Actuales. Capas interiores de triplay, partes de muebles no expuestos, carpintería de obra, marcos de puertas interiores y productos moldurados.
Potenciales. Para construcción liviana interior, muebles de cocina, tableros enlustrados con y sin recubrimiento, tabillas y paneles para revestimientos interiores, moldes de fundiciones y cimbras para concreto, talla y torneados.

www.conafor.gob.mx



Superficie: cara semi-tangencial (tamaño natural)



Corte transversal (aumento ca. 12x)

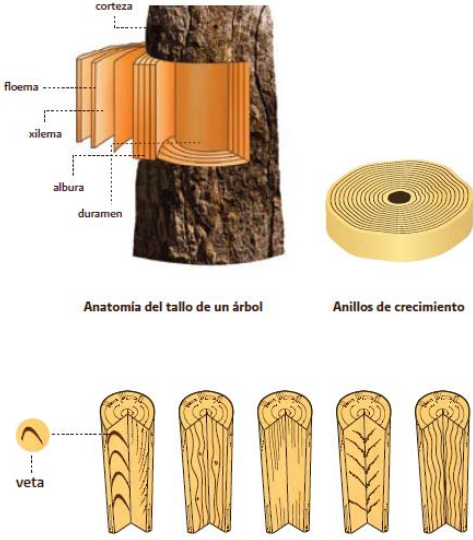
PROPIEDADES FÍSICAS

Peso verde [kg/m ³]	~ 800	
Densidad seca al aire (12-15% u) [g/cm ³]	Total*	0.45—0.53
Contracción	radial [%]	~ 3.0
	tangencial [%]	~ 5.0
anisotropía [%tangencial ÷ %radial]	~ 1.80	
Estabilidad dimensional	buena	

PROPIEDADES MECÁNICAS


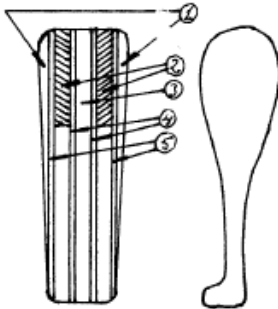
Resistencia a compresión paralela u12-15 [N/mm ²]	~38
Resistencia a flexión u12-15 [N/mm ²]	~ 70
Módulo de elasticidad (flexión) u12-15 [N/mm ²]	7300—9800—10900
Cizallamiento u12-15 [N/mm ²]	7—10
Dureza JANKA (lateral) u12-15 [kN]	2.4—3.5

* verde a seco (0% de humedad); **verde a 12% de humedad

GLOSARIO	GLOSARIO
<p>AGRIETAR. Provocar aberturas incontroladas de un elemento superficial que afectan a todo su espesor.</p> <p>ALBURA. Parte joven de la madera que corresponde a los últimos ciclos de crecimiento del árbol, suele ser de un color más claro y de menor durabilidad natural.</p> <p>ANILLOS DE CRECIMIENTO. Es un patrón en forma de anillo, formado por el crecimiento periódico que se presenta en algunas especies de árboles. Se puede observar en la sección transversal de un árbol. El conjunto de anillos se le denomina anillos de crecimiento.</p> <p>DURAMEN. Parte de la madera localizada en la zona central del tronco. Representa la parte más antigua del árbol, tiende a ser de color oscuro y de mayor durabilidad natural.</p> <p>HOMOGÉNEO (A). Composición y estructura uniformes.</p> <p>LUSTROSA. Superficie que tiene lustre o brillo.</p> <p>SECADO. El método de secado de la madera depende de las dimensiones en ancho, espesor y longitud de la pieza. El secado puede ser natural, al aire; mientras que el secado técnico, utiliza diferentes tipos de hornos con equipo especializado, con software que permiten la ejecución de programas de secado.</p> <p>TEXTURA. Llamamos textura a la mayor o menor rugosidad de una superficie, a su riqueza al tacto. Propiedad que tienen las superficies externas de los objetos, así como las sensaciones que causan, que son captadas por el sentido del tacto.</p> <p>VETA. Es el producto de la orientación de las fibras de la madera.</p> <p>VETEADO. En un corte de madera, vetas o franjas de color diferente. Puede ser un considerado como un acabado decorativo en los muebles de madera.</p> <p style="text-align: right;">www.conafor.gob.mx</p>	 <p style="text-align: center;">Anatomía del tallo de un árbol Anillos de crecimiento</p> <p style="text-align: center;">Vetados varios</p>

<p style="text-align: center;">Impreso en Equilátero Montemorelos 129 Col. Loma Bonita Zapopan, Jalisco, México. C.P. 45087</p> <p style="text-align: center;">El tiro consta de 5, 000 ejemplares. Agosto 2008</p>	 <p style="text-align: center;">www.conafor.gob.mx</p> <p style="text-align: center;">  COMISIÓN NACIONAL FORESTAL </p>
---	---

Anexo 2: Patente de Pala de Goma o Cuero

	REGISTRO DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL ESPAÑA	① N.º de publicación: ES 2 018 366 ② Número de solicitud: 8901014 ⑤ Int. Cl.º: A63B 59/02
⑫	PATENTE DE INVENCION	A6
⑫ Fecha de presentación: 20.03.89	⑬ Titular/es: Jose-Salvador Ruiz Irizabal General Urrutia, N.º 9-3.º Dcha. Logroño (La Rioja), ES	
⑭ Fecha de anuncio de la concesión: 01.04.91	⑯ Inventor/es: Ruiz Irizabal, José Salvador	
⑮ Fecha de publicación del folleto de patente: 01.04.91	⑰ Agente: No consta	
⑳ Título: Pala almada para juego de frontón con pelota de goma o cuero.		
㉑ Resumen: Para almada para juego de frontón con pelota de goma o cuero. Comprende, dependiendo de la modalidad, de tres a cinco largueros de madera en forma longitudinal (1) (2) (3). Los dos largueros de las partes semi-centrales (2) con la parte superior de los mismos, puestos en forma transversal y con una separación entre ellos y el larguero de la parte central, de un alma de madera en cada lado (4) y de los largueros de la parte exterior de otra alma de madera en cada lado (5). Los largueros y las almas posteriormente van unidos encolados y prensados.		
Venta de fascículos: Registro de la Propiedad Industrial. C/Panamá, 1 - 28096 Madrid		

1	2 018 366	2
DESCRIPCION		
<p>La presente invención se refiere a un nuevo tipo de palas de madera con destino principalmente para el juego de frontón con pelota de goma o cuero.</p> <p>El problema que existe actualmente con las palas que hoy se fabrican es que, al ser todas de una sola pieza y al golpear el jugador con fuerza la pelota, tiene tendencia a romper por cualquiera de las vetas longitudinales de la misma, con el consiguiente perjuicio económico y la desventaja de que el jugador jamás puede adaptarse debidamente a esta herramienta, pues el promedio actual es de una pala rota cada dos partidos.</p> <p>Con este nuevo sistema conseguimos un muy alto rendimiento en cuanto a duración de la herramienta, pues al estar elaborada con maderas de distintos groesos (1) (2) (3) (4) (5) (según se puede apreciar en el dibujo) y algunas de estas partes de forma transversal a las demás (2), se hace muy difícil que rompa, pues las vetas van cruzadas y no son las mismas en un lado y otro de la pala.</p> <p>Tenemos comprobado que la velocidad de salida de la pelota cuando golpeamos con esta pala, es mayor que la obtenida por las otras palas normales, es por tanto que conseguiremos darle una mayor viveza al juego, con lo que el espectáculo</p>	<p>de este deporte mejorará.</p> <p>Al ser infinitamente mayor la duración de esta pala que una normal, la adaptación hombre - herramienta es mucho mejor, con el consiguiente beneficio a la hora de competir, pues el jugador no tendrá que estar pendiente de cuando se le va a romper la pala, ya que la duración de ésta, hará que no cambie de herramienta en muchísimo tiempo.</p> <p>Para la realización de esta pala, tendremos, según sea la modalidad para la que se utilice (goma o cuero) que hacerla con cinco o nueve almas de madera.</p> <p>Con nueve almas, nos referiremos a la pala empleada para jugar con pelota de cuero.</p> <p>Partiendo del larguero central, el cual va longitudinalmente de lado a lado (3) le pondremos encoladas dos almas de madera delgada, una a cada lado (4). Una vez hecha esta operación le encolaremos los largueros semicentrales (2) los cuales tienen en la parte superior de los mismos la madera puesta a contraveta.</p> <p>Cuando tengamos ya preparada esta parte, le encolaremos otras dos almas de madera delgada, una a cada lado (5). Y por último a todo esto le encolaremos los largueros o tapas exteriores (1). Después manipularemos este bloque de madera con el fin de darle a la pala la forma y el peso exactos.</p>	<p>5</p> <p>10</p> <p>15</p> <p>20</p> <p>25</p> <p>30</p> <p>35</p> <p>40</p> <p>45</p> <p>50</p> <p>55</p> <p>60</p> <p>65</p>
2		

3	2 018 366	4
REIVINDICACIONES		
1. Se reivindica como nueva y propia invención, la propiedad y explotación exclusiva de esta pala, caracterizada por estar compuesta de largueros y almas de madera puestas de forma tal, que hacen casi imposible la rotura de esta herramienta.	5	también longitudinal.
Las secciones de que consta son:		
1) Una zona central de un larguero en forma longitudinal con dos almas en forma	10	2) Una zona semi-central de dos largueros con las partes superiores de los mismos puestos a contraveta y con dos almas puestas longitudinalmente.
	15	3) Una zona exterior de dos largueros puestos en forma longitudinal, haciendo de tapas.
	20	2. La pala almada para juego de frontón con pelota de goma o cuero.
	25	
	30	
	35	
	40	
	45	
	50	
	55	
	60	
	65	
		3

2 018 366

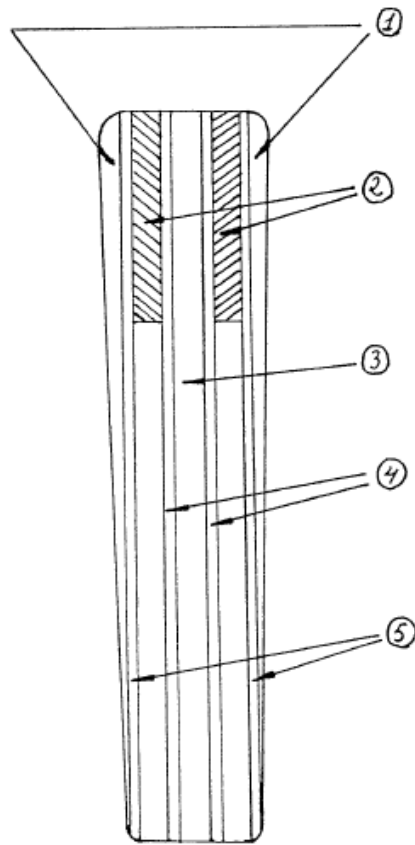


FIG-1



FIG-2

Firma del autor

Tudela, 22 de Junio de 2015