

The background features a collection of light gray, stylized silhouettes. On the left side, there are several human figures in various poses: one holding a longbow, another aiming an arrow, and others in dynamic, athletic stances. On the right side, there is a herd of animals, including several large deer or stags and a few smaller, spotted animals, possibly representing a hunt or a natural scene. The overall style is minimalist and evokes a sense of ancient human activity and nature.

# **GUÍA DE CONSTRUCCIÓN DE ARCOS Y FLECHAS CON MATERIALES NATURALES**

Ángel de la Llave González

Santiago Faro Gonzalvo

Febrero 2025



## ÍNDICE

1.INTRODUCCIÓN .....	4
2. LA MADERA .....	10
2.1. ESTRUCTURA .....	10
2.2. ESPECIES .....	13
3. DISEÑO DEL ARCO .....	19
3.1. POTENCIA .....	20
3.2. LONGITUD DEL ARCO .....	21
3.3. PERFIL .....	22
3.4. DISTRIBUCIÓN DEL PESO .....	25
4. PROCESO DE FABRICACIÓN .....	29
4.1. ELECCIÓN Y CORTE .....	29
4.2. ALMACENAMIENTO Y SECADO .....	31
4.3. DESBASTADO Y DORSO .....	33
4.4. BOSQUEJO DEL ARCO .....	35
4.5. NUDOS .....	38
4.6. EQUILIBRADO .....	39
4.7. ACABADO .....	45
4.8. ENDEREZAR Y CURVAR LA MADERA .....	47
4.9. REFUERZO DE LA ESPALDA DEL ARCO .....	50
4.9.1 REFUERZO CON TENDÓN .....	52
5. LA CUERDA .....	60
5.1. MATERIALES .....	60
5.2. FABRICACIÓN DE UNA CUERDA .....	62
6. LAS FLECHAS .....	68
6.1. ASTIL .....	70
6.2. RANURA .....	73
6.3. PUNTA .....	74
6.4. EMPLUMADO .....	77
6.5. CARCAJ .....	81
7. TIRO .....	84
8. MANTENIMIENTO .....	90
9. BIBLIOGRAFÍA .....	93
9.1. BIBLIOGRAFÍA TÉCNICA .....	93
9.2. BIBLIOGRAFÍA ARQUEOLÓGICA .....	97
9.3. SITIOS WEB DE INTERÉS .....	99
10. AGRADECIMIENTOS .....	101
11. SOBRE LOS AUTORES .....	105
11. ANEXO .....	107



# 1.INTRODUCCIÓN

Esta guía tiene la intención de ser un pequeño manual con los conocimientos básicos que cualquier fabricante de arcos necesitará cuando se enfrente a sus primeros proyectos. En un inicio, pretendimos redactar unos breves apuntes que agruparan la teoría que impartimos en los cursos de iniciación de construcción de arcos, pero la pasión que sentimos nos ha impulsado a crear una guía ligeramente más extensa que permita explicar algunos aspectos más allá de lo más básico y que pueda estar a disposición de todo aquel que quiera comenzar en este mundo.

A lo largo del texto, trataremos las técnicas necesarias para confeccionar arcos y flechas primitivos, entendiendo por primitivo lo relativo a los orígenes o los primeros tiempos de algo. Con este adjetivo queremos identificar o definir algo antiguo, primigenio, originario, algo identificado con sus orígenes y no calificar su calidad o su valor.

La Arqueología nos muestra que, en su origen, un arco es un palo tensado con una cuerda que propulsa otro palo armado con una punta afilada. Esto es así desde los primeros arcos prehistóricos conservados y conocidos, hasta los fabricados y utilizados a diario por algunos grupos humanos todavía hoy en día. Las diferentes necesidades y la disponibilidad de materiales han supuesto la aparición de diferentes tipos de arcos a lo largo de prácticamente todo el mundo.

Dado que la mayoría de los materiales de los que se componen los elementos del equipo del arquero tienen un origen orgánico, la conservación de arcos y flechas prehistóricos se ha dado únicamente en condiciones muy específicas, como es el caso de las turberas o los yacimientos lacustres. Es por ello, que para rastrear el inicio de la arquería a través del registro arqueológico es posible basarse en estos hallazgos excepcionales, pero también en indicios indirectos como son los diferentes tipos de puntas líticas de proyectil.

Durante el periodo del Paleolítico Superior conocido como Gravetiense (30.000-22.000 BP), se dio un mayor desarrollo de estas puntas líticas, algunas de ellas pedunculadas, por lo que se plantea un uso muy probable del propulsor y la

azagaya. Sin embargo, los especialistas son escépticos en cuanto al uso del arco en este periodo y en periodos anteriores, para los que se cuenta con ejemplos todavía más escasos.

Durante el Solutrense (22.000-17.000 BP) proliferan las puntas de proyectil de pequeño tamaño, fabricadas en piedra, de forma foliácea y en ocasiones con pedúnculo, que podrían corresponder a la aparición de las primeras flechas propulsadas mediante un arco. Sin embargo, no se puede afirmar que la arquería naciera en este periodo, ya que podrían corresponder a pequeñas puntas de azagaya.

Encontramos esta misma conjetura en el periodo final del Paleolítico, el Magdaleniense (17.000-11.000 BP), en el que se extiende el uso de puntas fabricadas con hueso y asta junto a las de piedra, pero en el que también se carece de pruebas más convincentes del uso de arcos y flechas.

En Stellmoor, al norte de Alemania, se encontraron, en un yacimiento arqueológico ubicado en una turbera, aproximadamente 100 varillas de madera de pino, algunas compuestas de dos partes y con una punta lítica todavía unida. Todas ellas poseen una ranura en el extremo contrario a la punta que podría servir para ser encajadas en la cuerda de un arco, lo que claramente las identifica como astiles de flecha. Datadas en torno al 10.000 BC, y por tanto a finales del Paleolítico Superior, son la evidencia directa más antigua conocida del uso del arco.

Es durante el Mesolítico (9.500-3.900 BC) cuando, sin ninguna duda, la arquería se extiende por Europa, Asia y el Norte de África, contando con abundantes evidencias arqueológicas directas de su existencia. En Europa contamos con unos 40 ejemplares de arcos, en su mayoría fabricados con olmo, y aproximadamente 60 flechas de este periodo. Algunos de los arcos, como los procedentes de Holmegaard o Møllegaet (Dinamarca), este último datado en torno al 5.500 BC, cuentan con un diseño muy elaborado y efectivo, que podría delatar una larga evolución previa hasta llegar a ellos.

Ya en el Neolítico (5.500-2.500 BC), la Arqueología europea cuenta con unos 150 arcos, en su mayoría de tejo, y un número similar de flechas. Los ejemplares más

antiguos son los tres procedentes de La Draga, Banyoles, (5.300-5.000 BC), conservados gracias a las condiciones excepcionales de este yacimiento lacustre.

A partir de este periodo, la madera de tejo se convierte en el material predilecto para la fabricación de arcos, encontrando numerosos ejemplos durante la prehistoria reciente y épocas históricas. Así, los arcos fabricados con materiales naturales, ya sean únicamente de madera o combinando esta con otros materiales como cuerno, tendón, colas naturales y piel, han tenido una gran importancia en todo el mundo hasta la generalización de las armas de fuego, conviviendo con ellas en ámbitos como la caza y la guerra, en algunos casos, desde la aparición de éstas hasta mediados del siglo XIX.

No será hasta principios del siglo XX que la arquería experimente un nuevo nacimiento, en esta ocasión de la mano de *Ishi*, último miembro de la tribu nativa californiana de los *Yahi*, a partir de cuyos conocimientos, antropólogos y artesanos estadounidenses comenzaron a conocer y a practicar de nuevo las habilidades de construcción de arcos y flechas. La suya es una triste historia que no tenemos espacio para relatar pero que recomendamos al lector que descubra y conozca. A partir de este momento, la fabricación de arcos de materiales naturales se generalizó en el mundo anglosajón, principalmente asociada al deporte, a la caza y a la investigación etnográfica y arqueológica.

Ya a mediados del siglo XX se introdujeron la fibra de vidrio y los adhesivos sintéticos en la fabricación de arcos. Unas décadas después se comenzaron a utilizar también plásticos, algunos metales y la fibra de carbono, e incluso en la actualidad, los constructores de arcos tratan de mejorar la eficiencia de sus diseños y materiales, estableciendo cada uno sus metas y límites personales.

Además, existen otros instrumentos que permiten propulsar una flecha o proyectil puntiagudo a distancia, como son las ballestas. En ellas, igual que en los modernos arcos de poleas, la fuerza del tensado no recae únicamente en el arquero, sino que éste se ayuda de un mecanismo, lo que aleja estos artefactos de ese primigenio palo con cuerda. No queremos defender, sin embargo, que una cosa sea mejor que la otra. Evidentemente, es más cómodo, rápido y seguro navegar en

un bote de aluminio o fibra de vidrio equipado con motor y brújula, pero hay quien prefiere navegar en canoa y a remo; al menos de vez en cuando. Es por ello por lo que nosotros queremos transmitir la pasión que sentimos al fabricar y utilizar esos “palos con cuerda” que nos remontan a los orígenes de la arquería y que nos permiten entender los fundamentos de la construcción de arcos.

De hecho, por comodidad y rapidez, nosotros mismos reemplazamos las herramientas de piedra por herramientas de acero. El resultado estético y funcional puede ser prácticamente idéntico a los fabricados en la prehistoria. Bien es cierto que, si planteamos un estudio de Arqueología Experimental, deberemos ajustar las variables que puedan influir en los datos obtenidos, determinando así las necesidades del experimento. Sin embargo, si el objetivo no va por este camino, sino que es simplemente aprender o disfrutar haciendo arcos, la elección de las herramientas puede ser más flexible.

Para aprender más, recomendamos tener los ojos en los libros y las manos en las herramientas. Así, por una parte, será en manuales más extensos que este, que destacaremos en el apartado de bibliografía, donde podremos acceder de primera mano a los conocimientos de personas experimentadas.

Por otro lado, será imprescindible ensuciarnos poniendo en práctica todos estos conocimientos, tratando de convertir en arcos todas las maderas que lleguen a nuestras manos, sin olvidar que la práctica, la perseverancia y la paciencia son las herramientas más importantes a la hora de fabricar arcos, ya que como dicen algunos, “quien no rompe arcos es porque no hace arcos”.

Cabe remarcar que buena parte de los términos técnicos que encontraréis en esta guía son palabras inglesas, así como algunas medidas se encuentran en el sistema imperial, como pulgadas y libras. Esto se debe a que la mayoría de las publicaciones de este tipo provienen del mundo anglosajón, ya que, como hemos mencionado, fue en los Estados Unidos donde la construcción de arcos de madera ha tenido una mayor importancia desde principios del siglo XX.

Queremos destacar que no somos los únicos ni los primeros que fabricamos arcos primitivos y que enseñamos a otras personas a hacerlo, y esperamos no ser



los últimos, y cada constructor, siguiendo los principios generales, tiene sus propios métodos y técnicas para fabricar sus arcos. De esta manera, en esta obra mostramos la manera en la que fabricamos nuestros arcos, existiendo muchas más y pudiendo acceder a ellas con otros autores y otros profesores, experiencia que sería muy recomendable e indudablemente enriquecedora.

Así mismo, deseamos agradecer a todos aquellos que antes que nosotros han compartido sus conocimientos para que personas como nosotros podamos conocer este apasionante mundo y, en definitiva, queremos remarcar que el objetivo final de este escrito es tratar de contribuir a la extensión de la pasión por la fabricación y uso de arcos con materiales naturales.

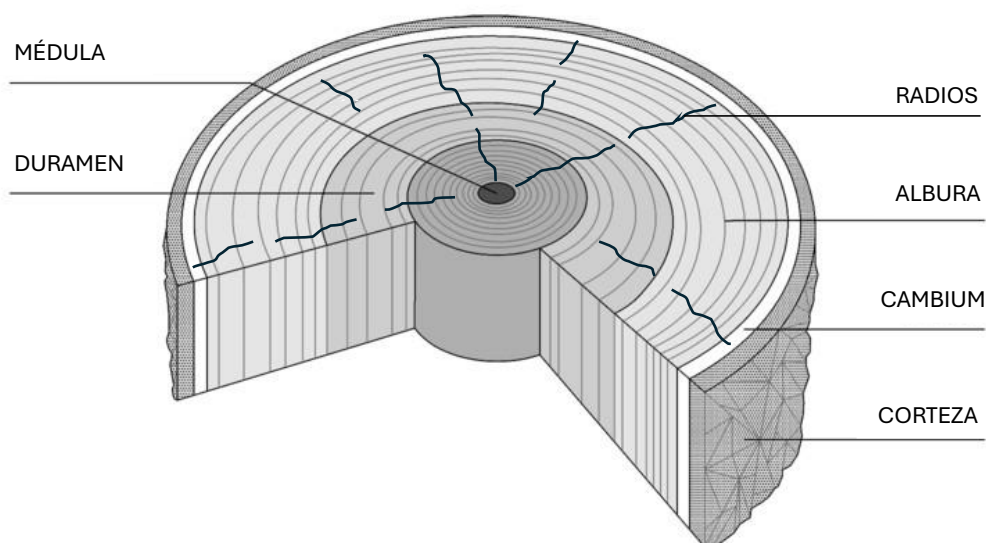


## 2. LA MADERA

En la gran mayoría de los arcos prehistóricos europeos conocidos, la madera es el único material que conforma el cuerpo del arco. Es por eso que, a la hora de afrontar la fabricación de un ejemplar experimental, la selección de la madera adecuada es imprescindible. Igualmente, aunque el objetivo no sea estrictamente experimental, el momento elegido para cortar el árbol, la especie de este y las condiciones climáticas en las que creció, pueden condicionar totalmente los resultados.

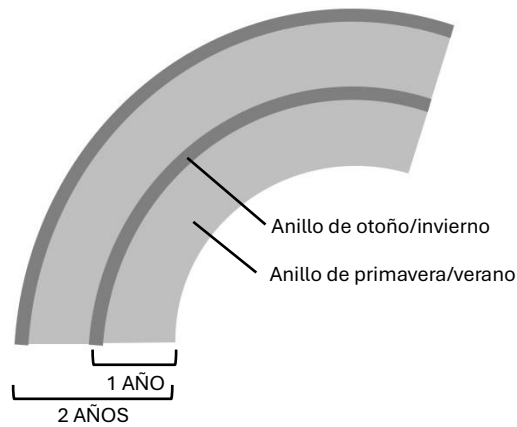
### 2.1. ESTRUCTURA

En el centro del tronco encontramos la **médula**, la parte más firme y compacta del tronco. Alrededor de esta, los **anillos** marcan el crecimiento anual del árbol, siendo los interiores los más antiguos y los exteriores los más modernos. Cada uno de estos anillos se divide en la parte de **primavera/verano**, de crecimiento rápido, y la parte de **otoño/invierno**, de crecimiento lento y por lo tanto más densa. Esta diferenciación es más clara en las maderas denominadas como maderas porosas, y no tanto en las maderas de porosidad difusa. La parte más externa del tronco,



Representación de la sección transversal de un tronco.

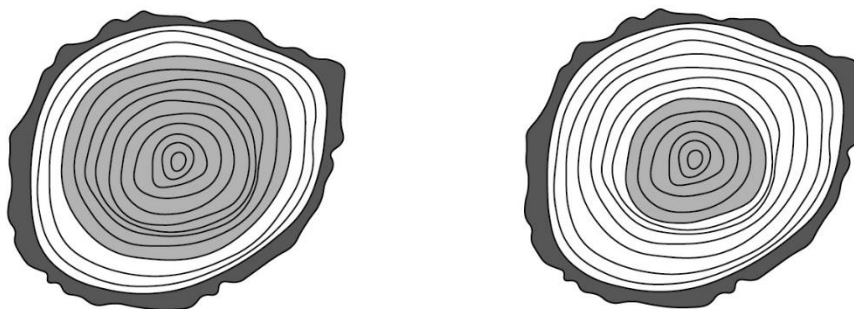
únicamente cubierta por la **corteza**, es el **cámbium**, y es la parte en crecimiento de este.



Representación de los anillos de crecimiento de un árbol

A medida que el árbol crece hacia el exterior del tronco, creando año tras año anillos de **floema**, las células de los anillos internos van muriendo, pero sus paredes rígidas van conformando el **xilema**, es decir, la parte estructural y no viva del tronco. En muchos casos, este xilema se divide en dos partes visiblemente diferenciables: el **duramen**, la parte interna, más compacta y generalmente de un color más oscuro, y la **albura**, menos densa y generalmente de un color más claro.

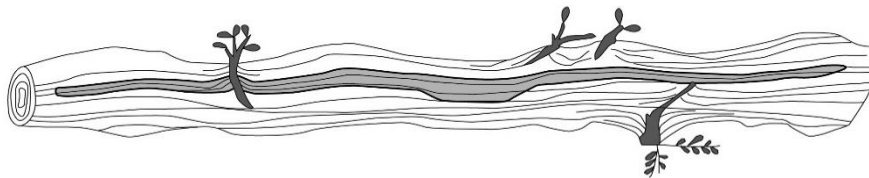
Dependiendo de la especie, la albura y el duramen ocupan una cantidad de espacio diferente en el tronco y, además, en las diferentes especies, uno y otro



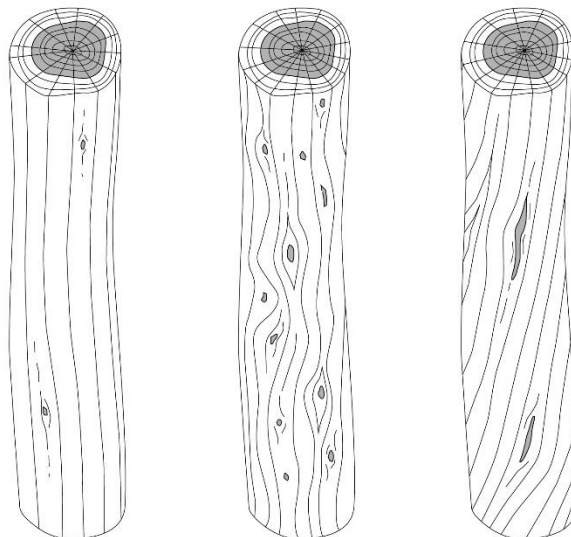
Proporción de albura y duramen en el tejo, la morera, el osage o la robinia, entre otras (izquierda), i en el olmo o el fresno entre otras (derecha).

tienen características físicas y mecánicas específicas que podremos aprovechar o que tendremos que evitar en cada uno de los casos.

Otro aspecto a tener en cuenta a la hora de seleccionar la madera es la **veta**. Esta es la manifestación de los radios medulares, y su orientación, dirección y rectitud responden tanto a la especie como a las condiciones de crecimiento del árbol. Idealmente, buscaremos troncos rectos, con la veta recta y paralela a su eje y pocos nudos, pero podemos llegar a hacer arcos con troncos de veta serpenteante y gran cantidad de nudos. Sin embargo, un tronco de un árbol que haya crecido torcido debido al viento o a otras condiciones ambientales supone un riesgo muy alto de fractura si intentamos hacer un arco.



Obtención de un arco a partir de un tronco muy irregular. Será siempre imprescindible respetar la veta y los nudos.



Izquierda: tronco recto, de veta recta y pocos nudos, el sueño de todo fabricante de arcos. Centro: tronco recto, de veta serpenteante y nudos abundantes, todo un reto. Derecha: tronco recto, de veta oblicua, probablemente inutilizable.



Vista frontal de un arco obtenido de un tronco de veta serpenteante, respetando en todo momento la veta y los nudos.

## 2.2. ESPECIES

Uno de los condicionantes más grandes cuando tratamos de fabricar un arco serán las materias primas de las que disponemos. Cada tipo de madera ofrece unas características propias que condicionan los resultados que podemos obtener, así como un diseño óptimo para cada una. A continuación, describiremos resumidamente tanto las mejores como las más habituales en nuestro entorno para la fabricación de arcos únicamente de madera.

Aunque enumeraremos unas características generales, es importante tener en cuenta que la variabilidad de propiedades dentro de maderas de la misma especie puede ser tan grande, y en algunos casos incluso más, como entre especies diferentes debido a condicionantes geográficos y climáticos.

### **TEJO (*Taxus baccata*)**

El tejo es una de las maderas más apreciadas por los fabricantes de arcos. A partir del Neolítico, casi todos los arcos prehistóricos europeos conocidos fueron fabricados con esta madera, que también contó, posteriormente, con una gran tradición histórica de uso para la fabricación de arcos, como es el caso de los famosos *longbows* ingleses de época medieval.

Se trata de una de las escasas coníferas que permiten su aprovechamiento como madera para arcos, destacando por sus cualidades mecánicas. Su crecimiento es muy lento, lo que da como resultado una madera muy densa y de anillos muy apretados, con un duramen muy resistente a la compresión y una albura muy

resistente a la flexión-tensión, pudiendo aprovechar ambas en una combinación perfecta con el duramen en el vientre y la albura en el dorso del arco.

Los mayores inconvenientes de esta madera son, en primer lugar, la accesibilidad, ya que se trata de una especie protegida; en segundo lugar, la toxicidad de la práctica totalidad de la planta, incluida la madera; y finalmente, las muchas dificultades que puede encontrar el fabricante de arcos poco experimentado debido a sus comprimidos anillos de crecimiento.

### **OLMO (*Ulmus spp.*)**

Las especies del género *Ulmus* fueron las otras protagonistas en la fabricación de arcos en la prehistoria de Europa, destacando los ejemplares más antiguos conocidos, datados en el Mesolítico y contruidos con esta madera.

Se trata de una madera muy flexible y resistente, con el duramen y la albura más o menos diferenciados, según la especie, ideal para la fabricación de arcos de sección plana o flatbows. Su principal ventaja es que no se necesita más que quitar la corteza para encontrar el dorso del arco.

A principios del siglo XX comenzó una epidemia debida a un hongo del género *Ophiostoma* que obstruye los conductos del xilema, impidiendo la transmisión de nutrientes y matando al árbol. Este hongo es transportado por los escarabajos del género *Scolytus*, que lo extendieron por casi todo el mundo, provocando desde entonces la muerte de gran parte de la población mundial de olmos.

### **FRESNO (*Fraxinus spp.*)**

La madera de las diferentes especies de fresno ha sido históricamente muy apreciada para la construcción de arcos, siendo, por ejemplo, el sustituto del tejo en muchos ejemplos conocidos de arcos medievales (*longbows*) ingleses. Igualmente, debido a sus excelentes cualidades de flexibilidad y resistencia, es muy utilizada para la fabricación de mangos de herramientas manuales.

Los fresnos tienden a crecer altos, rectos y sin nudos muy grandes, por lo que su aprovechamiento para arcos es fácil. Su madera es fibrosa y dura, pero sus anillos tienden a ser amplios y bien diferenciados, lo que facilita la tarea de “encontrar el dorso”. Preferentemente, favorece la construcción de arcos anchos, de vientre plano y tratados con calor.

### **FALSA ACACIA o ACACIA BLANCA (*Robinia pseudoacacia*)**

Aunque la robinia es un árbol originario de los Apalaches, en el sureste de los Estados Unidos, fue introducido en gran parte del resto del mundo y hoy en día podemos encontrarlo naturalizado en gran parte de Europa.

Los pueblos nativos norteamericanos de las áreas originarias de distribución conocían sus cualidades y la usaban como madera para fabricar sus arcos. En la actualidad, debido a su extensión y abundancia, es una de las maderas más accesibles para los constructores de arcos.

Generalmente, las robinias crecen rectas, tienen pocos nudos y sus anillos están bien diferenciados entre sí. Normalmente, conviene desprenderse de la albura y quedarse solo con el duramen, que tiene una madera densa y oscura, con anillos bien amplios y diferenciados que permiten encontrar un buen dorso para el arco.

Por el contrario, no se trata de una madera especialmente resistente a la compresión, por lo que son muy comunes las marcas que indican los errores durante el proceso de equilibrado. Esto se puede compensar mediante el tratamiento térmico o tostado del vientre del arco, lo que aportará resistencia a la compresión, así como mayor velocidad al arco.

Su abundancia y su escasa resistencia a los errores la convierten en una de las mejores maderas para comenzar en la fabricación de arcos.



## **NARANJO DE LOS OSAGE (*Maclura pomífera*)**

Junto al tejo, es una de las maderas más apreciadas en todo el mundo para la fabricación de arcos. Recibe su nombre de la similitud de su fruto con las naranjas y del pueblo indígena del sureste del actual territorio de los Estados Unidos que la utilizó como madera para fabricar sus arcos, los Osage. No es tan accesible en Europa, pero sí más que el tejo.

Se trata de una madera muy densa y dura, pero muy flexible y de una veta muy fina. Se utiliza solo el duramen, de un color dorado intenso. Los troncos tienden a tener vetas muy sinuosas, lo que da lugar en muchos casos a lo que se conoce como *snakebows* o arcos de serpiente, cuyos dorsos serpentean a lo largo de toda su longitud y suponen un reto en la fabricación.

## **OTRAS MADERAS**

**Avellano** (*Corylus avellana*): tiene una madera muy flexible que se trabaja muy bien cuando es verde. Sus troncos son rectos y de veta muy regular, y solo hay que quitar la corteza para tener el dorso preparado. Además, de sus ramas se pueden obtener muy buenas varas para hacer flechas.

**Almez** (*Celtis australis*): árbol muy abundante, con una madera muy flexible, blanda y fácil de trabajar. Troncos generalmente muy rectos de los que solo hay que quitar la corteza para obtener la espalda del arco. Es muy adaptable y permite hacer arcos recurvados muy fácilmente. Es la madera que tradicionalmente se utiliza para la confección de horcas y mangos de otras herramientas agrícolas.

**Arce** (*Acer spp.*): relativamente abundante y fácil de conseguir, con anillos bien marcados.

**Aligustre** (*Ligustrum spp.*): muy abundante, con troncos rectos sin nudos, algo pesada pero fácil de trabajar. Anillos de difícil diferenciación, pero solo hay que quitar la corteza. De sus ramas se pueden obtener varas para hacer flechas, algo pesadas, pero rectas y fáciles de enderezar.

**Laurel** (*Laurus nobilis*), troncos generalmente rectos, con pocos y pequeños nudos. Es una madera muy ligera, lo que da como resultado arcos muy rápidos. Por contra, es algo rígida para el estándar de las maderas para arcos, por lo que se debe tener más cuidado en las primeras flexiones. Es muy blanca, y los anillos son prácticamente imperceptibles, pero basta con quitar la corteza.

**Morena** (*Morus alba / Morus nigra*), una madera muy flexible, similar al Osage, pero más ligera. Se pueden aprovechar algunos anillos de albura y es ideal para hacer arcos cortos, recurvados y de palas anchas. El duramen está bien diferenciado y los anillos se distinguen bien, aunque pueden cambiar de apariencia y dificultar encontrar el dorso.

**Acebo** (*Ilex aquifolium*), árbol protegido y por lo tanto de difícil acceso. Su madera es densa, flexible y resistente debido a su crecimiento lento.

**Enebro** (*Juniperus communis*), tiene una madera muy flexible y permite recurvarla con mucha facilidad. La parte más difícil es encontrar troncos mínimamente rectos, poco retorcidos y con pocos nudos que permitan extraer tablones decentes. Los indígenas de las zonas áridas del suroeste de Norteamérica usaron esta madera para fabricar arcos cortos, recurvados y de palas muy anchas. Como la veta y los anillos de esta madera son extremadamente irregulares, aplicaban en el dorso del arco una capa de tendones que evitaba su fractura y aportaba flexibilidad y velocidad al arco.

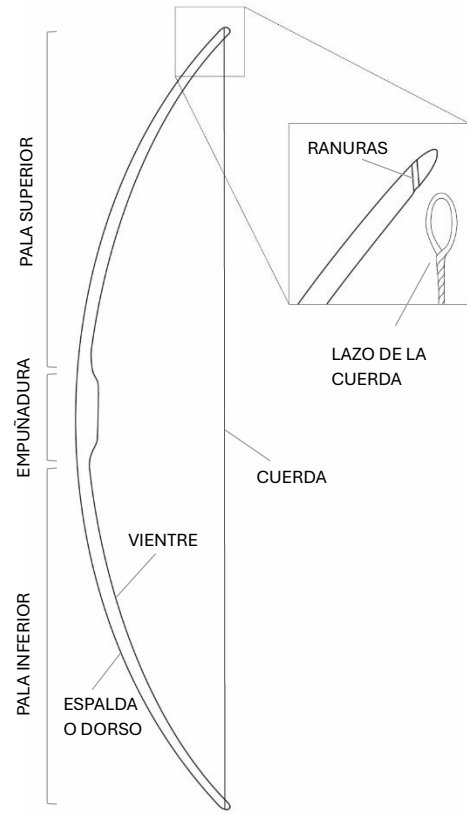
**Castaño** (*Castanea sp.*), **saúco** (*Sambucus nigra*), **cerezo silvestre** (*Prunus avium*), **ciruelo** (*Prunus domestica*), **hickory**, **pecan o nogal americano** (*Carya sp.*), **roble rojo americano** (*Quercus rubra*), **aliso** (*Alnus sp.*), **almendro** (*Prunus dulcis*), **albaricoquero** (*Prunus armeniaca*), diferentes especies de caña de **bambú** (*Bambusa sp.*), **abedul** (*Betula pendula*), **cedro** (*Cedrus sp.*), **cornejo** (*Cornus sanguinea*), **laburno** (*Laburnum sp.*), **alerce** (*Larix sp.*), **algarrobo** (*Ceratonia siliqua*), **magnolio** (*Magnolia grandiflora*), **wengué** (*Millettia laurentii*), **caqui** (*Diospyros sp.*), **ipé** (*Tabebuia sp.*), **retama** (*Cytisus scoparius*), **serbal** (*Sorbus sp.*).



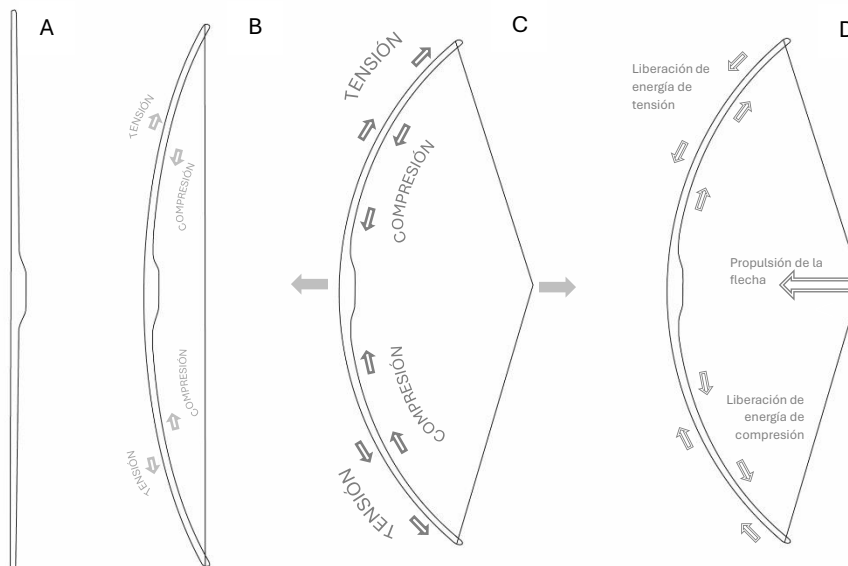
### 3. DISEÑO DEL ARCO

Uno de los principales aspectos a tener en cuenta al afrontar la fabricación de un arco, es el conjunto de fuerzas que trabajan simultáneamente mientras tensamos y soltamos. Estas son la **fuerza de tensión** y la **fuerza de compresión**. La primera está presente en la espalda del arco, mientras que la segunda en el vientre, y las características de ambas estarán determinadas por el tipo de madera, pero también por la geometría de la construcción.

Cuando afrontamos la construcción de un arco, una vez escogida la madera, podemos ajustar la geometría de sus partes para conseguir que tenga un buen equilibrio entre



Esquema de las partes básicas de un arco



Mientras el arco está desmontado (A), no hay fuerzas presentes. Al montarlo (B), se acumula cierta cantidad de energía, tensionando la espalda y comprimiendo el vientre. Al tensar (C), el arco acumula la máxima cantidad de energía. Al liberar la cuerda (D), el arco vuelve a su posición de reposo y la energía acumulada propulsa la flecha a través de la cuerda

varias cualidades: **precisión**, que en muchos casos depende más del arquero que del propio arco, **velocidad** de la flecha (que se traduce en una mayor penetración), **confort** al tensar la cuerda y al liberar la flecha, y **durabilidad**. Otros aspectos como la **facilidad** de construcción o la **belleza** también pueden influir, pero en muchos casos un fabricante puede escoger una madera que suponga un reto o que para él tenga un significado característico, aunque no obtenga el arco más bonito o sea el más fácil de fabricar.

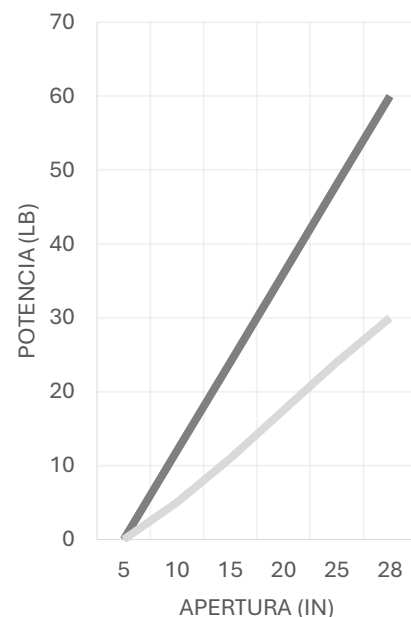
Para conseguir todos estos objetivos, y siempre teniendo en cuenta las limitaciones marcadas por las materias primas de las que disponemos, se deberá atender a varios aspectos. A continuación, explicaremos los principales de manera sintética.

### 3.1. POTENCIA

Se conoce como potencia la energía acumulada en el arco que será utilizada para impulsar la flecha. De esta forma, manteniendo el resto de las variables iguales, un arco de mayor potencia acumula más energía y, por lo tanto, el vuelo de la flecha será más rápido. Igualmente, un arco más potente requerirá más fuerza por parte del arquero para ser tensado.

Además, como veremos a continuación, la potencia de un mismo arco también depende de la apertura a la que lo sometemos, acumulando más energía cuanto más amplia sea la apertura.

A la hora de ajustar la potencia del arco, será mucho más importante prestar atención al grosor de este que a su anchura, ya que **un arco con las palas el doble**

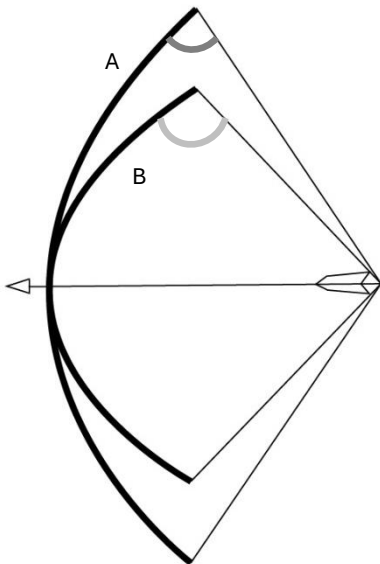


Curvas de potencia a diferentes grados de apertura de un arco de 60 libras a 28 pulgadas (gris oscuro) y de un arco de 30 libras a 28 pulgadas (gris claro).

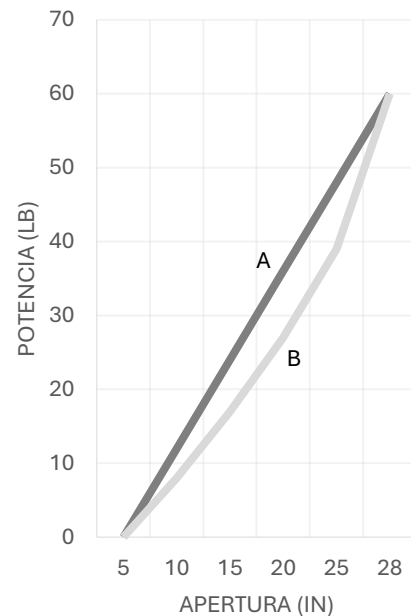
de anchas doblará su potencia, mientras que un arco con las palas el doble de gruesas multiplicará por 8 su potencia.

### 3.2. LONGITUD DEL ARCO

En términos generales, podemos considerar que un arco largo será mucho más fácil de tensar a la misma apertura que un arco corto de la misma potencia. Esto se debe al fenómeno que los anglosajones llaman *stacking*, y que tiene relación con el ángulo que forma la cuerda con el punto en que se conecta al arco. Cuando tensamos el arco, este ángulo se va haciendo más amplio y, por lo tanto, requiere más fuerza para ser tensado.



Ángulo con la cuerda de un arco más largo (A) y un arco más corto (B) a la misma apertura. En el arco corto este ángulo es más grande y, por lo tanto, requerirá más fuerza para alcanzar la misma potencia.



La curva de potencia del arco más largo (A) es más uniforme a lo largo de todo el recorrido, mientras que la del arco más corto (B) sube de forma abrupta en las últimas pulgadas de apertura. Ambos tienen la misma potencia.

En un arco más corto, este ángulo crece de forma más rápida, y por tanto será necesario más esfuerzo para tensarlo a la misma apertura que un arco más largo.

Encontramos, por tanto, que un arco largo tiende a ser más cómodo que un arco corto debido a que, en general, requerirá menos fuerza para ser abierto y

alcanzar la misma acumulación de energía que un arco corto de la misma potencia. Como veremos a continuación, un arco corto recurvado puede evitar este efecto.

Además, los arcos con aperturas más amplias son, generalmente, más precisos que los arcos de aperturas más reducidas, debido, entre otros aspectos, a que permiten al arquero fijar puntos de anclaje más ajustados para la mano que tensa la cuerda, y como hemos visto, estas aperturas más amplias suelen corresponder a los arcos más largos. Sin embargo, la experiencia dice que la precisión depende principalmente del propio arquero y su familiaridad con su arco.

También se debe tener en cuenta que un arco más largo tiende a tener más cantidad de madera y, por lo tanto, más peso, lo que, como comentaremos, es un factor que ralentiza la velocidad de la flecha. Por tanto, un arco más corto será, generalmente, más ligero y rápido.

Finalmente, dado que un arco corto se doblará más, su madera experimentará fuerzas de tensión y compresión más fuertes, por lo que no todas las maderas serán adecuadas y el equilibrado deberá ser más preciso.

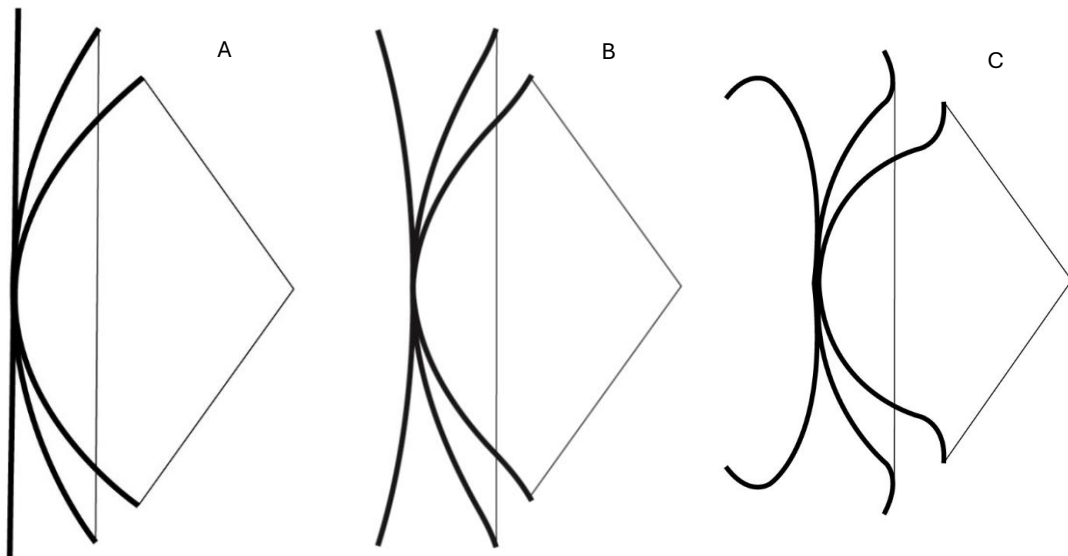
En definitiva, este aspecto del diseño dependerá de las maderas de las que dispongamos, de la longitud de los troncos, del gusto del arquero y de sus necesidades.

### **3.3. PERFIL**

El perfil del arco es un factor determinante a la hora de precisar la cantidad de energía que podrá acumular y la fuerza que el arquero tendrá que aplicar para tensarlo.

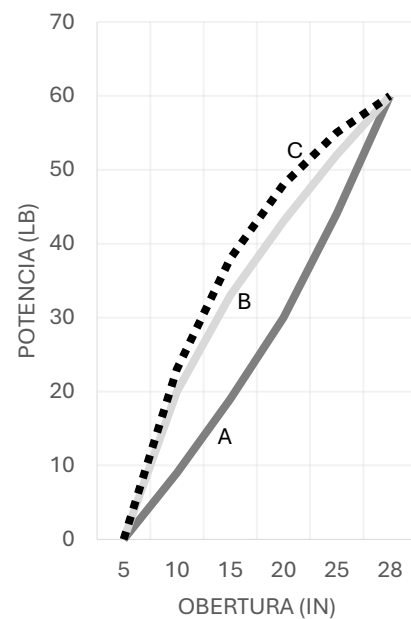
Un arco que, en reposo, es decir, sin la cuerda puesta, tiene una forma completamente recta, acumulará una cantidad determinada de energía cuando la cuerda esté montada y listo para su uso, y el punto de máxima acumulación de energía será en la apertura máxima.

Por el contrario, un arco que en reposo se encuentra ligeramente curvado en contra de cómo será doblado para hacerlo funcionar, lo que los anglosajones llaman *reflex*, una vez montada la cuerda, la cantidad de energía acumulada será mayor, ya que el recorrido que han hecho las palas hasta ese punto es más grande. Lo mismo ocurre en el punto de máxima flexión.



Perfiles de un arco recto (A), un arco con *reflex* (B) y un arco recurvado (C). Cabe destacar el pequeño ángulo que forman la cuerda y el arco en este último en el punto de apertura máxima debido a la curvatura de los extremos.

Finalmente, en el caso de un arco recurvado, encontramos un cuerpo y unas palas del arco curvados hacia su dorso y, además, unas puntas aún más curvadas, lo que incrementa todavía más la energía acumulada. Estos extremos pueden ser activos, es decir, que se doblarán ligeramente junto con el resto del arco, o estáticos, que se mantendrán rígidos durante todo el movimiento. En ambos casos, estas curvaturas facilitan el tensado del arco ya que mantienen el ángulo entre la cuerda y el arco reducido y estable a lo largo

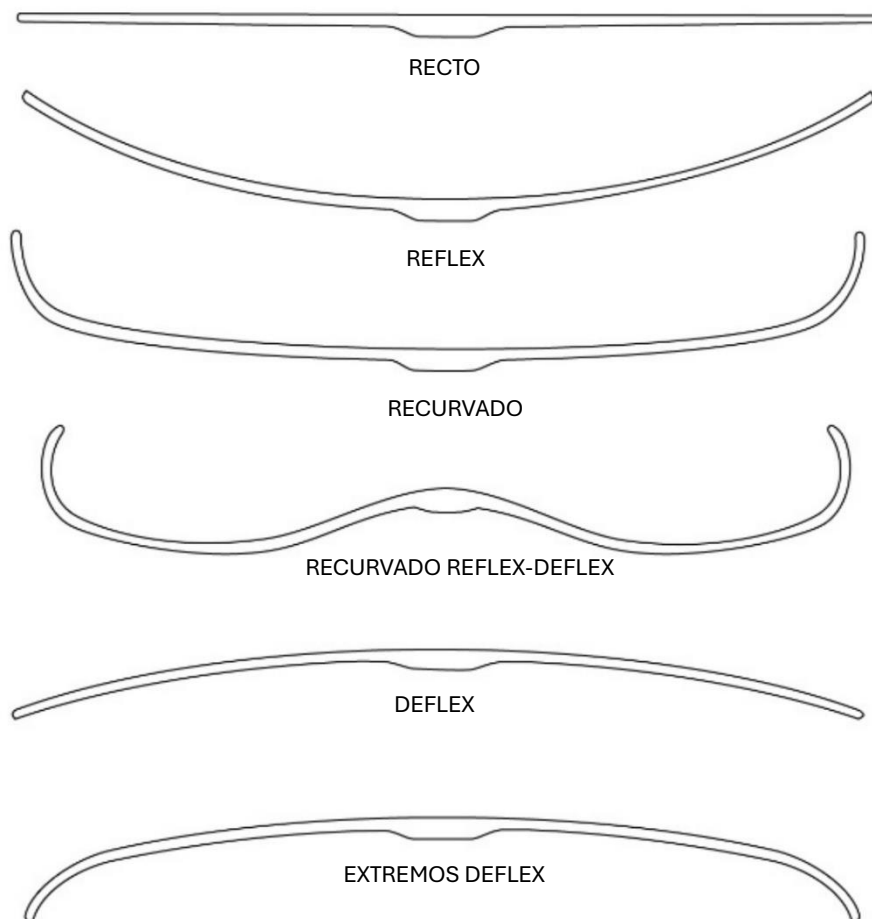


Curvas de potencia-apertura de un arco de perfil recto (A), un arco con reflex (B) y un arco recurvado (C).



de todo el recorrido del tensado. Por eso este diseño es ideal para arcos cortos, que de otra manera sufrirían un gran *stacking*, es decir, dificultad para ser tensados.

Por otro lado, existe lo que conocemos como *deflex*, todo lo contrario al *reflex*, es decir, la curvatura del arco, previa a la colocación de la cuerda, en la dirección hacia donde se doblará cuando lo utilizemos. En este caso, la acumulación de energía previa al tensado será inferior. En muchos casos, este efecto ocurre cuando la madera ha cedido a la fuerza que aplicamos al tensar y ha "seguido la cuerda", y no recuperará su forma recta original cuando retiramos la cuerda. Sin embargo, en algunas ocasiones se utiliza el *deflex* para dar durabilidad a una madera poco resistente o para combinarlo con el *reflex* en los arcos compuestos de estilo asiático.



Diferentes perfiles de arcos en reposo (sin cuerda).

Generalmente, la empuñadura se mantiene más gruesa que el resto del arco. De esta manera, se adapta mejor a la mano del arquero y, principalmente, no se flexiona. Esto aporta estabilidad, pero en los arcos más cortos, dado que hay menor longitud del arco actuando, la empuñadura suele rebajarse hasta flexionar ligeramente, permitiendo una apertura mayor.

### **3.4. DISTRIBUCIÓN DEL PESO**

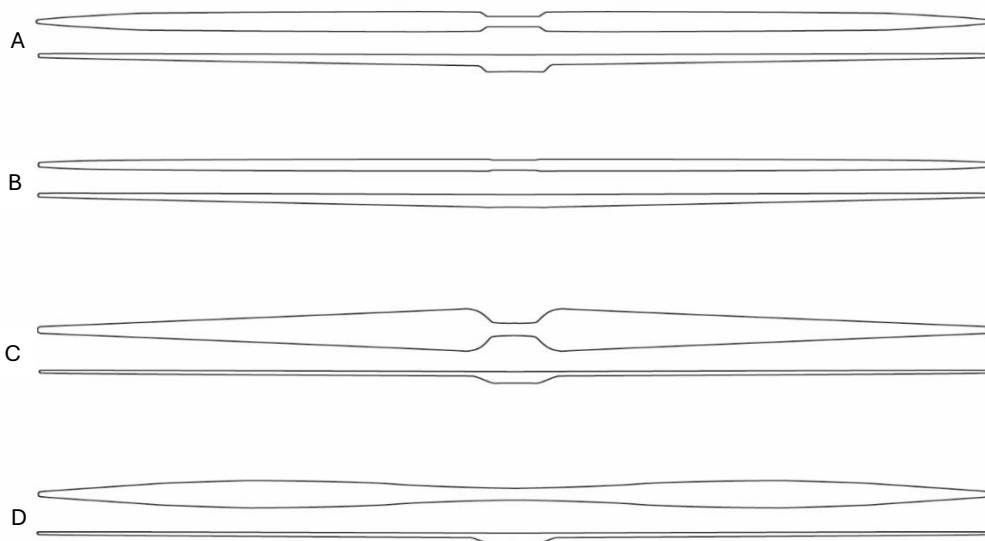
La distribución del peso en el arco es fundamental para obtener un arco efectivo. Por mucho que hayamos logrado fabricar un arco muy potente, con *reflex* o incluso recurvado para aportar velocidad, si no hemos prestado atención a crear una buena distribución del peso a lo largo de las palas, nuestras flechas serán lentas y poco efectivas.

Esto se debe a que el arco, una vez liberada la cuerda, no solo tiene que empujar la flecha, sino que también debe mover su propio peso. Así, al igual que si intentamos lanzar una flecha muy pesada, si las palas del arco tienen una masa excesiva, el arco tendrá que ejercer más fuerza de la cuenta para impulsarse a sí mismo y el disparo perderá efectividad. Es por esto que muchas de las maderas adecuadas para la fabricación de arcos, además de ser flexibles, son poco densas y por tanto más ligeras, y aquellas que son más pesadas lo compensan con otras cualidades.

Otro aspecto a tener en cuenta es la distribución del peso a lo largo de la longitud del arco. Cuanto más lejos del agarre esté el peso, más costará que el resto de la pala del arco pueda moverlo. Por el contrario, cuanto menos peso haya en los extremos, más efectiva será la aplicación de esta fuerza y, por lo tanto, su transmisión a la flecha.

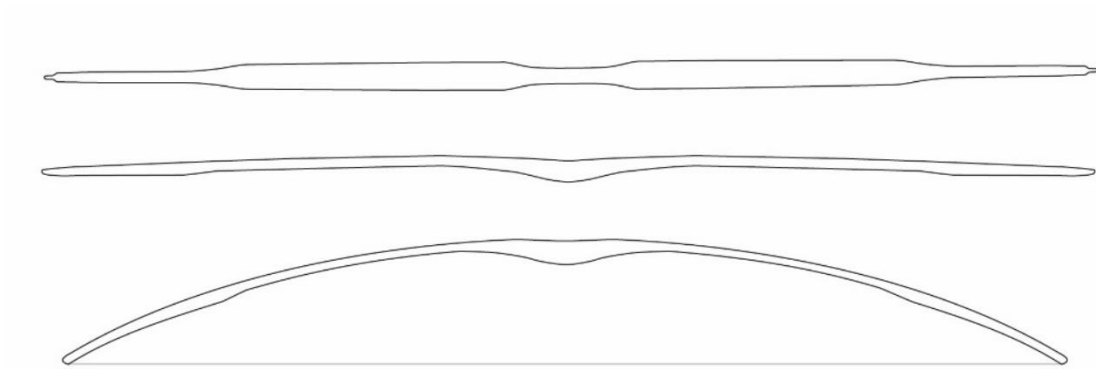
Como vemos en la imagen, existen diferentes distribuciones del peso en el arco, algunas más y otras menos efectivas, dependiendo también del tipo de madera y de la longitud del arco:

- El más común es el tipo A, con unas palas de bordes paralelos que se hacen más estrechas y finas hacia los extremos, pero más gruesas hacia el centro. Esto permite una correcta distribución del peso y un buen equilibrio.
- En el arco B encontramos un ejemplar muy estrecho pero muy grueso. Este tipo de arco sigue igualmente la norma de ser un poco más anchos y gruesos hacia el centro y más estrechos y finos en los extremos. Es el caso de los arcos largos o *longbows* de tejo, para los cuales este es un buen diseño.
- En el arco C encontramos un ejemplo extremo de un arco donde la mayoría del peso está en la parte proximal de la pala, donde esta es muy ancha. Los extremos, por el contrario, son muy estrechos para evitar un peso excesivo en las puntas. Como se puede observar, para compensar el ancho del arco, tanto en peso como en potencia, este es más delgado que los anteriores. Gran parte de los arcos mesolíticos de *Holmegaard* siguen un diseño muy similar a este arco piramidal, que tiende a ser muy rápido.
- Finalmente, el D es un ejemplo del extremo contrario, un arco donde el peso se encuentra lejos del agarre, de forma que el disparo será muy lento y poco efectivo.



Vistas frontal y lateral de diferentes tipos de arco según la distribución del peso.

Una forma muy efectiva de aligerar los extremos del arco es hacer las puntas lo más estrechas posible, sin llegar a comprometer su integridad. Como ya hemos mencionado, cuando el ancho del arco se duplica, la potencia de esa sección crece en igual proporción, pero cuando lo hace el grosor, la potencia crece por ocho veces. Es por eso por lo que se puede sacrificar buena parte del ancho de la sección distal de las palas en beneficio de un peso menor, compensando con un grosor un poco mayor que casi no añadirá peso y mantendrá la rigidez.

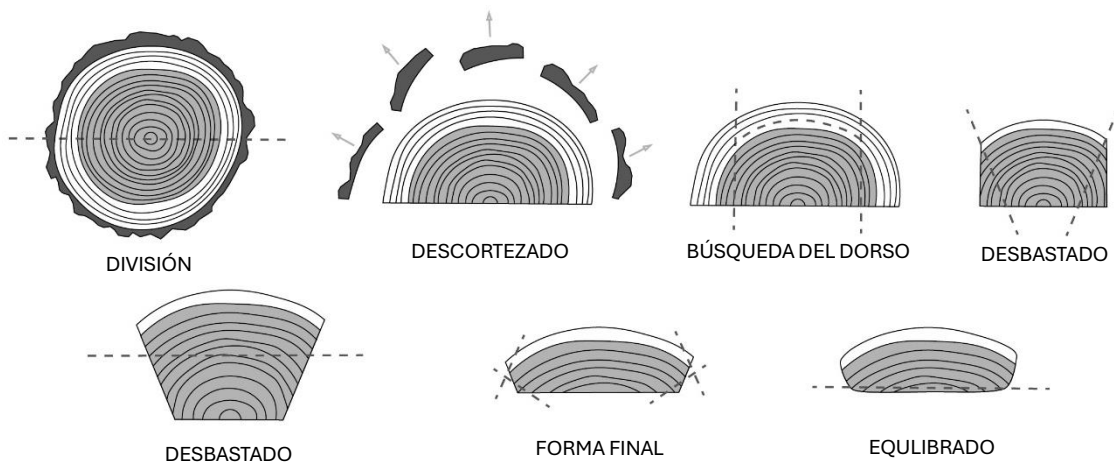


Arco mesolítico de Mollegabet. En su diseño se pueden observar unas palas que reducen su amplitud y aumentan su grosor drásticamente en su tercio distal. Estos extremos son estáticos (no se flexionan) o semi-estáticos, lo que ayuda a flexionar la parte activa de las palas y reduce considerablemente el peso en los extremos, convirtiéndolo en un arco muy rápido.

La anchura de las palas debe adecuarse al tipo de madera utilizada, requiriendo una anchura mayor en las maderas poco densas como la robinia o la morera y permitiendo palas más estrechas en el osage, el fresno o el tejo.



## 4. PROCESO DE FABRICACIÓN



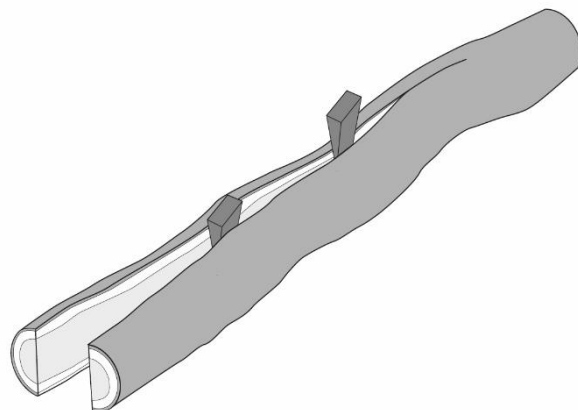
Vista en sección de las diferentes fases del proceso de fabricación.

### 4.1. ELECCIÓN Y CORTE

Como hemos visto en los primeros capítulos, la elección del tipo de madera es uno de los factores determinantes para el resultado final de nuestro arco. No solo la especie del árbol, sino también la rectitud de la veta del tronco, la cantidad y tamaño de los nudos, el ancho de los anillos de crecimiento y muchos otros factores pueden afectar a la dificultad del trabajo de construcción y a la efectividad del arco.

Aunque no existe "el tronco perfecto", ya que cada tipo de arco requiere unas características determinadas, sí recomendamos a aquellos que quieran comenzar en este mundo la búsqueda de troncos con líneas y vetas lo más rectas posible. De esta forma podrán familiarizarse con los aspectos de la construcción antes de pasar a desafíos más ambiciosos.

En muchos casos, un tronco de buen grosor nos servirá para hacer más de un arco. Para este propósito, una vez cortado, se

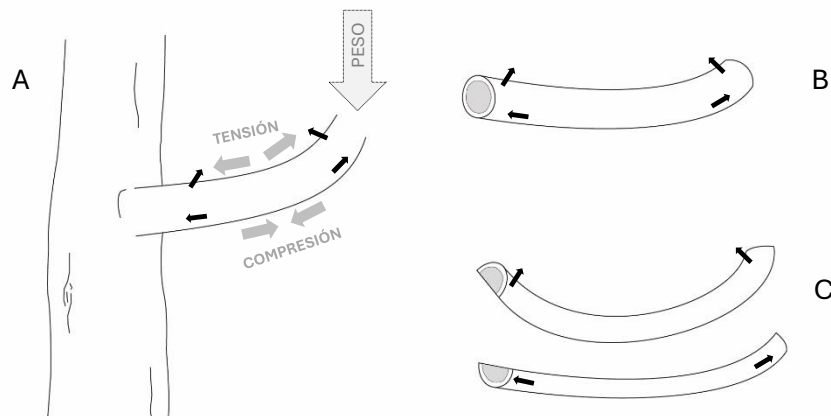


Partiendo un tronco con cuñas, se respeta la veta natural de la madera.

puede abrir con cuñas para dividirlo en mitades, cuartos e incluso octavos si es muy grueso, con el objetivo de que se seque más rápido y poder transportar y almacenar la madera de manera más fácil. Usando cuñas en lugar de sierras, el trabajo es más rápido y además se respeta la veta natural de la madera.

En ocasiones, tras el corte, la madera comienza a perder humedad rápidamente y se generan grietas longitudinales desde los extremos siguiendo la veta. Esto es común si no nos ha dado tiempo a sellar los extremos, pero podremos utilizarlas para introducir las cuñas y abrir por ahí el tronco.

No siempre es necesario cortar un árbol entero para obtener buena madera para arcos. De hecho, algunas ramas ofrecen madera incluso mejor que la de los troncos, y tienen la ventaja de que no es necesario matar al árbol, que continuará creciendo. Si sabemos leer la forma en que crecen las ramas, podremos aprovechar las propiedades ventajosas de su madera, como es el caso de la *reaction wood*, o madera de reacción. Este tipo de madera se encuentra principalmente en las ramas que crecen de forma más o menos horizontal. En estas, la madera de la parte superior crece evitando que el propio peso de la rama haga que esta se rompa,



A: En gris están representadas las fuerzas que la rama debe soportar cuando está unido al árbol. En negro, las fuerzas con las que la madera de la parte superior y de la parte inferior crecen para contrarrestarlas.

B: Una vez cortada la rama, las fuerzas internas de la madera todavía están presentes, pero se encuentran contrarrestadas.

C: Una vez separadas las dos partes de la rama, las fuerzas internas de la madera ya no encuentran oposición. De esta manera, la parte superior se curva notablemente, ofreciendo un soporte extraordinario para un arco con reflex. La parte inferior, que conserva buenas cualidades de compresión, se podrá aprovechar muy bien para un arco reflex con recubrimiento de tendón.

obteniendo cualidades excelentes de tensión, mientras que la parte inferior será adecuada para tareas de compresión. Esta *reaction wood* de la parte superior de las ramas es especialmente buena para fabricar arcos con perfil *reflex*.

Para realizar el corte de un árbol o una rama, recomendamos el uso de sierras en lugar de hachas, ya que el corte es más limpio y predecible y permite un mejor aprovechamiento de la madera. Ya que cortamos, aprovechemos bien.

**A la hora de cortar un árbol o una rama, es imprescindible conocer las restricciones legales en cuanto a especies y espacios protegidos.**

Finalmente, recomendamos el etiquetado de las maderas con la especie del árbol, el lugar de procedencia y la fecha de corte, ya que desde este punto hasta que estén listas para trabajarlas, habrá pasado una buena cantidad de tiempo.

## **4.2. ALMACENAMIENTO Y SECADO**

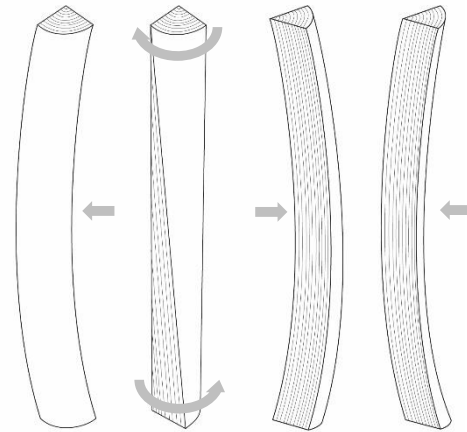
Para evitar la aparición de grietas, la pérdida de humedad de la madera debe ser progresiva y uniforme. Debido a la estructura de la madera, los extremos, y en particular la superficie de corte, son las partes donde la humedad se pierde más rápidamente. Por ello, una vez tenemos nuestro tronco, dividido o no, es recomendable sellar los extremos con un material que no permita que la humedad del interior se escape, como cola de carpintero, pintura o barniz, y mantener la corteza, de manera que el proceso de secado sea lento y uniforme en toda la superficie del tronco. Es conveniente realizar este sellado también en los nudos más grandes.

El tiempo de secado puede variar considerablemente dependiendo del grosor del tronco, del grosor de la corteza y de las condiciones del lugar de secado. Tras los primeros tres meses se puede comenzar a comprobar el porcentaje de humedad con un medidor o retirando parte de la corteza. Estas pruebas se deben ir haciendo hasta que el nivel de humedad sea el adecuado, lo que puede llevar entre 6 y 12 meses.



Los niveles más propicios de humedad para comenzar la fabricación del arco están entre el **8% y el 12%**, siendo demasiado frágil por debajo de ese rango y demasiado maleable por encima. Este porcentaje se puede controlar fácilmente con un medidor de humedad en diferentes puntos del tronco.

El lugar de almacenamiento debe ser seco, encontrarse a la sombra y tener una cierta circulación de aire. Además, es recomendable que las maderas estén en posición horizontal en lugar de vertical, ya que mantendrán mejor su forma, evitando que se dobleguen o retuerzan de manera inapropiada.



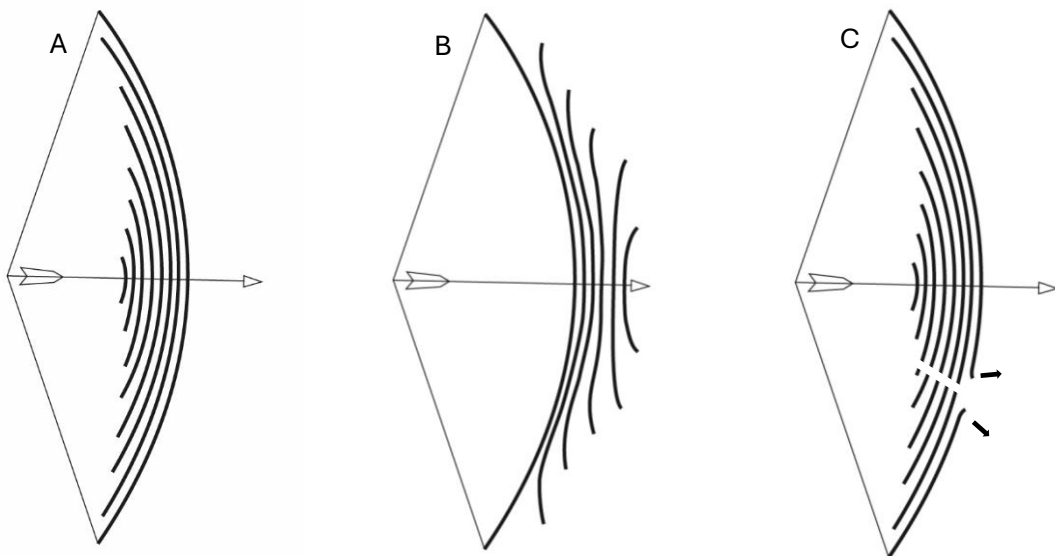
Deformaciones que puede experimentar la madera durante el proceso de secado, principalmente si la almacenamos en posición vertical. De izquierda a derecha, la duela quedaría alabeada, retorcida o helicoidal y abarquillada en un sentido o el contrario. Solo la última puede ser beneficiosa, ya que ha ganado *reflex*.

Otra forma de trabajar es llevar la madera verde hasta el punto de la preforma, que veremos más adelante. De esta manera, la pérdida de humedad, aunque más rápida, es uniforme y además permite trabajar fácilmente, ya que la madera verde es más blanda que la seca. El principal problema de esta técnica, más rápida y muy efectiva si se tiene experiencia con ella, es la posible deformación de la preforma durante el secado. Por ello, es recomendable realizar un secado controlado con una fuente de calor.

Es posible realizar y utilizar un arco con la madera en verde, es decir, con un porcentaje de humedad importante, y puede llegar a ser bastante efectivo en situaciones, por ejemplo, de supervivencia. Sin embargo, la humedad aumenta el peso de la madera y por tanto reduce la velocidad del arco y, además, hace la madera más maleable y, por tanto, más susceptible a “seguir la cuerda”, es decir, ceder a la fuerza que ejercemos durante el tensado perdiendo capacidad de recuperación, por lo que iría cediendo con el uso y perdiendo efectividad hasta quedar inservible por completo.

### 4.3. DESBASTADO Y DORSO

Una vez que hemos alcanzado el nivel de humedad deseado, es el momento de comenzar el desbastado. En este momento, aún tendremos mucha madera, por lo que podremos usar las herramientas más grandes, como hachas y bastrenes (hoja de acero con un mango en cada extremo) de forma manual, o mecánicas si disponemos de ellas, como sierras de cinta. De esta forma, se busca obtener una duela de forma más o menos regular sobre la que poder plantear el diseño del arco.



A: Representación de la distribución correcta de los anillos de crecimiento en el arco. El dorso es un único anillo de punta a punta.

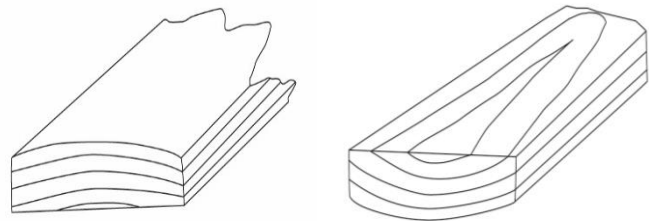
B: Arco donde los anillos se han dejado más cortos hacia el dorso y, por lo tanto, al realizar el esfuerzo de flexión, estos se separan y el arco colapsa.

C: Arco donde la distribución de los anillos es correcta, pero el anillo del dorso se ha interrumpido en un punto, lo que debilita esa área y será el lugar de la fractura.

Sin embargo, antes de aproximarnos demasiado a la forma definitiva del arco, es necesario acometer uno de los puntos más importantes en la construcción del arco: la búsqueda del **dorso del arco**. En el caso de los arcos hechos solo con madera, el dorso debe constar de un único anillo de crecimiento que vaya de punta a punta del arco, de manera que, durante la flexión, este empuje el resto de los anillos hacia el vientre, evitando que alguno de ellos quede sin flexionar. Cualquier interrupción en este anillo del dorso puede causar la fractura del arco en ese punto.

En el caso de las especies sin albura y duramen diferenciados, generalmente basta con extraer cuidadosamente la corteza y exponer el anillo de crecimiento más externo. Sin embargo, en gran cantidad de maderas la albura se debe eliminar también, por lo que será necesario escoger un anillo del duramen, preferiblemente uno grueso y bien diferenciado, y seguirlo cuidadosamente a lo largo de toda la duela con la ayuda de cuchillas de ebanista, hojas de cutter, chuchillos o fragmentos de vidrio.

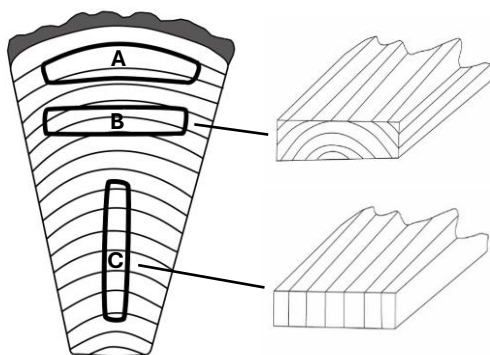
Buscar el dorso del arco en toda la duela en lugar de en una preforma más próxima a la forma final del arco permite un cierto margen de error. Mientras definimos el dorso en una duela más ancha de lo que será el arco, es posible buscar



Representación del dorso (izquierda) y del vientre (derecha) del arco. Mientras que en el primero se respeta un mismo anillo, el segundo los corta.

el anillo en primer lugar en los bordes de esta, y luego con más seguridad en el centro, de manera que, si lo sobrepasamos por error no influirá en el arco, cuyo perfil será más estrecho que el de la duela.

Existen otras maneras de crear el dorso de un arco con las que, bien ejecutadas, el resultado es igual de seguro y duradero. Es posible realizar un arco de un corte radial del tronco o de un corte similar al que hemos visto previamente, pero al que eliminamos la curvatura o corona que crean los anillos, dejando el dorso plano y

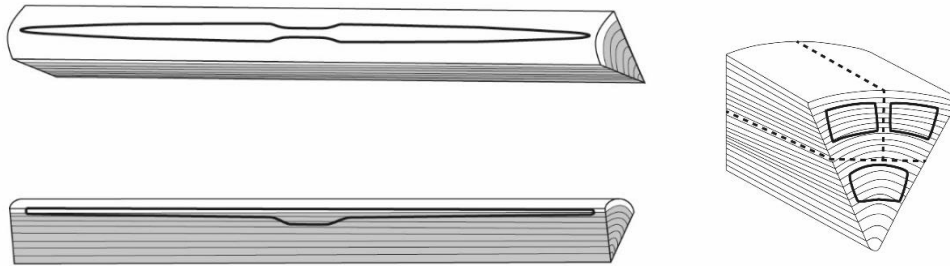


Posibles secciones orientadas en el tronco. **A:** arco con corona, respetando un anillo. **B:** arco sin corona. **C:** arco radial

descubriendo así los anillos de abajo. En ambos casos, será imprescindible que las líneas que marcan los anillos en la espalda discurren paralelas al perfil del arco, sin perderse por los bordes. Sin embargo, en esta guía nos centraremos en el método del anillo de crecimiento único en la espalda.

#### 4.4. BOSQUEJO DEL ARCO

Una vez hemos definido el anillo en la espalda del arco, podemos plantear el diseño del arco. En primer lugar, se debe trazar en el dorso de la dula la línea longitudinal que marcará el centro del arco siguiendo las sinuosidades de la veta de la madera y teniendo en cuenta los nudos presentes en la misma.

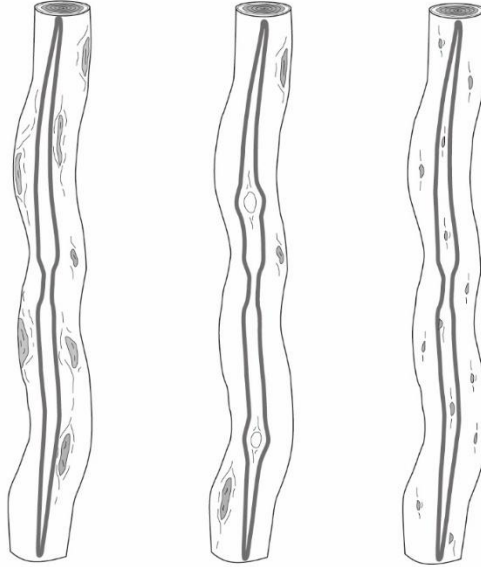


A la izquierda, diseño del arco planteado en la sección de un cuarto de tronco ya seco. En el caso de tener una porción suficientemente gruesa, podríamos sacar más de un arco, como se muestra en el dibujo de la derecha.

Después, se puede dibujar el perfil del arco según el diseño que se desee obtener. La empuñadura, en el centro, suele ser ligeramente más estrecha pero más gruesa que las palas. De esta forma, se adapta a la mano del arquero y deja espacio a la flecha, pero no se flexiona. Las palas tienden a ser más anchas en la sección cercana a la empuñadura y más estrechas en los extremos, principalmente en el último tercio donde se estrechan hasta la punta, y su grosor dependerá de la potencia deseada y del proceso de equilibrado.

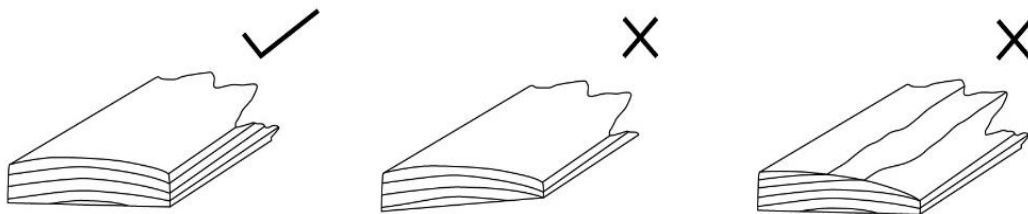
Para mantener un perfil simétrico en las dos palas se puede medir cada una de ellas cada 10 centímetros y así mantener unas medidas iguales.

Una vez definido el diseño, rebajamos el perfil del arco hasta la línea marcada. El bastrén, el hacha o la azuela permitirán retirar madera de manera rápida, pero en maderas sinuosas o cerca de los nudos pueden llegar a levantar la veta arruinando el diseño. Por eso, en estos casos es preferible el uso de la escofina y la lima cerca de la línea que hemos marcado.



Arcos diseñados sobre soportes sinuosos. A la izquierda, se realiza el diseño evitando los nudos. En el centro, se evitan algunos y otros se colocan en el centro del arco, evitando que rompan el perfil. A la derecha, son muy pequeños y no influyen en el diseño.

Una vez rebajada la anchura al perfil del arco, se marca una primera línea para el grosor. Por ahora, esta línea dejará bastante margen, ya que por el momento eliminaremos madera rápidamente con bastrén, azuela o hacha y escofina, y más adelante se hará con más delicadeza. Únicamente quitaremos madera del vientre del arco, respetando la espalda en todo momento, dejándolo todo lo plano que sea posible, pero respetando las sinuosidades de la madera. En el vientre no se respetan los nudos, todo debe quedar plano. El grosor debe de ser uniforme, de tal forma que la línea de la espalda y la del vientre sean equidistantes en todo momento.



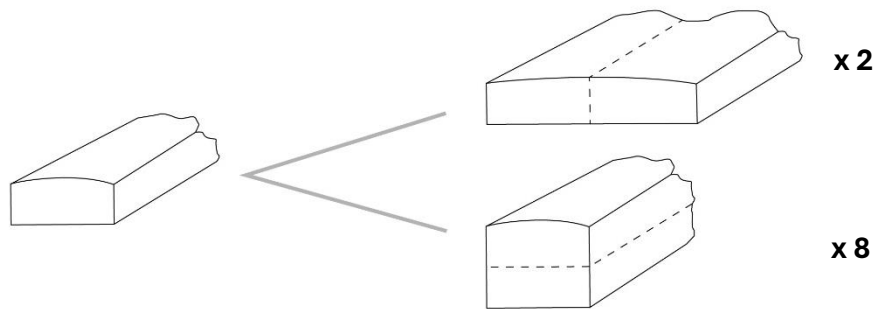
Mientras se rebaja el grosor de la duela, se debe mantener el vientre plano y paralelo a la espalda del arco (izquierda). No debemos rebajar más de un lado que del otro (centro) y, bajo ningún concepto, tocar el anillo único de la espalda (derecha).



Vista en perfil de un arco sinuoso. El dorso sigue un anillo, en el vientre se van cortando anillos, pero la distancia entre ambas caras es la misma en cada momento. Únicamente disminuye cerca de la punta, donde el arco debe ser más estrecho y fino.

Para conseguir un grosor igual en toda la longitud de las palas, es posible realizar, al igual que hemos hecho con la anchura, marcas y mediciones cada 10 centímetros con el objetivo de facilitar un rebaje homogéneo.

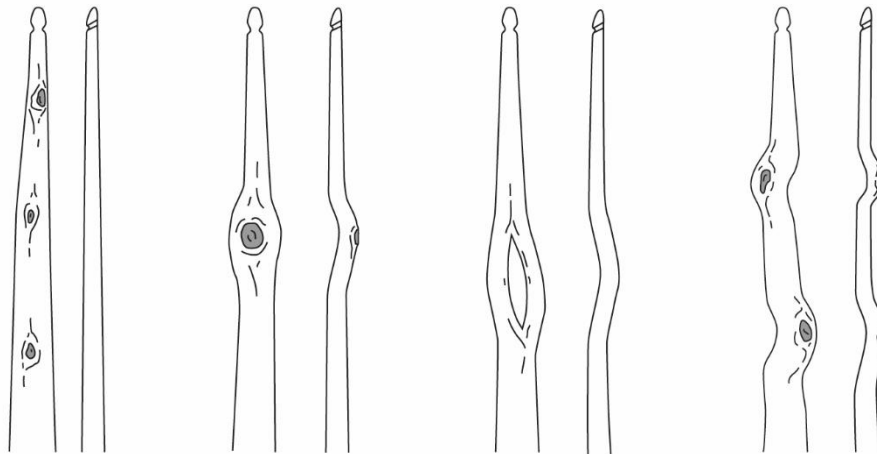
En este punto, es preferible dejar el arco un poco más largo, ancho y grueso, y por tanto más potente, de lo que se quiere conseguir, de forma que haya margen para corregir eventuales errores al quitar madera. Quitar madera en el grosor es un punto crítico y hay que hacerlo poco a poco, ya que **una duela o un arco al que reducimos a la mitad en su anchura, le reduciremos su potencia a la mitad; pero si reducimos a la mitad su grosor, reduciremos su potencia ocho veces.**



Potencia del arco si su anchura es el doble y si su grosor es el doble.

## 4.5. NUDOS

Los nudos de la madera se producen cuando una rama crece en el tronco. Dependiendo del tamaño de la rama así será el nudo; puede ser pequeño y superficial o grande y profundo. Son puntos del arco que resultan un punto crítico a la hora de la flexión. Como hemos tratado en el apartado anterior, una duela recta y sin nudos será preferible a una sinuosa y sin nudos, pero el constructor de arcos experimentado suele buscar retos en maderas con estas características. Para algunas personas, estos nudos pueden resultar feos, antiestéticos, pero de igual manera dotan de un carácter único a cada arco.



Diferentes maneras de tratar con los nudos que no ha sido posible evitar.

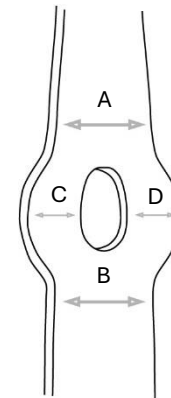
Generalmente, a la hora de realizar el diseño del arco sobre la duela, se evitarán los nudos más grandes y profundos. Si no es posible, es preferible que estos queden en el centro exacto del arco, sin comprometer la continuidad de la espalda por los bordes de este, ya que esto supondría un posible punto de fractura. Si los nudos son pequeños y superficiales, no suelen comprometer la integridad del arco, pero también es conveniente que no se encuentren en los bordes de la espalda.

**En la espalda del arco los nudos siempre deben ser respetados** y seguir en ellos el mismo anillo de crecimiento que en el resto del arco, ya que si tratamos de aplanarlos podemos eliminar parte dicho anillo y debilitar la espalda, especialmente si el anillo es grueso. Por ello, se deben trabajar cuidadosamente, atendiendo a los cambios de dirección de la veta que se dan a su alrededor. Para aumentar la seguridad, es recomendable dejar parte del anillo superior en las

inmediaciones del nudo, incrementando la resistencia de ese punto y evitando que el nudo se pueda abrir.

Por otro lado, **en el vientre del arco los nudos pueden ser aplanados**, y de hecho deberá ser así para poder crear el vientre recto que nos interesa. Dados los cambios de dirección en la veta que experimenta la madera alrededor de los nudos, es recomendable trabajarlos con la escofina o la lima en lugar de el bastrén, ya que con este podríamos eliminar más madera de la cuenta por error.

En el caso de encontrar un nudo muy grande, visible por las dos caras de la duela y con el interior de madera no muy compacta, puede ser preferible vaciarlo, dejando su hueco de la espalda al vientre. En este caso, será necesario ensanchar el arco de manera simétrica a ambos lados del hueco, compensando la anchura que hemos perdido al vaciar el nudo. Bien hecho y con un buen equilibrado, esto no afectará a su desempeño.



$$A = B = C + D.$$

En el caso de vaciar un nudo, la anchura dejada a cada lado debe ser equivalente a la mitad de la anchura total en el inicio y el final de este.

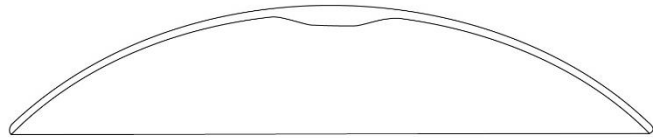
#### 4.6. EQUILIBRADO

Equilibrar el arco consiste en dotar a este de una curvatura armónica en cada una de las palas y simétrica entre ellas, sin puntos donde flexione demasiado o puntos en los que no flexione lo suficiente.

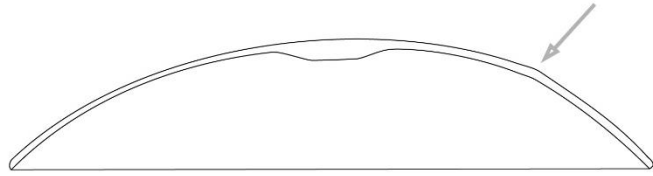
Aquellos puntos donde la flexión sea más exagerada son los lugares donde la madera es más débil y no los deberemos tocar. Los puntos rígidos, donde el arco no se flexiona, son los lugares donde la madera tiene más fuerza, y los deberemos rebajar para aproximar su flexibilidad a los puntos más débiles.



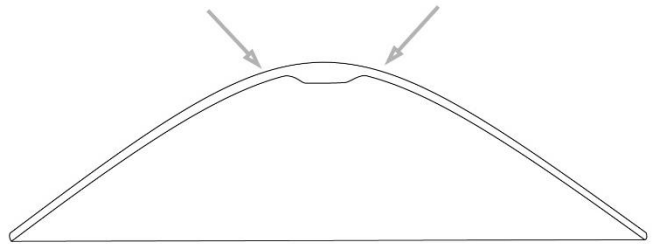
Arco perfectamente equilibrado. Se dobla armónicamente, sin puntos rígidos o débiles y ambas palas flexionan de manera simétrica.



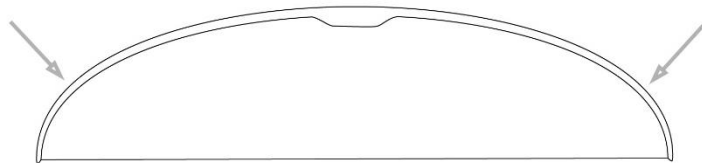
La pala de la derecha tiene un punto que flexiona demasiado. Se deben rebajar las zonas rígidas de esta pala y luego rebajar la potencia de la pala contraria hasta que la de ambas sea igual.



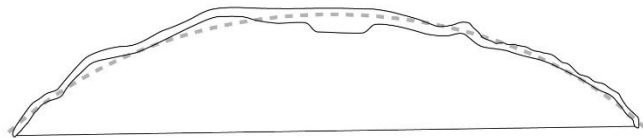
Ambas palas se flexionan demasiado en el centro, y el resto de su longitud es demasiado rígido. Se deben rebajar la zona media y los extremos de ambas palas.



Los extremos de ambas palas se flexionan demasiado. Esto resta efectividad, pero, en algunos casos, permite una mayor durabilidad del arco. Se podría rebajar la parte media y central de las palas para una mayor eficiencia.

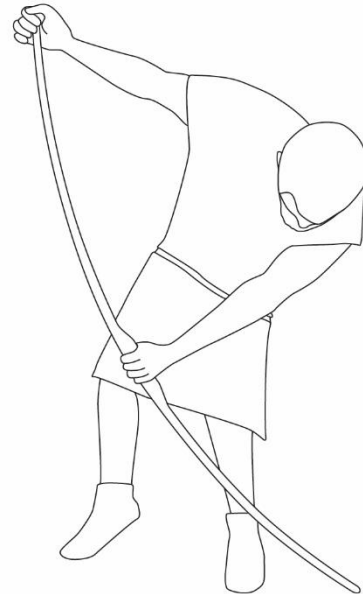


Un arco de perfil sinuoso perfectamente equilibrado. Aunque es difícil de realizar correctamente, es posible equilibrar un arco de este tipo.



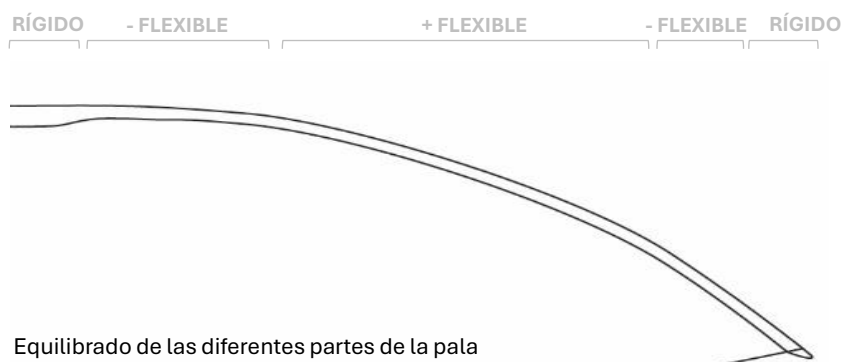
El equilibrado es el proceso más crítico en la construcción de un arco ya que, en este punto, tan cerca del final, cualquier error puede suponer que arruinemos todo el trabajo. Si eliminamos madera de más o doblamos más de la cuenta y antes de tiempo, nos arriesgamos a quedarnos con un arco demasiado flojo, o incluso con un arco roto. La **paciencia** es la herramienta más importante en este momento.

Para probar el equilibrado, en primer lugar, debemos doblar cada una de las palas contra el suelo, observando cuales son los puntos rígidos y cuales los débiles. Con una hoja de cutter, una cuchilla de ebanista, un fragmento de vidrio o el filo de un cuchillo, rasparemos finas virutas de los puntos rígidos. Tras esto, es imprescindible flexionar varias veces la pala del arco que hemos modificado para adaptarla al nuevo equilibrio de fuerzas. 20 pasadas de cuchilla y 20 flexiones suele ser un buen número, que iremos reduciendo cuando nos acerquemos a un equilibrado satisfactorio. Al flexionar contra el suelo, conviene colocar una madera o algún material blando para no deformar el extremo del arco.



*Floor tiller* o equilibrado contra el suelo

Por lo general, la pala de un arco no flexiona de igual manera en toda su extensión. **El área más cercana a la empuñadura se dobla ligeramente, siendo la sección más ancha del arco. El centro de la pala es la parte que más se flexiona. El tercio de la pala más cercano a los extremos es donde la pala comienza a estrecharse hasta la punta, siendo importante que sea estrecho para aligerar peso en esta parte, pero a su vez tiende a ser ligeramente menos flexible. Los últimos centímetros de la punta no deben flexionar.** De esta forma se consigue un mejor aprovechamiento de la fuerza acumulada.



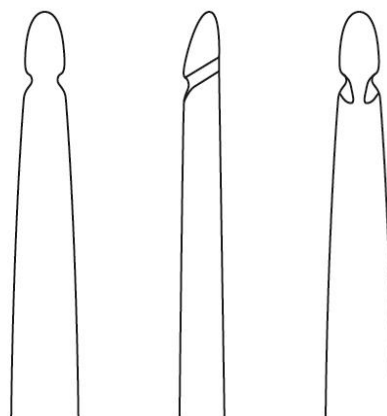
Equilibrado de las diferentes partes de la pala

Mediante la flexión en el suelo, además de hacer un primer equilibrado de cada pala, podemos equilibrar la potencia de las palas entre ellas, comprobando cuanta

fuerza necesitamos para doblar una y la otra. De esta forma, una vez se doblen ambas de la forma que queremos sin puntos débiles ni rígidos, en aquella que esté más dura rasparemos finas virutas hasta que llegue a tener una potencia similar a la más débil. **¡Paciencia!**, no se debe doblar en exceso, ya que los puntos débiles quedarían debilitados y no habría posibilidad de rectificarlos.

Una vez nos hemos aproximado a un equilibrado satisfactorio, podemos acabar de estrechar las puntas del arco. Se debe tener en cuenta que cuanto más estrechas sean, más ligeras y por tanto más eficiente y rápido será el disparo, pero a su vez no se debe comprometer la seguridad de la cuerda, que debe encajar correctamente en las ranuras.

Tras esto, podemos realizar dichas ranuras, unas hendiduras a 45 grados a cada lado de la pala. Las ranuras nunca deben penetrar demasiado en la espalda, ya que podrían comprometer la integridad del extremo del arco, pero pueden ser más profundas en la parte del vientre. Cuanta menos madera dejemos en la parte externa de estas ranuras, más contribuiremos a la eficiencia del arco, pero la cuerda debe quedar bien sujeta. Una buena manera de conseguir ambos objetivos es reducir el grosor y la anchura de estas puntas por encima de las ranuras de manera progresiva hasta el extremo final.



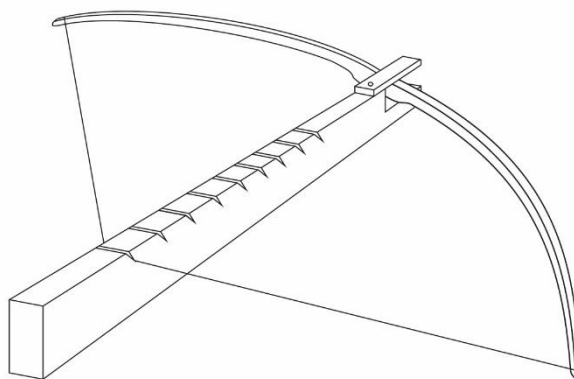
Extremos y ranuras del arco vistos, de izquierda a derecha, desde la espalda, el lateral y el vientre.

Realizadas las ranuras, podemos encordar el arco, en primer lugar, con la cuerda muy larga, es decir, con poca separación entre el arco y la cuerda. Así el arco se tensa poco y no corre el riesgo de viciarse si existen puntos débiles ya que probablemente el equilibrado aun no sea perfecto. Así, se puede observar el arco montado y se comprueba si tiene puntos rígidos. Si es así, se retira la cuerda, se rebaja suavemente en dicho punto, se flexiona la pala varias veces y se vuelve a montar hasta que el equilibrado sea satisfactorio. Tras esto, se puede acortar un poco más la cuerda, se vuelve a comprobar el equilibrado y así repetidamente.

**¡Paciencia!**, no se debe abrir el arco todavía a su apertura final, ya que si quedan puntos débiles aún podrían arruinar el arco.

En algunas maderas, como la robinia y la mayoría de las maderas blancas, es aconsejable, en este momento, **tostar el vientre del arco** con una pistola de calor o con una suave llama. Esto tiene la finalidad de disminuir la humedad en el vientre, haciendo a la madera de esta parte del arco más resistente a la fuerza de compresión, cualidad de la que carecen este tipo de maderas. El tostado debe ser moderado, sin llegar a quemar la madera ya que en este caso podría llegar a debilitar el arco, y nunca debe sobrepasar el vientre y llegar a la espalda, que debe quedar aislada e intacta.

Una vez el arco parece estar bien equilibrado con la cuerda, y esté tostado en los casos que sea necesario, se puede ir tensando poco a poco, comprobando y retocando el equilibrado a las diferentes aperturas. Esto se puede hacer con la ayuda de un compañero que tense con cuidado el arco, mirando en un espejo mientras uno mismo tensa el arco o mediante el uso de un palo de equilibrado, un instrumento que permite tensar el arco a aperturas progresivamente mayores para ir comprobando el equilibrado. Siempre que rebajemos madera, debemos flexionar suavemente varias veces la pala para adaptarla a la nueva curvatura. Cuando ya estemos cerca del equilibrado final, abandonaremos la cuchilla y utilizaremos únicamente papel de lija. De este modo, podremos equilibrar el arco hasta su apertura definitiva.



Palo de equilibrado

Tras el equilibrado, es posible ajustar la potencia del arco. Así, si deseamos una potencia menor, dado que ya está equilibrado, rebajaremos muy suavemente ambas palas de manera homogénea en toda su longitud, doblando tras cada rebaje y comprobando después la potencia resultante. En este caso, debemos combinar el ajuste de la potencia con el de la apertura. Por ejemplo, si deseamos un arco de

40 libras de potencia a una apertura de 28 pulgadas, tal vez alcancemos inicialmente esa potencia a las 22 pulgadas. De este modo, deberíamos ir rebajando y tensando cuidadosamente para “trasladar” esas 40 libras a las 24, 26 y finalmente a las 28 pulgadas deseadas. Nunca se deberá abrir el arco a una apertura mayor de aquella para la cual se ha equilibrado, ya que se corre el riesgo de disminuir permanentemente la potencia del arco, deformarlo o incluso romperlo. Como el arco ya está equilibrado, las pasadas de cuchilla o lija para rebajar la potencia deben ser uniformes a lo largo de ambas palas.

En el caso de desear una potencia mayor, deberemos sacrificar parte de la longitud del arco. Como hemos visto previamente, un arco más corto, a la misma apertura, es más potente y rápido que un arco más largo. De esta forma, con el arco ya equilibrado, es posible recortar unos pocos centímetros las palas, volver a ajustar la anchura de las puntas y rehacer las ranuras para obtener un arco unas cuantas libras más potente. Para ganar velocidad de la flecha, también es posible recurvar las puntas del arco una vez equilibrado, volviendo a comprobar este una vez curvado.

La distancia final de la cuerda montada a la empuñadura ha de ser, más o menos, la que hay entre la base del puño al pulgar extendido de la mano (*fistmelle*). Aunque esto depende del diseño del arco y de la comodidad del arquero y no siempre se cumple, sí que es aconsejable que las plumas de la flecha no toquen la empuñadura del arco.

Aunque el equilibrado ya sea satisfactorio, hay que tener en cuenta que, según nuestra experiencia, hasta que no se han tirado unas cien flechas el arco no está realmente acabado, puesto que el estrés que sufre la madera con el tiro puede provocar ligeros desajustes en el equilibrado que será necesario corregir con raspador o lija. También puede ocurrir que después de tirar varias veces veamos que el arco da mejor desempeño si la que habíamos designado como pala de arriba pasa a ser la de abajo, debido al cambio de fuerza en las tensiones de las palas. Es por ello que, en ocasiones, es recomendable probar varias veces el arco antes de aplicar los tratamientos de superficie.

## 4.7. ACABADO

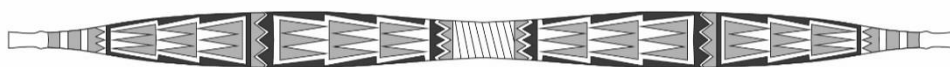
Terminado el equilibrado, comprobado y corregido después de algunos disparos, se pueden dar los últimos acabados al arco. La superficie del vientre, los laterales y la empuñadura se puede suavizar, eliminando las marcas que hayan dejado el resto de las herramientas, con pasadas **papel de lija** progresivamente más fino, aplicando únicamente los más delicados sobre la espalda, que debe permanecer prácticamente inalterada. Finalmente, se puede dar un acabado aún más fino mediante el uso de **lana de acero**.

Tras el lijado, es recomendable **bruñir** el arco. Esto se realiza presionando moderadamente toda la superficie del arco con un material duro y liso como un hueso pulido, un canto rodado muy pulido o un objeto liso de vidrio. De esta manera, la superficie de la madera queda compactada, cerrando los poros y extrayendo y extendiendo parte de los aceites que contiene para contribuir a evitar la entrada de humedad. Con el bruñido, el arco queda liso y brillante.

Si la madera cogiera humedad, el arco podría viciarse, perdiendo elasticidad y quedando inutilizado. Por ello, además del bruñido es recomendable aplicar varias capas de **aceite de linaza** (*Linum usitatissimum*), de **aceite de nuez del árbol de Tung** (*Vernicia fordii*), o de **goma laca** (procedente de *Laccifer lacca*). Una vez seco el aceite o el barniz, se puede añadir una capa de cera para aumentar la protección.

En el caso de necesitar algún retoque del equilibrado tras haber dado el barniz o el aceite, es conveniente volver aplicarlo en el área donde hayamos retirado madera, ya que habremos eliminado también la protección.

Es posible **decorar el arco** siempre y cuando esto no afecte a la integridad de este. Podemos emplear tintes para dar una coloración diferente a la madera, pero siempre que su base sea acuosa, será necesario dejarlos secar adecuadamente

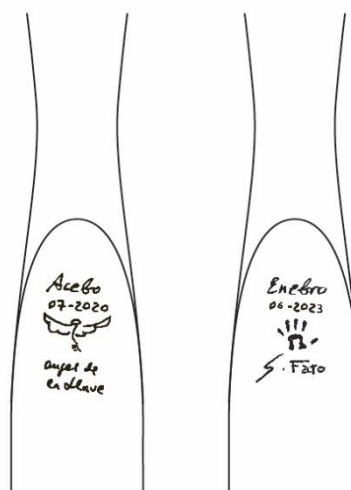


Patrón decorativo de un arco de la tribu *Karok*, nativa de California. Los colores son blanco, negro y rojo (gris oscuro en la ilustración), y están aplicados sobre la capa de tendón del arco.

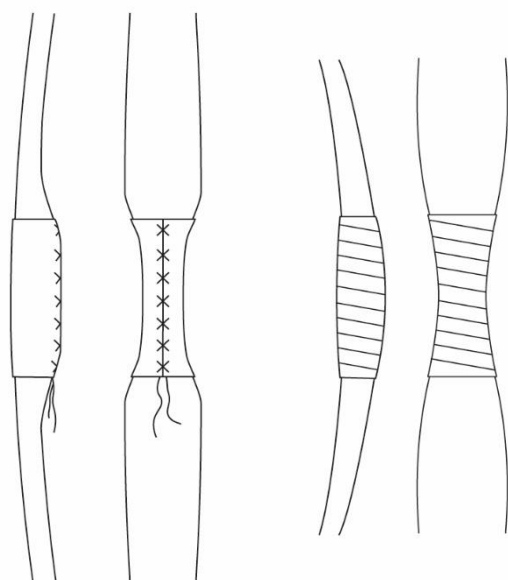
antes de volver a tensar el arco. De igual manera, es posible pintar el arco con diferentes tipos de pinturas o incluso con pigmentos mezclados con aglutinantes naturales, pero en todos los casos será necesario secar adecuadamente antes de tensar. Normalmente, la pintura se aplica en arcos con recubrimiento de tendón o de piel cruda, pero también es posible pintar directamente sobre la madera, tanto en el vientre como en la espalda.

El uso de pirograbador no es recomendable, ya que al quemar parte de la madera puede comprometer la integridad del arco. Únicamente sería posible usarlo sin peligro en la empuñadura, y bajo ningún concepto en la espalda del arco.

Recomendamos marcar siempre el arco, utilizando rotulador permanente o un pincel muy fino, con la fecha de elaboración, la madera utilizada y el nombre o marca del artesano. Si se desea, es posible incluir también la potencia y la apertura máximas del arco. Cuando tenemos unos pocos arcos, es fácil acordarse de estos detalles en cada uno de ellos, pero cuando hayamos fabricado una buena cantidad esto



Parte inferior de la empuñadura de dos arcos, marcadas con la especie de la madera, el mes de fabricación y el nombre y sello del fabricante.



Diferentes formas de envolver con piel la empuñadura del arco, con una pieza cosida o con una tira enrollada.

nos puede facilitar recordar aspectos importantes, como por ejemplo un tipo de madera que haya dado buen o mal resultado con el tiempo. Además, este marcaje se suele hacer en la parte inferior de la empuñadura, por lo que será fácil reconocer rápidamente la pala superior y la inferior.

Finalmente, es posible añadir una pieza de **cuero o piel a la empuñadura del arco** con el objetivo de hacerla más cómoda o estética. Esto se puede realizar tanto con una pieza rectangular cosida sobre sí misma por la parte de la espalda del arco para evitar el roce de las costuras en la mano, o con una tira alargada que se enrolla en toda la superficie de la empuñadura. Esto no siempre es necesario y suele depender principalmente del gusto estético del arquero.

#### **4.8. ENDEREZAR Y CURVAR LA MADERA**

Curvar la madera puede ser un buen recurso, bien se trate de domar y enderezar una madera muy retorcida o alabeada o bien de conseguir unas mejores prestaciones en el arco recurvando sus palas.

La deformación de la madera se realiza gracias a la acción del **calor y la humedad**. Es posible aplicar calor con una **pistola de calor** o simplemente con un **fuego**, en ambos casos teniendo mucho cuidado de no llegar a quemar la madera. También se puede utilizar a la acción del **vapor o hervir** directamente la madera. E incluso calentar la **madera en verde**, momento en el que contiene un mayor porcentaje de humedad. Tanto la humedad como el calor favorecerán la maleabilidad de la madera, y el grosor y tipo de madera utilizados supondrán un mayor o menor tiempo de remojo y calentado.

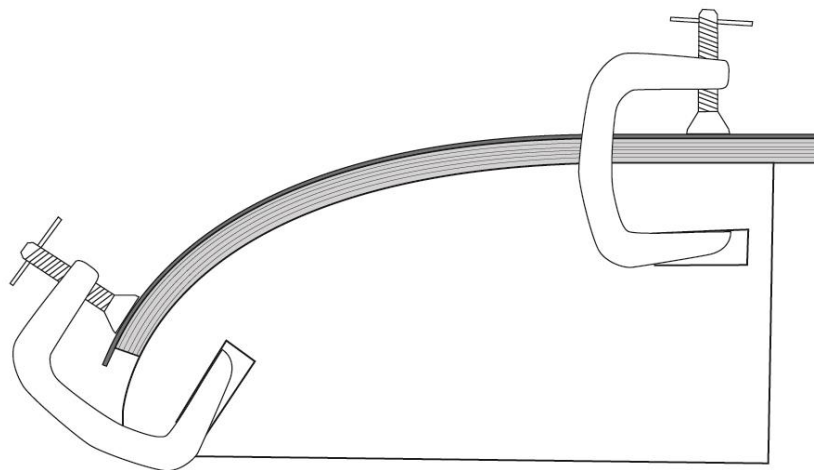
Para aplicar vapor se debe poner a hervir una olla con agua a dos dedos por debajo del borde. Sobre esta, se coloca una o varias hojas de papel de aluminio de tal forma que dirijan el vapor directo a la sección del arco que queremos enderezar o curvar. A su vez, esta se puede envolver con más papel de aluminio para concentrar el vapor en esta área. Para hervir, colocaremos la misma olla al fuego e introduciremos una punta en el agua. Cuanto más alta sea la olla, una longitud mayor del arco entrará en el agua, pero también es posible utilizar el vapor del hervor creando un tubo con papel de aluminio que abarque uno o dos palmos por encima del nivel del agua y crear una tapa con este mismo material que canalice el vapor hasta dicho tubo. En ambos casos, vaporizado y hervido, deberán durar un mínimo de 45 minutos, requiriendo un tiempo más largo cuanto mayor sea el grosor de la madera.



Para una mayor eficacia, es recomendable sumergir en agua durante unas horas la sección del arco o la preforma que se desee curvar o enderezar antes de calentarla, hervirla o vaporizarla y, además, se recomienda un secado lento y progresivo, ya que de otra madera podrían aparecer grietas que podrían arruinar el arco. Nunca se debe tratar de acelerar el secado con calor. Es por ello por lo que se recomienda no tratar de moldear un arco en su forma final, sino más bien una preforma en la cual todavía tengamos algo de margen para retirar madera y de la que podamos corregir los errores que puedan surgir en este proceso.

Tras el vaporizado o hervido, el arco se introduce en un **molde** previamente preparado. En el caso de utilizar únicamente una fuente de calor, calentaremos bien la madera previamente y después, mientras seguimos calentando, la iremos adaptando cuidadosamente al molde. Es recomendable curvar la madera en un grado ligeramente mayor al que queremos como resultado, ya que una vez seca y fuera del molde tratará de recuperar su forma original.

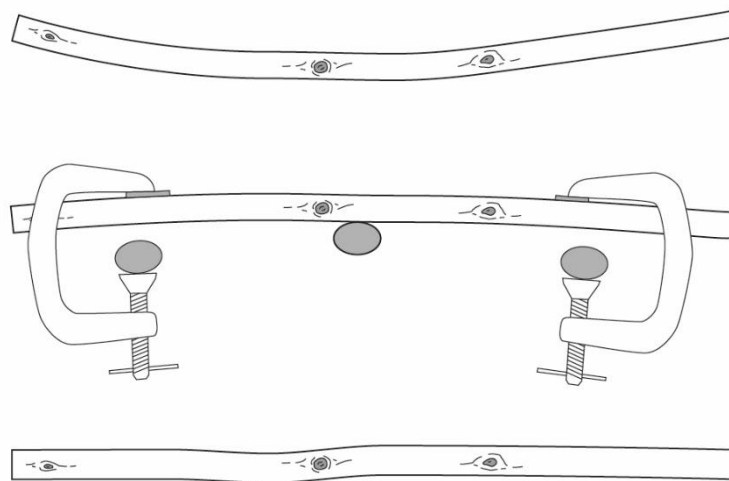
Cuando tratamos de realizar una **recurva**, la parte del vientre del arco tiende a astillarse, por lo que es recomendable cubrir esta parte con una fina lámina de madera, un cuero resistente o una chapa de metal que acompañen esta parte en el movimiento y eviten la aparición de estas astillas.



Ejemplo de una recurva realizada mediante molde. En gris claro está representada la madera que deseamos curvar, y en gris oscuro la lámina de metal o madera que evita que el vientre se astille.

Para enderezar una sección del arco, es posible realizar una **plantilla de enderezado** de manera simple colocando tres puntos fijos sobre un banco de trabajo según la distancia deseada y presionar sobre el central mientras se sujeta con unos sargentos sobre los otros dos en dirección contraria a la curva que se desea corregir. Es recomendable sobrepasar la línea recta cuando tratamos de enderezar, ya que una vez seca y fuera del molde, la madera recuperará levemente su forma original.

Para sujetar el arco o la preforma a un molde o a una plantilla de enderezado, se puede hacer con cuerdas o con sargentos. En ambos casos es recomendable proteger los puntos de contacto con trozos de gomas, cuero o madera blanda, de forma que no queden marcas.



Preforma del arco, vista desde la espalda, antes, durante y después de enderezar. Como se observa, normalmente para conseguir una buena alineación, es necesario sobrepasar el punto en el cual queremos que quede enderezada la madera y doblar en sentido contrario, ya que la madera tiende a recuperar tras el secado e incluso después de algunos disparos.

Una vez en el molde hay que dejar secar y enfriar el arco o la preforma dos o tres días sin moverlo ni forzarlo y tras esto no montar la cuerda hasta que pase otro día más. Estos tiempos pueden acortarse un poco si el ambiente es cálido y seco, pero es recomendable que el secado y el enfriamiento sean lentos.

Por regla general, todas las maderas se pueden curvar o enderezar usando alguno de los sistemas indicados. Hay algunas que son muy dúctiles y se curvan

enseguida y mantienen la forma tras ello, ya se utilice calor directo o vapor. Es el caso del almez, el olmo, el fresno. Otras maderas son más reacias al calor directo y se curvan mejor con vapor o hirviéndolas, como el tejo, el enebro o el roble.

#### **4.9. REFUERZO DE LA ESPALDA DEL ARCO**

Como hemos visto, la espalda de un arco suele ser un único anillo de crecimiento de punta a punta. Sin embargo, en ocasiones es necesario reforzar dicha espalda con otros materiales debido a diferentes motivos algunos de los cuales pueden ser: compensar la debilidad de ciertas maderas en la tensión; cubrir fisuras, nudos o violaciones de los anillos de crecimiento anual; crear la espalda en maderas en las cuales es muy difícil definir la espalda con un único anillo de crecimiento; aumentar la posibilidad de tirar con una apertura mayor en arcos cortos; aumentar la potencia en arcos flojos; conseguir más elasticidad y velocidad del arco; aislar esta parte del arco de la humedad; o alargar su duración reduciendo el estrés de la madera.

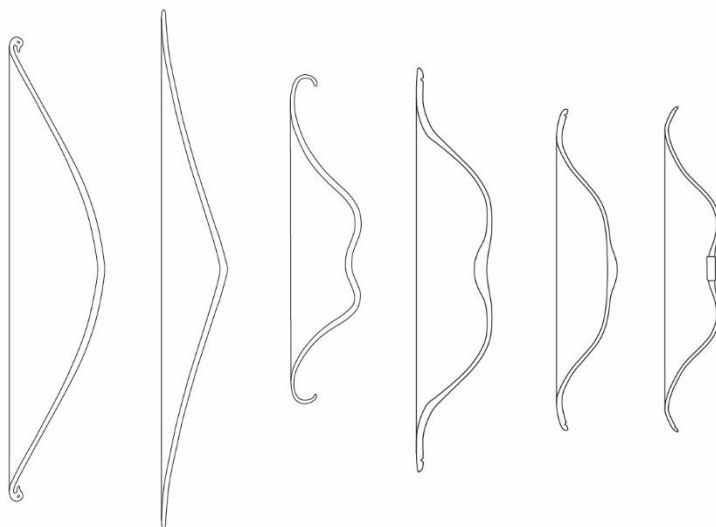
El recubrimiento se puede realizar, en primer lugar, con otras **maderas**. Esto se hace adhiriendo una lámina, más o menos fina, en toda la extensión de la espalda del arco. Las maderas preferidas para este fin, dada su elasticidad y resistencia a la tensión, son el nogal americano o *hickory* y el bambú. El adhesivo utilizado debe ser elástico, ya que en caso contrario podría agrietarse y perder efectividad con la flexión repetitiva del arco, por eso deben ser **cola de conejo o esturión**, en el caso de adhesivos naturales, o pegamentos epoxi, en el caso de adhesivos modernos. Este procedimiento, aunque efectivo, es moderno y no se encuentran evidencias históricas de su uso. Además, requiere de un dorso completamente liso, y por tanto sin un único anillo de crecimiento, por lo que se aleja de lo primitivo o tradicional.

También se puede realizar con **fibras vegetales** como el cáñamo o el lino. Estas fibras, deshilachadas, bien orientadas en la dirección de la veta de la madera y adheridas con colas naturales, pueden crear un anillo de crecimiento artificial que refuerce la espalda del arco. En algunos casos, incluso es posible reforzar la espalda con una capa de tela tejida con estos materiales.

Finalmente, contamos con **fibras animales**. Entre estas encontramos la piel cruda. Esta debe ser muy fina, para evitar añadir peso al arco, y puede proteger la espalda de posibles fracturas, así como de la humedad, pero no aporta cualidades significativas al desempeño de este. De igual manera, las pieles de serpiente cumplen una función similar, protegiendo de la humedad, en muchos casos, un refuerzo hecho con tendón. La seda es una fibra de origen animal que se puede llegar a usar para reforzar la espalda de un arco, pero dado su precio y la dificultad de obtención, es mejor reservarla para otros fines como la fabricación de cuerdas. En algunos arcos compuestos, incluso se llegan a utilizar intestinos para recubrir tanto la espalda como el vientre del arco y así protegerlo de la humedad.

La fibra animal con mejor desempeño en el refuerzo de arcos es, sin duda, el **tendón**. Este material aporta resistencia y flexibilidad a la espalda del arco, así como incrementa la velocidad de la flecha y la potencia del arco.

Históricamente fue, y es, usado en la fabricación de arcos compuestos, típicos de las culturas asiáticas. El vientre de cuerno, que resiste muy bien la compresión y el dorso de tendón, material predilecto para soportar la tensión, adheridos con colas naturales sobre un cuerpo de madera, hacen converger en este tipo de arcos las mejores cualidades. Desde su origen en la Edad del Bronce en próximo oriente, acadios, asirios, egipcios, partos, persas, escitas y, en épocas más recientes, mongoles, coreanos, chinos, tártaros, magiares u otomanos hicieron uso de este



Perfiles de diferentes arcos compuestos. De izquierda a derecha: asirio, egípcio, escita, mongol, otomano y coreano.

tipo de arcos, a pesar de su largo y complicado proceso de elaboración, debido a su efectividad y versatilidad, principalmente en el tiro a caballo, muy extendido entre los pueblos de las estepas euroasiáticas.

Sin embargo, la fabricación de los arcos compuestos es lo suficientemente compleja como para tratarla en un libro propio (citaremos algunos en la bibliografía), así que en este capítulo atenderemos únicamente al refuerzo con tendón de arcos de madera, práctica muy extendida entre los pueblos indígenas americanos, principalmente de la costa oeste.

Si bien todos los tipos de arco se pueden reforzar con tendón, en aquellos más largos la mejora se ve limitada por el peso que éste agrega al arco. Por eso, es mejor su efectividad en arcos cortos, ya sean anchos o estrechos, principalmente si son recurvados. Estos arcos resultan rápidos y muy eficientes, creando una sensación muy especial en el tiro por la cual, personalmente, tenemos predilección.

#### **4.9.1 REFUERZO CON TENDÓN**

Los tendones son estructuras fibrosas que conectan los músculos con los huesos, permitiendo la transmisión de la fuerza generada por la contracción muscular para realizar el movimiento. Son esenciales para la función motora, ya que posibilitan una amplia gama de movimientos en todo el cuerpo. Están compuestos principalmente de colágeno, una proteína fuerte y resistente que proporciona a estos tejidos su capacidad para soportar tensión, cualidad que los hace idóneos para su uso en el dorso de los arcos.

Los tendones usados en los arcos proceden de prácticamente cualquier animal de buen tamaño al alcance del fabricante de arcos: ciervo, alce, caballo, vaca, búfalo de agua, avestruz... Es posible aprovechar los tendones del cuello y la espalda, generalmente bastante largos, pero los de las patas, aunque más cortos, suelen dar mejor resultado. Igualmente, hemos comprobado la mayor cualidad de los tendones procedentes de animales salvajes sobre los de animales domésticos.

Actualmente es posible encontrar vendedores que preparan y envían a domicilio **tendones ya procesados** y listos para su uso. Estos son más caros, pero en

ocasiones compensa ahorrarse el laborioso proceso que implica prepararlos desde cero. La otra opción, es conseguir los tendones en un matadero o de la mano de un cazador, lo que implicará más trabajo.

Si consigues los **tendones frescos**, quítales la carne y la grasa que les quede, lávalos bien agregando al agua un poco de lavavajillas anti grasa y acláralos muy bien a continuación. Después déjalos **secar** en una superficie lisa o bien colgados, preferiblemente en un lugar bien aireado y al sol. Si están apoyados, cada 24 horas dales la vuelta para que se sequen por todas partes. En menos de una semana, según el clima, ya estarán secos. La flexibilidad desaparecerá y se pondrán duros como madera y con un color ámbar casi traslúcido.

Una vez secos, procede a **golpearlos** con un martillo en una superficie dura y lisa, con cuidado de no cortarlos. Al hacerlo, se eliminará una fina cobertura que tienen los filamentos del tendón, que se puede desechar. Con el continuo golpeo, los filamentos internos se pondrán blancos y empezarán a separarse. Cuando esto ocurra, hay que golpear con cuidado de no cortar las fibras. Después se procede a separar los filamentos en hebras del grosor de un lápiz, más o menos. A veces cuesta un poco porque están entrelazados y hay que ayudarse con unos alicates para desgarrarlos.

Posteriormente, estas **hebras** del grosor de un lápiz se deshacen cuidadosamente hasta dejar las fibras con un grosor algo superior al de un hilo, eliminando los restos que puedan quedar de la cobertura que las envolvía. Utilizar un peine con púas metálicas, como los peines para perros, puede ayudar en este proceso. A continuación, se separan las fibras en manojos de diferentes longitudes y se guardan bien estiradas hasta que se use.

Es preferible poner el tendón cuando **el arco ya está equilibrado**, así, si el tendón se pone de forma uniforme, no variará el equilibrado o únicamente habrá que hacer ligeros ajustes. Para preparar la superficie del arco, se lija un poco el dorso para que quede una superficie rugosa que facilite la adherencia de la cola. Tras esto, es importante limpiarlo con un paño húmedo para quitar el polvo

levantado y para eliminar el aceite natural de la madera, que impedirían un buen pegado.

Prepararemos entonces la **cola**, siempre de origen animal. Puede ser **cola de piel o cola de conejo**, es decir, una gelatina compuesta principalmente por colágeno extraído mediante la cocción de pieles y cartílagos de diferentes animales, que al secar tiene muy buenas propiedades adhesivas y una gran flexibilidad. La **cola de esturión y la cola de pescado**, extraídas de las vejigas natatorias de estos animales, dan muy buen resultado, incluso mejor que el de las anteriores, pero su precio es mayor, son más difíciles de elaborar y su tiempo de secado es significativamente más largo.

Estos pegamentos suelen encontrarse deshidratados, por lo que para utilizarlos deberemos **aplicar agua**, preferiblemente destilada o con poca cal, y calentarlos en un recipiente al baño maría y a una temperatura media inicialmente y muy baja después, ajustando la cantidad de agua para obtener el punto justo de viscosidad. Si queda demasiado densa, de una textura similar a la miel, no penetrará correctamente entre las fibras de tendón, y si queda demasiado líquida, de tal forma que cogiendo un poco con un pincel gotee demasiado rápido, no las adherirá correctamente.

Debe **calentarse** moderadamente ya que, por un lado, deberemos introducir las hebras de tendón con las manos y por tanto debe ser soportable al tacto, y por otro, porque una temperatura demasiado alta deteriora la estructura del colágeno de los tendones y de la cola, perdiendo capacidad de tensión los unos y de adherencia la otra.

Una vez listos el arco y la cola se preparan los diferentes manojos de fibras agrupadas por longitudes. Conviene también tener a mano una espátula de madera, en un recipiente con agua caliente, para remover la cola y alisar el tendón después en el arco.

Con el arco bien sujeto, se aplica con una brocha o un pincel una **primera capa de cola** ligeramente más líquida de la que aplicaremos más tarde, con el objetivo de que penetre bien en las porosidades de la madera, a lo largo de toda la espalda

del arco. Aplicaremos también esta cola más diluida en el vientre del arco, únicamente en la zona de las puntas y de la empuñadura. Se deja secar unos minutos y se aplica una nueva capa de una cola con la densidad definitiva.

Seguidamente, se toma un manojo de tendones del grosor de un dedo, se **empapan** en agua templada, se alisan, se peinan y se escurren bien hasta quedar ligeramente húmedos. Tras esto, se **hunden en la cola** sujetándolos por un extremo y se frotran con los dedos para que la cola penetre bien entre las fibras, repitiéndolo varias veces, hasta que la cola está bien absorbida por los tendones. Se hace lo mismo con el otro extremo del manojo. Seguidamente, el manojo se alisa y, se peina y se escurre un poco la cola. Todo el proceso debe llevarnos unos segundos para evitar que la cola se enfríe.

Este puñado de tendones se coloca **longitudinalmente en el centro de la espalda** del arco, presionándolo con los dedos y suavizándolo con la espátula de madera de forma que las fibras queden rectas, como peinadas, evitando que se monten unas sobre otras o que queden retorcidas o rizadas.

A continuación, se toma otro puñado de tendones, se humedecen en agua, se escurren y se empapan en cola de la misma forma y se colocan de tal manera que uno de **sus extremos quede solapado** en dos o tres centímetros encima del haz de tendones anterior, en línea recta hacia el extremo del arco. Lo presionamos y lo alisamos y peinamos con la espátula. Siempre se colocarán los manojos **desde la empuñadura hacia las puntas**. Cuando se llega a la punta del arco, es conveniente que las fibras de tendón sobrepasen la espalda y se adhieran unos centímetros en el vientre.



Los manojos de tendón se añaden de tal manera que los extremos de los haces conjuntos no coincidan. Así, el arco es más resistente.



Si el grosor de los haces de tendón no ha sido suficiente para cubrir la anchura total de la pala, se colocarán nuevos manojos a izquierda y derecha, siempre de forma paralela y desde el centro hacia los extremos. Es conveniente alternar los extremos de estos haces con los del área central, de tal manera que no coincidan los extremos y los finales en el mismo punto, como si fueran ladrillos en una pared. Así mismo, las fibras más cortas pueden usarse para rellenar espacios o ajustar el hueco hasta los bordes.

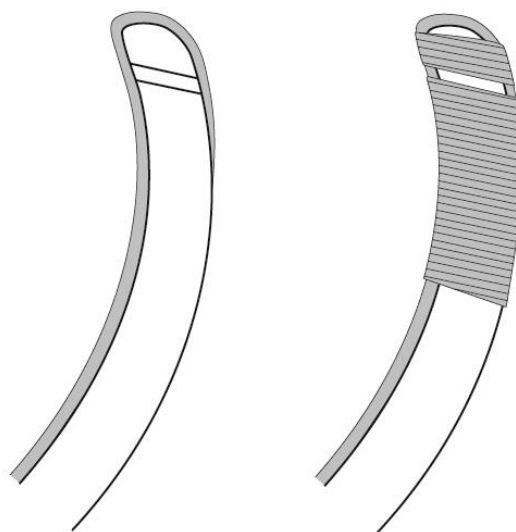
Una vez cubiertas las dos palas, es conveniente añadir un nuevo haz en el centro del arco, sobre la empuñadura, para añadir rigidez en esta zona, así como, en ocasiones, cubrir también los bordes. Si se quiere añadir una segunda capa de tendón, se procede a continuación, pero el grosor de la capa de tendón en húmedo nunca debe de superar un tercio del grosor total del arco

Una vez espalda y bordes del arco están cubiertos, se añaden hebras

finas de tendón **rodeando** transversalmente tres o cuatro centímetros **las puntas del arco** y otros más **rodeando la empuñadura**.

Durante el proceso, la cola del recipiente permanecerá al baño maría a fuego muy bajo y se irá espesando por la evaporación del agua, por lo que será necesario ir agregando agua caliente poco a poco, para mantener la consistencia adecuada. También nos encontraremos en la necesidad de ir lavándonos las manos a menudo para que no se nos peguen los tendones secos y podamos trabajar con pulcritud.

Como hemos comentado, se puede añadir una segunda capa de tendones encima de la primera. Todo depende de la protección, fuerza y velocidad que queramos dar al arco. Ahora bien, esto también aumenta el peso del arco y le hace



Forma en la cual se recubren de tendón los extremos del arco. A la izquierda, los tendones que recubren la espalda pasan por la punta y cubren el extremo del vientre. Seguidamente, la punta se cubre con fibras enrolladas transversalmente.

más proclive a absorber humedad. Una vez seco, el grosor del tendón no debe sobrepasar la cuarta parte del grosor del arco.

Una vez puesto todo el tendón deseado, se aplica una **capa de cola** encima de la espalda del arco con una brocha o con los dedos, suavemente. Entonces se deja secar unos minutos para que la cola solidifique ligeramente y se **envuelve el arco** cuidadosamente con vendas elásticas, con el objetivo de que acompañen con una ligera presión la capa de tendón y cola mientras esta pierde volumen durante el secado. La envoltura debe hacerse con cuidado de no desplazar los tendones ya que en el momento de hacerla la cola no es completamente sólida y podríamos moverlos. Este envoltorio no siempre es imprescindible y el secado puede realizarse al aire, generalmente, sin problema.

Entonces, se dejan **secar el tendón y la cola** durante 24 horas en un sitio fresco, alejado del sol, para que cuaje y se solidifique lentamente la cola. Pasado un día, la parte superficial de la capa de tendón estará dura, y entonces ya puede exponerse al aire y al sol para que se seque en menos tiempo, aunque es recomendable que el secado sea más bien lento para evitar deformaciones o una deshidratación excesiva. El tendón secará entre 10 y 20 días, dependiendo de la humedad ambiental del lugar. En lugares muy húmedos puede tardar hasta un mes en secar y, de hecho, el tendón seguirá curándose durante varios meses después del acabado, así que, dependiendo de nuestra paciencia, puede ser conveniente dejarlo secar más tiempo.

En el caso de haber utilizado cola de esturión o cola de pescado, el tiempo de secado es mucho mayor, como es el caso de los arcos compuestos asiáticos, que eran secados durante al menos un año.

Pasado este tiempo, se puede **lijar la superficie, y alisar** con un trapo ligeramente húmedo, lo que dejará la espalda del arco suave y brillante. Una vez **completamente seco**, pondremos poner la cuerda al arco y hacer los ajustes correspondientes en el **equilibrado**, si son necesarios, y tirar las primeras flechas.

Si se desea, se puede **cubrir la espalda con una piel muy fina** de cabrito, serpiente o pescado, entre otros, para proteger el tendón de la humedad. Además,

es posible **pintar** sobre el recubrimiento de piel o directamente sobre el tendón con pigmentos naturales aglutinados con la misma cola empleada para adherir las fibras de tendón, o en su defecto con pinturas acrílicas modernas. En cualquier caso, deberemos esperar de nuevo hasta que el tendón quede completamente seco antes de montar el arco.

Finalmente, debemos cubrir todo el arco, y principalmente la parte del tendón, con una capa de **barniz**, por ejemplo, goma laca, para protegerlo de la humedad y aplicar a menudo una capa de cera para protegerlo de la humedad, ya que es aún más susceptible de absorberla que la madera.



## 5. LA CUERDA

La cuerda es un elemento fundamental en un arco, ya que es la que es la encargada de transmitir la energía acumulada en las palas para propulsar la flecha. Además, sus características también afectan a la eficiencia y comportamiento del arco, así que los materiales elegidos y la técnica de fabricación deben ser elegidos cuidadosamente.

Es conveniente que el material de la cuerda sea lo suficientemente elástico para que esta no se rompa una vez recibe la energía acumulada en el arco, pero que a su vez no lo sea demasiado, ya que en caso contrario podría estirarse demasiado al tensar el arco. En este caso, como si fuera una goma, sería la elasticidad de la cuerda la que impulsaría la flecha, en lugar de conseguir flexionar el arco, de tal forma que no aprovecharíamos eficientemente la capacidad de acumulación de energía del conjunto arco-cuerda.

Para fabricar una cuerda, es necesario unir en un mismo cuerpo varios hilos o hebras de fibra, enrollándolas o trenzándolas de tal forma que sea resistente al uso y posea las características que deseemos. Una vez montada en el arco y tras varios disparos, las fibras y el trenzado se estiran hasta alcanzar el punto óptimo de elasticidad.

Además, el peso de la cuerda debe ser lo más reducido posible, sin comprometer su integridad, ya que su masa también debe ser desplazada por el arco, y una cuerda demasiado pesada ralentizaría el disparo.

### 5.1. MATERIALES

Es posible utilizar fibras tanto de origen animal como de origen vegetal:

#### **Fibras de origen animal:**

- **Tendón:** es, tal vez, uno de los mejores materiales para la fabricación de cuerdas, dada su gran capacidad para resistir la tensión. Para elaborar la cuerda, el tendón debe ser deshilachado en hebras finas para un mejor

resultado. Aunque se pueden trenzar en seco, es mejor trenzar las fibras ligeramente humedecidas con agua en la que se ha disuelto un porcentaje muy pequeño de cola animal, ya que una cantidad más grande aumentaría demasiado su peso. Se deberá dejar convenientemente y protegerla muy bien de la humedad aceitándola o engrasándola. Dada la capacidad elástica de este material, una cuerda fabricada con tendón tarda mucho más en estirarse completamente, pero el resultado final merece la pena.

- **Piel cruda:** a pesar de ser un material ligeramente más pesado, las cuerdas de piel cruda (nunca curtida) pueden dar muy buen resultado como cuerdas de arco. Es posible utilizar piel de cualquier animal, aunque, generalmente, las de animales más pequeños, al ser más finas, agrupan un gran número de hebras finas para alcanzar un mismo grosor, y por tanto tienden a ser más resistentes. Para realizarlas, se cortan tiras en espiral de un trozo de piel cruda, se humedecen y se retuercen individualmente hasta obtener hilos uniformes de un solo cabo. Estos hilos se retuercen más tarde en el número necesario para obtener el grosor de cuerda deseado. Se puede dejar secar con un peso para que quede bien estirada y una vez seca, se emplea y ajusta hasta que se estire por completo. Se deberá aceitar o engrasar de manera regular.
- **Tripa:** el modo de fabricación es similar. Se debe limpiar el intestino para dejarlo completamente limpio de impurezas. Tras humedecerlos, dependiendo del grosor, se puede enrollar directamente o se cortan tiras para hacer hebras más finas. Tras esto, aun húmedo, se puede trenzar la cuerda, que se dejará secar con un peso y se deberá ir ajustando en el arco hasta que se estire por completo.
- **Seda:** la seda es un material extremadamente resistente a la tensión y es el material predilecto para la fabricación de cuerdas de muchos arcos compuestos asiáticos.

### **Fibras de origen vegetal:**

La celulosa de la fibra vegetal es menos elástica que la fibra animal, lo que hace a estas cuerdas más idóneas para los arcos. Entre las fibras vegetales más usadas para arcos se encuentran las de pita o sisal, las de cáñamo, ortiga y lino. También es posible extraer buenas fibras del cambium de algunos árboles como el olmo o el abedul. En todos los casos, el procedimiento es similar: se seleccionan los tallos o tiras de cambium, se secan, se machacan para ablandar y separar las fibras, se cardan para extraer las fibras más largas y resistentes.

Una vez conseguidas estas fibras, es posible trenzarlas directamente para formar la cuerda. En este caso, dada su longitud limitada, será necesario ir añadiendo más fibras a medida que se vaya tejiendo para mantener un grosor y una resistencia uniformes.

Otra opción es hilar las fibras para obtener hilos o hebras que luego se tejerán en forma de cuerda. Conviene que estos hilos sean lo más finos posible, ya que una cuerda con muchos hilos finos será mucho más resistente que una cuerda del mismo grosor con hilos más gruesos en menor número.

Todas las fibras vegetales son susceptibles de absorber la humedad, por lo que se deben encerar regularmente. Además, este encerado contribuye a disminuir la fricción interna de las fibras, aumentando la longevidad de las cuerdas.

## **5.2. FABRICACIÓN DE UNA CUERDA**

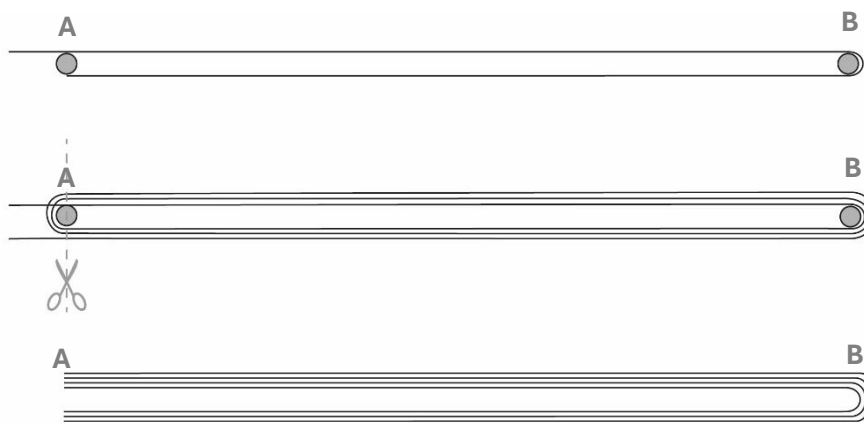
En este apartado, queremos realizar una explicación rápida de como fabricar fácilmente una cuerda sencilla pero efectiva a partir de unas fibras ya hiladas de lino, que en nuestra experiencia es una fibra vegetal muy resistente y de fácil acceso en tiendas especializadas.

Como hemos explicado previamente, es conveniente que el hilo del lino del que partamos sea fino para obtener una cuerda más uniforme y resistente. Para ello, el hilo de tres o cuatro cabos trenzado en húmedo suele dar buen resultado.

Para arcos más potentes es recomendable un número mayor de hilos, ya que la resistencia de la cuerda será mayor. Sin embargo, un mayor número de hilos supone mayor peso. Es por eso por lo que habrá que encontrar un equilibrio, que también dependerá del material del que dispongamos.

Para comenzar, debemos establecer dos puntos fijos de anclaje, por ejemplo, unos clavos o unas ramas finas en dos árboles. Se debe atar el extremo del hilo a uno de ellos y estirar el hilo hasta pasarlo por el otro, y volver al primero, realizando el número de vueltas conveniente para alcanzar el grosor de la cuerda que deseemos. La separación entre los dos puntos debe ser, aproximadamente de 1,5 veces la longitud total del arco, ya que en este momento los hilos se encuentran separados y estirados, pero al trenzarlos juntos, la longitud total de la cuerda se reducirá.

Una vez contemos con el número de hilos conveniente, fijamos el extremo del hilo al punto de anclaje inicial y cortamos todas las hebras a la altura de ese punto. De esa manera, habremos conseguido un extremo abierto, donde todas las hebras comienzan y acaban, y un extremo cerrado, en el que todas las hebras giran para volver hacia el otro extremo.



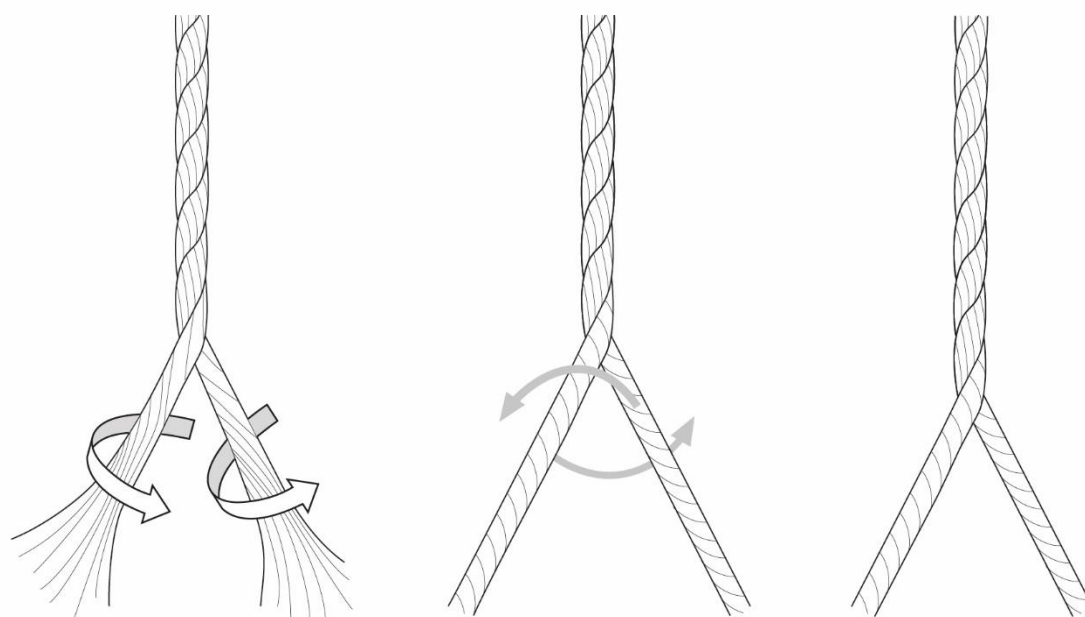
Se dispone el hilo dando vueltas entre los puntos A y B. Se cortan todas las hebras a la altura del punto A y así conseguimos un extremo cerrado (B) y un extremo abierto (A).

Este segundo punto será el inicio de la cuerda y el lugar donde comencemos a trenzar. Esto creará un falso final en la cuerda, el que esta no acabará, sino que se trenzará sobre sí misma, pudiendo crear un bucle o lazo continuo que nos servirá



como unión al arco. Dado que este bucle contaría con la mitad del grosor de la cuerda, es conveniente añadir entre cuatro y ocho hilos más cortos, que únicamente abarquen lo que será el extremo de la cuerda, para aumentar la resistencia de esta parte.

Con estos hilos de refuerzo, se debe comenzar a torsionar el extremo cerrado de la cuerda hasta que veamos que la propia cuerda gira y se retuerce sobre sí misma. En este momento, sujetando el este extremo ya trenzado con la boca o sobre algún punto fijo y aplicando una cierta tensión, se sujetan la mitad de los hilos con una mano y la mitad con la otra creando dos ramales de grosor idéntico. Ambos ramales se deben torsionar en la misma dirección y cruzarlos después uno sobre otro para crear la cuerda, sin dejar de aplicar tensión sobre la cuerda.

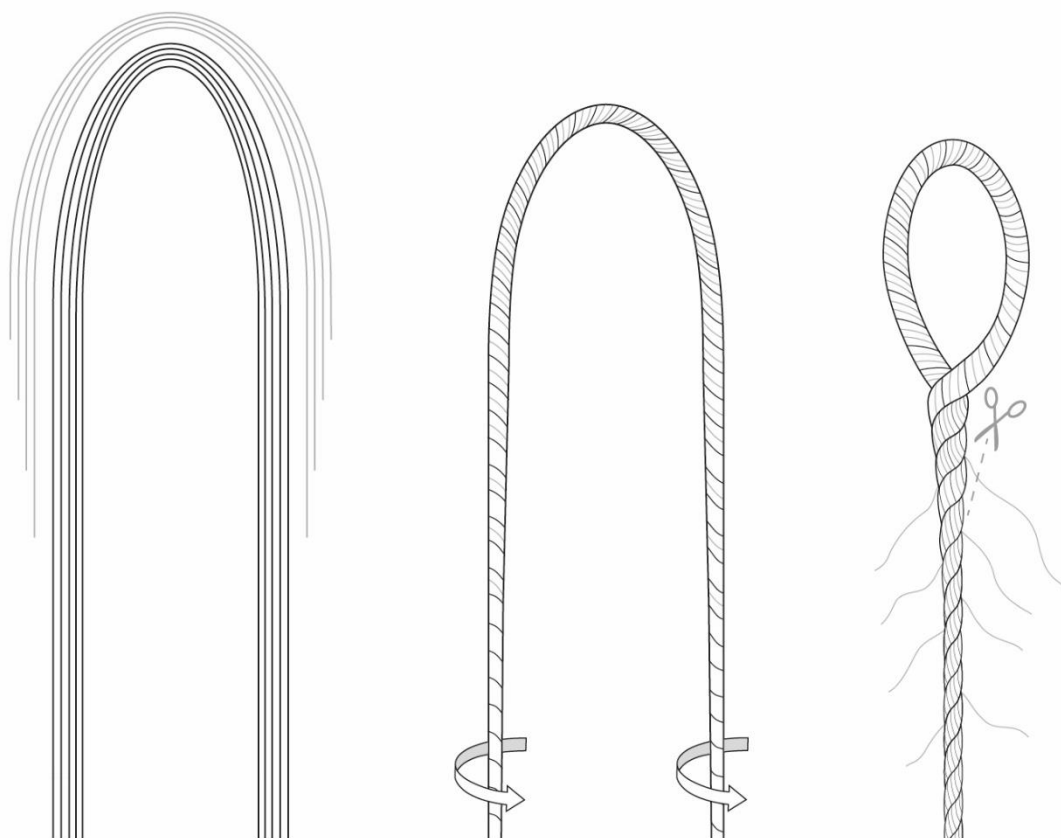


Es imprescindible torsionar ambos ramales en la misma dirección (izquierda), para que una vez cruzados (centro), la torsión de uno mantenga la del otro y la cuerda no se deshilache.

Conviene que los hilos de refuerzo no abarquen más allá de los 15 o 20 primeros centímetros de la cuerda para evitar un peso innecesario. Para ello, pasados unos 5 cruces iniciales de los ramales, se pueden ir sacando del trenzado de manera gradual. Debe sacarse siempre un hilo de un ramal junto con un hilo de otro, para

que ambos ramales sean idénticos, y distanciar tres o cuatro cruces la extracción de los siguientes hilos para que el estrechamiento de la cuerda sea progresivo.

Una vez fuera del tejido todos los hilos de refuerzo se continúan torsionando y cruzando los ramales de manera idéntica, tratando de mantener una torsión, una tensión y un grosor regulares en toda la cuerda. Si se está haciendo correctamente, al soltar las manos la cuerda no se deshace, sino que continúa trenzada. Al llegar al final de las hebras, la cuerda se remata con un nudo simple para evitar que se abra y se deshilache, y se eliminan los sobrantes de los hilos de refuerzo que hemos dejado fuera del tejido.



Los hilos de refuerzo (en gris) deben añadirse en el centro de lo que será el inicio de la cuerda (izquierda), aportando más grosor en esta área. Tras esto, se retuerce el conjunto de hilos y se comienza a trenzar la cuerda (centro). Una vez creado el bucle y tras unos cuantos cruces de los ramales, se puede comenzar a dejar algunos de los hilos de refuerzo fuera del trenzado para alcanzar, progresivamente, el grosor final de la cuerda. Una vez acabada, los hilos sobrantes se cortan (derecha).

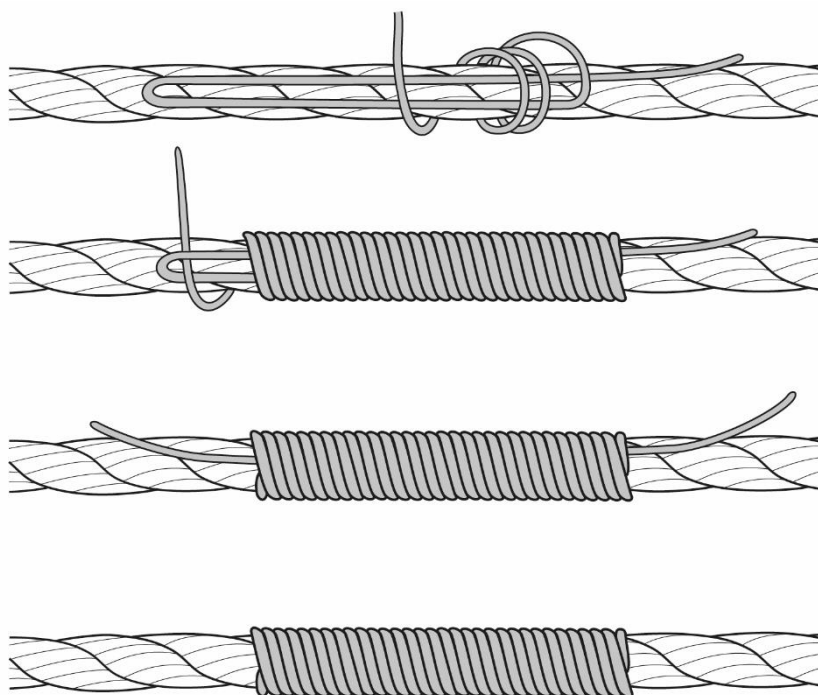
Es posible encerar previamente los hilos, pero puede dificultar el trenzado de la cuerda. En caso de no haberlo hecho, es indispensable aplicar una buena cantidad de cera, frotándola vigorosamente con las manos o con un trozo de piel para que

penetre bien entre las fibras. El encerado deberá realizarse de manera periódica para alargar la vida útil de la cuerda ya que la aísla de la humedad y disminuye la fricción interna.

Para montar la cuerda en el arco, se introduce la pala superior unos centímetros por el bucle del extremo de la cuerda, y el otro extremo se anuda a las ranuras de la pala inferior. Existen distintos nudos, pero dos nudos simples superpuestos dan buen resultado. Una vez montada en el arco y conforme vayamos disparando, la cuerda se irá estirando y deberemos reajustar la longitud. Para ello, basta con deshacer los nudos, acortar la cuerda y volver a anudar. Si finalmente hay mucha cuerda sobrante, conviene cortar dejando unos cuantos centímetros para poder manejarla con comodidad en posibles ajustes futuros.

Retorcer la cuerda en el sentido de la torsión puede acortarla, pero no es aconsejable emplear este método ya que aumenta la fricción interna y por tanto el riesgo de rotura.

Una vez se ha estirado completamente y tiene la longitud deseada, es conveniente reforzar la parte central de la cuerda con un entorchado de lino o seda para evitar el desgaste debido al roce de las manos y la flecha en esta área.



Modo de colocación del entorchado de refuerzo en el centro de la cuerda



## 6. LAS FLECHAS

Se suele decir que en la arquería un 50% es el arco y el otro 50% es la flecha. Ambos elementos son importantísimos, pero nosotros nos inclinamos a pensar que el arco es un 25%, la flecha un 25%, la cuerda otro 25% y el arquero el 25% restante. Si alguna de estas partes falla, todo se resiente. Cuando todo funciona correctamente, el resultado es extraordinario. Es por ello, que realizar buenas flechas es tan importante como construir un buen arco, así como practicar con ambos, para adquirir pericia y puntaría.

Para elaborar las flechas, debemos conocer un buen número de materiales diferentes, ya que estas se componen de distintos elementos sin los cuales no funcionan correctamente, así como tener en cuenta las necesidades del arco con el que las dispararemos.



Partes de una flecha de madera

Las principales características que necesita una flecha son: la rectitud, el peso, la rigidez, el equilibrio y la longitud.

**La rectitud** es una característica fundamental para un disparo eficiente. En esencia, la punta y la ranura de la flecha deben de estar siempre alineadas, ya que una flecha torcida tiende a desviar el tiro. De esta forma, mientras estos dos puntos se encuentren alineados, la flecha podría tener ondulaciones, pero siempre es recomendable que el astil sea lo más recto posible, ya que la alineación será más sencilla y sufrirá menos perturbaciones durante el vuelo.

**El peso y la rigidez** del vástago también influyen en el disparo. Así, un astil pesado, es decir, demasiado grueso o hecho de una madera demasiado densa, dará lugar a disparos más lentos y reducirá el alcance y la capacidad de

penetración. Sin embargo, el grosor y la densidad influyen también en la rigidez de la flecha, que debe adecuarse a la potencia del arco.

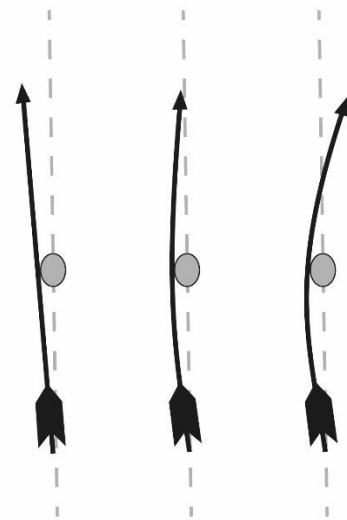
La flecha, al ser impulsada por el arco, sufre cierto grado de flexión, imperceptible al ojo por su velocidad, pero imprescindible para el tiro. De esta manera, un arco de gran potencia necesitará vástagos relativamente rígidos para evitar una flexión excesiva que podría partir la flecha e incluso romper el arco, mientras que un arco de menor potencia exigirá vástagos más finos, ligeros y flexibles.

Por otro lado, **el equilibrio** es también fundamental. Éste debe encontrarse siempre en el centro o cercano a este y ligeramente adelantado hacia la punta. Para ello, es recomendable tratar de fabricar vástagos lo más regulares que nos sea posible, de tal forma que el peso esté repartido de manera uniforme.

Finalmente, **la longitud** también es un factor importante, ya que influye en gran parte de las características anteriores. Un astil más largo seguramente tendrá más secciones a enderezar, será más pesado, se flexionará más y tendrá un punto de equilibrio diferente.

Además, la longitud de la flecha deberá adaptarse a la apertura del arco y el arquero. Una flecha demasiado corta será un peligro ya que podría clavarse en la mano, mientras que una demasiado larga puede suponer un lastre. Una flecha que sobrepase entre 2 y 5 centímetros la apertura total suele dar buen resultado, aunque dependiendo de las características del arco y el arquero, en ocasiones pueden sobrepasar bastante esta medida.

Una vez demos con las características apropiadas para el arco que queremos usar, nuestra forma de tirar y el desempeño que queremos obtener, es recomendable que **todas las flechas sean lo más similares que sea posible**, ya



Flexión de una flecha demasiado rígida (izquierda), de una flexibilidad correcta (centro) y demasiado flexible para la potencia del arco (derecha).

que, de este modo, tendrán un desempeño idéntico y será más fácil obtener una cierta consistencia en el tiro.

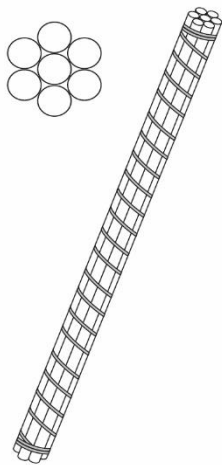
## 6.1. ASTIL

El vástago es la parte de la flecha que determina buena parte de las características finales que se desean obtener, por lo que la obtención de buenos astiles es crucial.

Existen dos formas principales de elaborar los vástagos de madera para las flechas. En primer lugar, aprovechar las ramas y brotes rectos de diversos arbustos, cañas y árboles, y en segundo lugar realizar tablones de madera y cortarlos en varillas de sección cuadrada que más tarde son redondeadas. Mientras que este segundo método es más moderno, sí es posible encontrar ejemplos arqueológicos y etnográficos del primero.

Entre las maderas que es posible utilizar para hacer los vástagos encontramos las rectas varas del rosal silvestre (*Rosa canina*), el viburno (*Viburnum spp.*) o el cornejo (*Cornus sanguinea*), los brotes que crecen al pie de ciertos árboles como el aligustre (*Ligustrum vulgare*), el laurel (*Laurus nobilis*), el avellano (*Corylus avellana*), el madroño (*Arbustus unedo*) y la robinia (*Robinia pseudoacacia*) y las

ramas de ciertos árboles como el ciruelo (*Prunus domestica*). Aunque estas son las especies más recomendables dada sus características de densidad, peso y flexibilidad, prácticamente **cualquier rama que crezca recta** puede aprovecharse para fabricar una flecha.

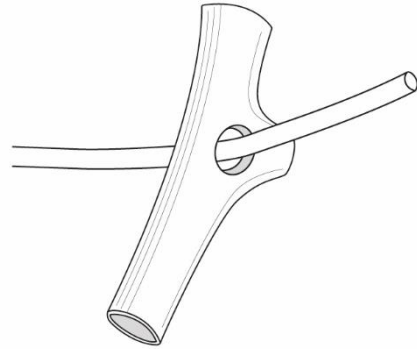


Modo en el que se secan las varas en grupos de 7, y vista en sección de su distribución.

A la hora de seleccionar las varas, es preferible elegir las más rectas, y se debe tener la precaución de que sean más gruesas que el resultado final que queremos obtener, así como de cortarlas más largas. Si tienen espinas, se retiran con cuidado. Mientras están verdes, es posible realizar un **primer**

**enderezado** con la mano, tras el que se deben agrupar en grupos del mismo grosor y preferiblemente de 7 varas, que se atan con cuerdas o gomas quedando lo más rectas posible, y se dejarán **secar** 3 o 4 semanas.

Ya secas, se rebajan y lijan hasta que queden lo más **cilíndricas** posible y casi del diámetro deseado. A continuación, se **enderezan** con el calor de un fuego o una pistola de calor. Para ello, es recomendable contar con un instrumento con una perforación del diámetro del astil, o ligeramente superior, que permita introducir el vástago por él y flexionarlo hasta alcanzar la rectitud deseada.



Enderezador fabricado con un asta de ciervo, similar a ejemplos arqueológicos.

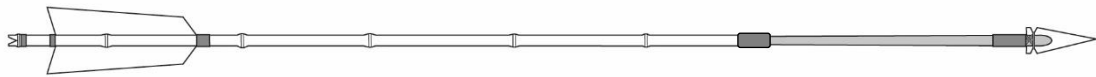
Una vez frías y rectas, las varillas se lijan hasta el grosor final. Por último, se cortan a la longitud deseada, y tras emplumar y colocar la punta es posible aceitarlas, barnizarlas para protegerlas, e incluso decorarlas.

Como comentamos previamente, para realizar astiles de madera también es posible partir de **tablones o listones**. Estos se cortan, obteniendo varillas de sección cuadrada que se redondean posteriormente. Este método, tiene la ventaja de no necesitar enderezar los vástagos, que se obtienen completamente rectos, pero es más trabajoso a la hora de retirar madera y supone conseguir buenos tablones de veta recta y regular de maderas como fresno, cedro o arce.

Actualmente, los fabricantes de material para arquería venden vástagos ya fabricados de cedro, pino y abeto de buena calidad, perfectamente rectos y calibrados. De igual manera, existen varillas preparadas para la fabricación de maquetas que se pueden aprovechar para flechas, de maderas tales como la mansonía (*Mansonia sp.*), de buena calidad, el sapelli (*Entandrophragma cylindricum*), de calidad aceptable, o de tilo (*Tilia spp.*), muy ligera y únicamente válida para arcos de poca potencia. Sin embargo, las varillas típicas de los almacenes de bricolaje suelen ser de madera de haya, una madera pesada y que tiende a combarse, por lo que no son recomendables.



También es posible usar distintos tipos de cañas, soportes bastante rectos en origen, que además tienen la característica de ser huecos y, por tanto, ligeros. El **bambú** es muy empleado en la arquería asiática, principalmente el de la variedad *Tonkin* (*Pseudosasa amabilis*), una especie con cañas muy rectas y cilíndricas, con escasos nudos poco gruesos. El bambú es rígido y pesado, ideal para arcos potentes y de gran apertura. Las **cañas de río** (*Arundo spp.*) son menos pesadas, pero tienden a crecer más cónicas, es decir, más anchas en la base y estrechas en las puntas, los nudos suelen estar más cercanos y son más frágiles que la mayoría de las especies de bambú. El **carrizo** (*Phragmites australis*) no es hueco, sino que posee una médula blanca y porosa, lo que le otorga rigidez y resistencia superiores a las de la caña, pero sin dejar de ser un soporte muy liviano. El mayor inconveniente, sin embargo, son sus marcados nudos.

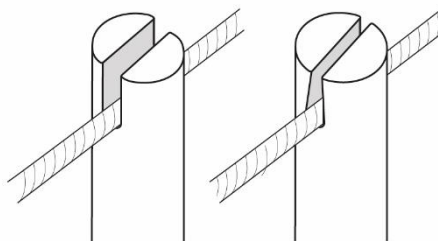


Flecha fabricada con caña con un inserto de madera en la zona de la punta.

En el caso de usar cualquiera de estos soportes, será necesario lijar los nudos para igualarlos al grosor del resto de la caña. Tras esto, se enderezarán primero las desviaciones en estos nudos y después las que existan en las secciones entre ellos. En las cañas menos resistentes, puede ser buena opción unir en la zona cercana a la punta un vástago más corto de madera maciza, de tal forma que refuerce esta área. Además, esto permite crear un astil divisible, que al impactar en el objetivo se separe en dos partes, pudiendo recuperar fácilmente la parte posterior, más larga y costosa de fabricar, y quedando la sección de la punta insertada en la presa. Igualmente, es posible insertar una sección de madera maciza en la zona de la ranura para reforzar esta parte y que la cuerda no rompa o abra la caña.

## 6.2. RANURA

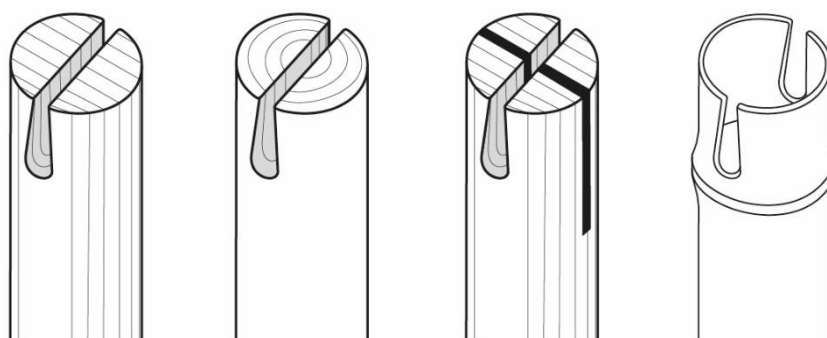
La ranura o culatín es la hendidura en el final del vástago donde la flecha conecta con la cuerda. Debe de ser, por tanto, lo suficientemente ancha y profunda para que la cuerda pueda impulsar la flecha sin salirse durante el tensado o el disparo. Es recomendable que la apertura sea ligeramente más estrecha que la cuerda en la boca de la ranura y algo más ancha en el



Mientras que con una ranura de paredes paralelas se debe sujetar la flecha durante el disparo, una con la boca más estrecha mantiene la flecha fijada a la cuerda.

fondo. De esta manera la ranura encajará suavemente en la cuerda y evitará que la flecha se caiga, aunque dejemos de sujetarla con los dedos.

En los astiles hechos de listones de madera, la ranura debe hacerse en perpendicular a la veta de la madera, ya que en caso contrario la cuerda abriría la flecha por la veta. En estos casos, es posible añadir un refuerzo mediante la inserción de una laminilla de hueso, cuerno o madera dura. En los astiles hechos desde ramas o varas finas, no importa la orientación de la ranura. En los vástagos de caña, la ranura se realiza justo sobre un nudo, o se añade un inserto de madera dura.



De izquierda a derecha, orientación de la ranura en un vástago procedente de un listón, uno hecho con una rama, uno al que se le ha añadido una laminilla de cuerno de refuerzo y uno hecho con caña. En todos ellos, sería conveniente añadir un refuerzo de tendón justo debajo de la ranura.

En todos los casos, las aristas deben ser redondeadas para evitar dañar la cuerda, y es recomendable añadir un refuerzo realizado enrollando una fibra, preferentemente tendón encolado, directamente bajo la ranura. De esta forma se evita que la cuerda abra la madera por la veta.

### **6.3. PUNTA**

La punta es la parte activa de la flecha, la parte del objeto que define la función final del conjunto y, al igual que el resto de los elementos, pueden definir algunas características del resultado final.

El peso de la punta es fundamental para el equilibrio de la flecha. Una punta demasiado pesada desplaza el punto de equilibrio hacia adelante, haciendo que la flecha descienda bruscamente en los últimos metros de vuelo. Una punta demasiado ligera, puede suponer un punto de equilibrio demasiado atrasado, suponiendo disparos menos precisos.

Igualmente, la forma de la punta también puede influir en el vuelo de la flecha. Una punta larga y delgada, generalmente, no interferirá en el vuelo, mientras que una muy ancha puede hacer planear a la flecha, a favor o en contra de los intereses del arquero. Además, la forma de la punta influirá directamente en el tipo de herida que se quiera provocar en la víctima, en la capacidad de penetración o en la capacidad de extraer la propia punta.

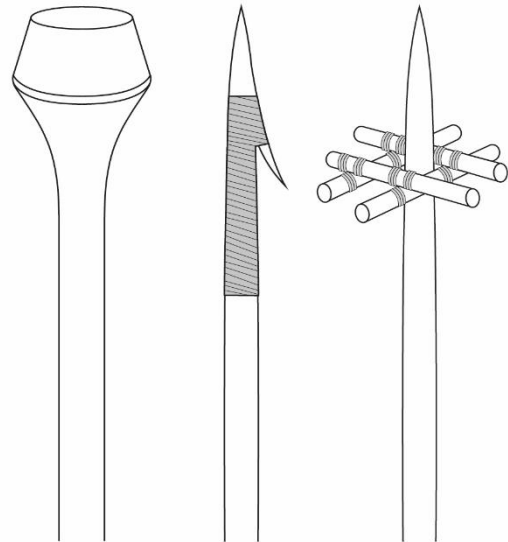
Así, desde la prehistoria encontramos infinidad de formas de puntas de flecha, caracterizadas además por el uso de diferentes materiales. El acceso a diferentes materias primas, así como las necesidades en la caza, en la guerra o incluso en el ámbito ceremonial han determinado una gran variedad de tipos de puntas de flechas, de las que nombraremos algunas de las fabricadas con materiales naturales.

Se conocen flechas en las que únicamente se ha afilado el extremo del astil para crear una punta afilada que se endurece al fuego. En estos casos, se debe controlar el punto de equilibrio para que no quede demasiado atrasado. En otros, a esta punta

se le añade una espina o una astilla lateral en forma de arpón mediante fibras de tendón.

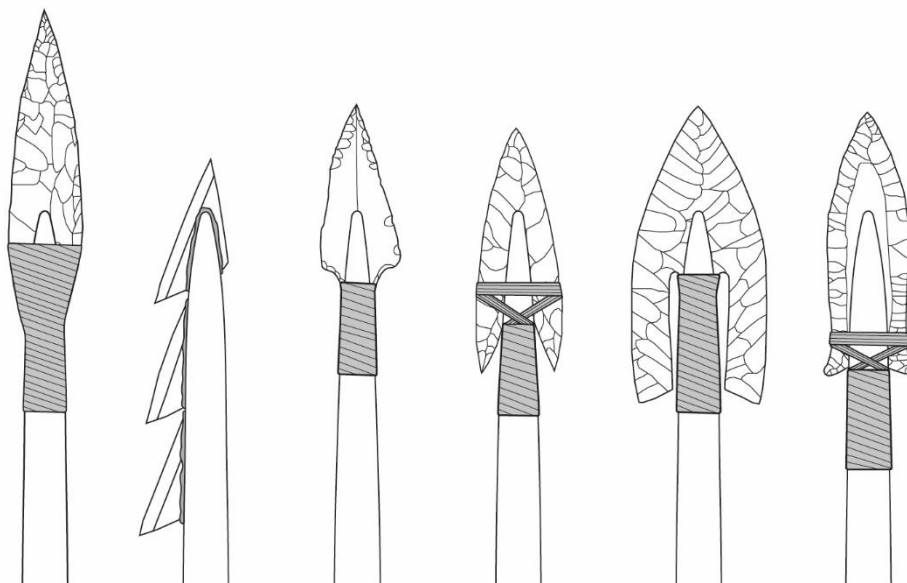
Igualmente, existen flechas con extremos de madera de punta redondeada o plana, empleadas para la caza de animales pequeños mediante contusión, evitando así dañar las pieles o perder una punta de fabricación más costosa.

También existen puntas bajo las que se han cruzado algunas varillas con el objetivo de abatir aves en vuelo evitando que la flecha las atravesase y se pierda en un disparo hacia arriba, e incluso flechas diseñadas para rebotar en la superficie del agua y cazar así aves acuáticas.



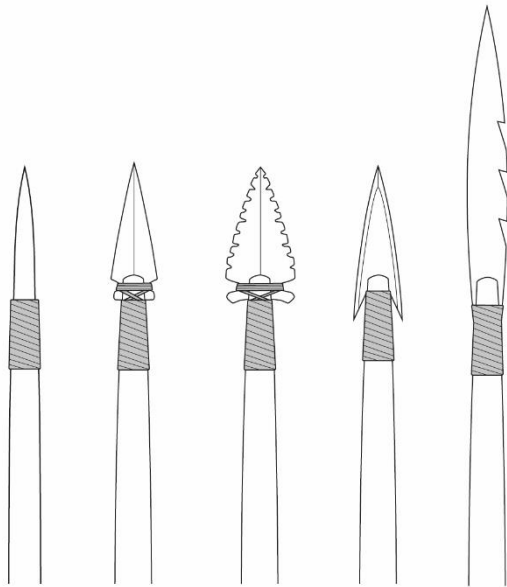
Puntas de flecha únicamente fabricadas con madera y algún tipo de fibra.

Unos de los materiales más utilizados desde la prehistoria para la fabricación de puntas son aquellas rocas que permiten ser talladas dando lugar a filos cortantes y formas aguzadas, como son el sílex o la obsidiana. Deben ser rocas que tengan un



De izquierda a derecha, posible punta de flecha con hoja lanceolada del solutense; punta compuesta mediante microlitos geométricos del mesolítico; punta neolítica sobre soporte laminar; punta bifacial con aletas calcolítica; punta con grandes aletas de la Edad del bronce; y punta norteamericana con aflautado.

tipo de fractura previsible que permita al tallador conocer la forma en la que responderá a los golpes o a la presión. Dadas las posibilidades que ofrecen estos materiales, conocemos una gran variedad de puntas de proyectil con diferentes características y objetivos.

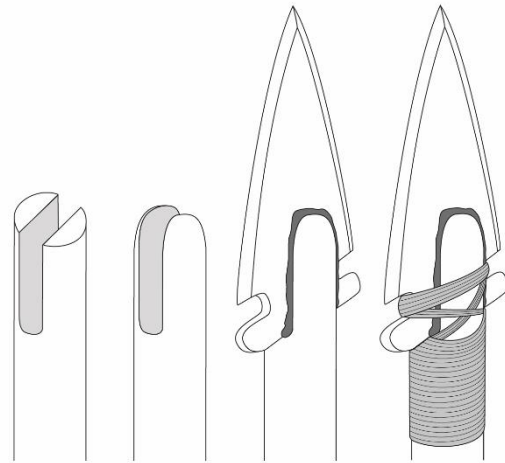


Diferentes puntas fabricadas con asta, hueso e incluso madera dura.

Estas puntas de piedra cuentan con filos muy agudos que permiten una importante penetración de la flecha, pero a su vez son muy frágiles, por lo que fallar un disparo puede suponer perder una punta bastante costosa de fabricar. Por el contrario, las puntas de asta, hueso o cuerno suplen esta carencia con una cierta elasticidad que aporta resistencia a los golpes. Es cierto que poseen una menor capacidad cortante, pero no así punzante si están bien afiladas.

El asta es el material más elástico y que sobrevive mejor a un uso continuado si nuestro objetivo no es cinegético. Igualmente, es posible fabricar puntas de flecha de maderas duras, que aportan peso en el extremo y permiten una vida más larga en la flecha. Estos materiales permiten también llevar a cabo una gran cantidad de formas, desde puntas simples hasta arpones para pescar con arco y flechas.

Para enastar la mayoría de las puntas de estos materiales, basta con realizar una ranura en un extremo del vástago para que esta se inserte. Es recomendable que el vástago se solape sobre la punta, como mínimo 1 o 1,5 centímetros, para que la unión sea más segura. Tras esto, es posible fijarlas con un adhesivo realizado con una mezcla de cera y resina con polvo de carbón, ocre o



Pasos para el enastado de una punta.

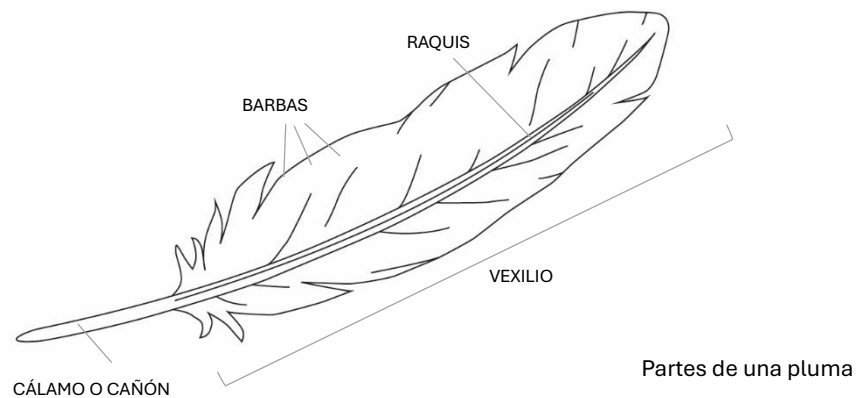
excrementos de conejo, y después asegurar la unión y el extremo del vástago con fibras duras, idealmente tendones. La transición entre el astil y la punta debe ser suave, de manera que no impida la penetración de la punta.

Como hemos comentado, en algunas flechas realizadas con cañas, pero también en flechas de madera, es posible realizar un inserto en la parte de la punta creando un vástago desmontable cuya parte anterior quede insertada en la presa, mientras que la posterior se puede recuperar fácilmente. También encontramos ejemplos en la prehistoria de puntas unidas al vástago únicamente con brea de abedul, creando resultado similar. La brea mantiene unida la punta en el transporte y el disparo, pero al impactar ésta se desprende, quedando dentro de la presa y pudiendo recuperar intacto el resto del proyectil.

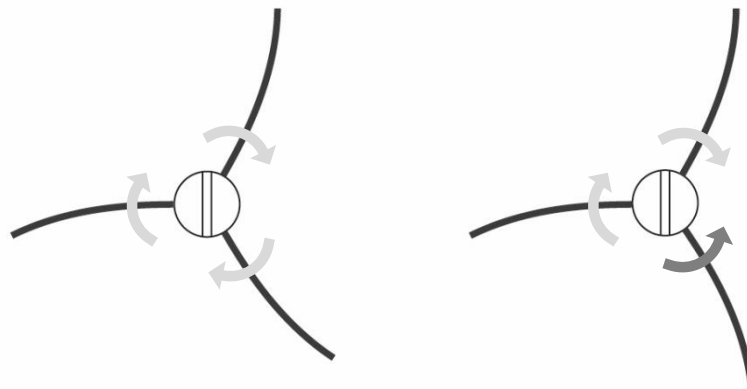
#### 6.4. EMPLUMADO

Tras ser propulsada por el arco, la flecha se flexiona, y en los primeros metros tiene un vuelo relativamente errático. Gracias al emplumado de la parte posterior, el vuelo se estabiliza en los primeros metros, permitiendo una mayor consistencia y precisión.

Es necesario que las plumas sean flexibles, ya que al menos una de ellas rozará con el arco al pasar a la altura de la empuñadura, de manera que si fuera rígida desviaría el disparo. Sin embargo, unas plumas demasiado blandas no estabilizan correctamente vuelo. De esta manera, las mejores son las plumas remeras y timoneras primarias, las más grandes de la punta de las alas y la cola, de aves grandes como buitres, águila, pavo, ganso u oca, ya que guardan una buena relación entre rigidez y flexibilidad.



Existen diferentes maneras de emplumar las flechas. Desde dos plumas enteras atadas sobre el vástago, hasta tres medias plumas cortadas, encoladas y atadas. Recomendamos este último sistema, ya que permite un mayor control y



Izquierda: emplumado correcto de una flecha. Todas las plumas son del mismo ala y, por tanto, todas ellas harán rotar la flecha en el mismo sentido. Además, la pluma a la izquierda es perpendicular a la ranura.

Derecha: emplumado incorrecto. Una de las plumas es de un ala diferente, impidiendo la rotación correcta de la flecha.

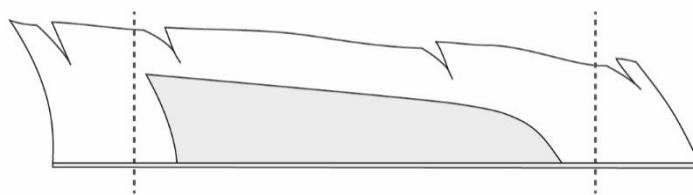
estandarización del resultado final. En todo caso, es imprescindible que todas las plumas e la misma flecha provengan de la misma ala del pájaro o únicamente de la cola, ya que poseen una ligera curvatura que, en el caso de combinar plumas del ala izquierda o el ala derecha en la misma flecha, dificultaría la rotación de esta durante el vuelo.

A la hora de realizar un emplumado de tres plumas, es necesario dividir las por el de forma longitudinal para poder usar la mitad de mayor anchura. Para ello, se corta el cañón y se golpea cuidadosamente el raquis para quebrarlo y ablandarlo. De esta forma, es más sencillo separarlo posteriormente con un filo muy fino a lo largo del canal central que posee. Tras esto, se lija suavemente para facilitar la unión a la flecha.



Corte de la pluma a lo largo del raquis.

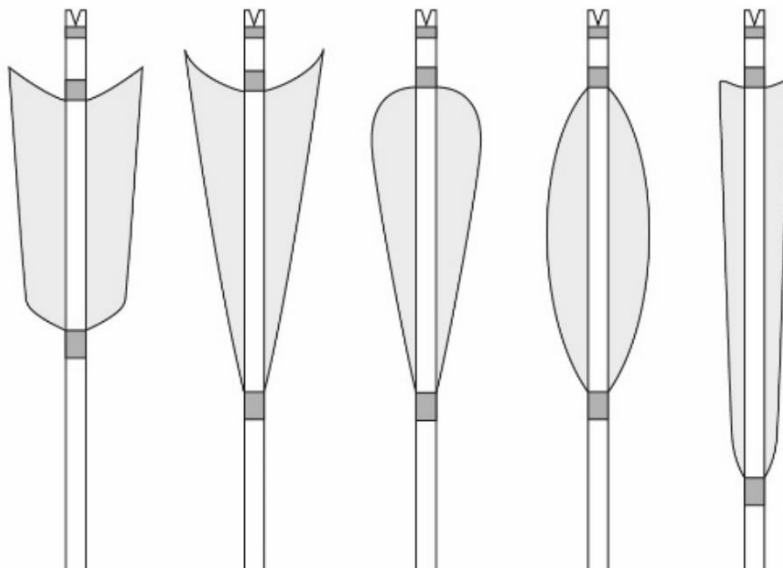
En este momento, se puede cortar la pluma a la longitud deseada. Las plumas más largas y anchas frenan la flecha, pero estabilizan mejor su vuelo, así que será necesario encontrar el equilibrio deseado. Un ejemplo son las flechas para cazar aves en vuelo, que suelen tener plumas muy anchas, e incluso más de tres plumas, que frenan la flecha en el punto más alto y la hacen caer en vertical para evitar que se pierdan en un disparo hacia el cielo. En todo caso, las plumas no deberían tocar el arco una vez colocadas en la cuerda. Además, en este momento deberemos cortar aproximadamente un centímetro sobrante en cada extremo.



Corte de la longitud de la pluma con margen en ambos extremos.



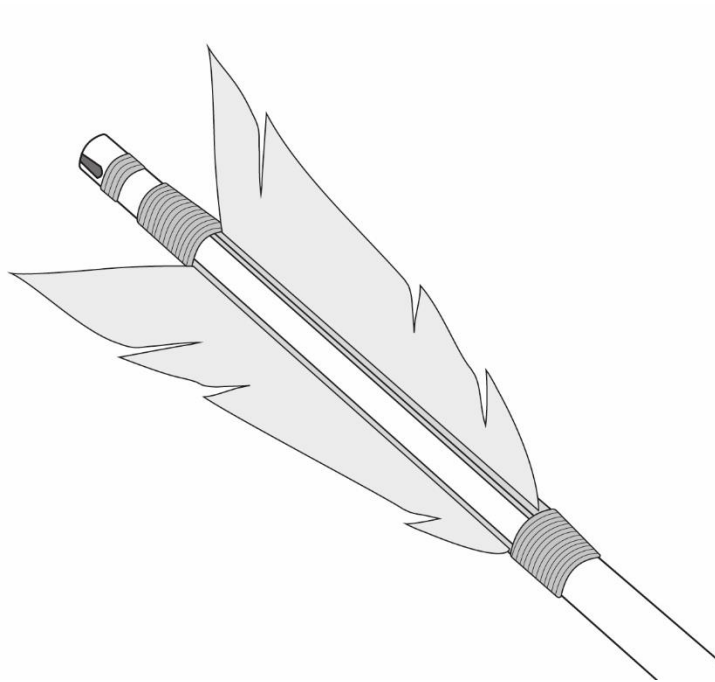
Además, en este momento se pueden recortar las barbas de la pluma para dar el perfil deseado a la flecha. Existen infinidad de estilos diferentes y deberemos adecuar el nuestro a las necesidades de nuestra flecha, nuestro arco y a nuestros gustos personales. Para recortarlas, es posible hacerlo con un filo muy fino, de un cuchillo, un cutter o una lasca de sílex, o con unas tijeras, siempre en dirección contraria a la orientación de las barbas para poder cortar correctamente. También se pueden recortar las plumas mediante el calor de una brasa incandescente en el extremo de un palo, siempre sin llama.



Diferentes formas de las plumas de una flecha

Una vez recortadas, es posible adherir las plumas al astil con algún tipo de cola o fijarlas directamente con algún tipo de fibra enrollada en sus extremos, siendo tendón la mejor. Para ello, es necesario retirar las barbas en una sección de aproximadamente un centímetro en la parte frontal y la parte posterior de cada pluma, de tal manera que la fibra pueda pisar la pluma y sujetarla contra el astil.

Este enrollado es imprescindible en la parte frontal, ya que impedirá que la pluma, en caso de despegarse, se clave en la mano del arquero, sobre la que apoya al salir disparada.



Colocación de las fibras de tendón en los dos extremos de la pluma y en la base de la ranura.

A la hora de fijar las plumas al astil, es necesario dejar una separación de 120 grados entre cada una de ellas, de manera que queden equidistantes. Además, una de las plumas debe quedar perpendicular a la ranura de la cuerda, de tal manera que se minimice el roce de las otras dos con la empuñadura durante el disparo. Finalmente, se debe atender también a la distancia entre las plumas y la ranura para la cuerda, que debe ser suficiente para poder colocar los dedos sin problema al estirar de la cuerda.

## 6.5. CARCAJ

El carcaj o aljaba es la caja o funda donde se transportan las flechas. Hay infinidad de estilos, formas de fabricación y materiales con los que confeccionar un carcaj, que suele cumplir dos necesidades principales. Por un lado, transportar cómodamente un cierto número de flechas, resguardándolas de la humedad y los elementos. Por otro, facilitar el acceso a las mismas mientras se dispara.

No profundizaremos en los tipos o en la fabricación, ya que son tan variados como el gusto y las necesidades de los arqueros.

Existen ejemplos arqueológicos y etnográficos de carcajs de corteza de abedul, piel cruda, cuero, tela, madera, bambú, fibras vegetales tejidas... En algunos, las plumas de las flechas quedan cubiertas para mayor protección mientras que, en otros quedan al descubierto para disponer de ellas rápidamente. Algunos se cuelgan del cinturón, otros del hombro quedando en la espalda o de la cintura. Incluso, en determinados casos, incluyen una funda para el arco.

Aunque, según la cultura popular, estamos acostumbrados a ver a los arqueros portando las flechas dentro de un carcaj, una de las prácticas más comunes de muchos sistemas de arquería tradicionales en todo el mundo es transportar las flechas que se van a usar fuera en cualquier tipo de funda. Esto facilita el acceso a ellas, y por tanto la rapidez y comodidad de disparo.

Algunos arqueros sostienen las flechas en la mano del arco mientras disparan, mientras que otros lo hacen en la propia mano que tensa la cuerda, por dentro del cinturón, clavadas en el suelo, debajo de la axila o incluso por dentro de la rodilla en el caso de estar disparando agachado.



## 7. TIRO

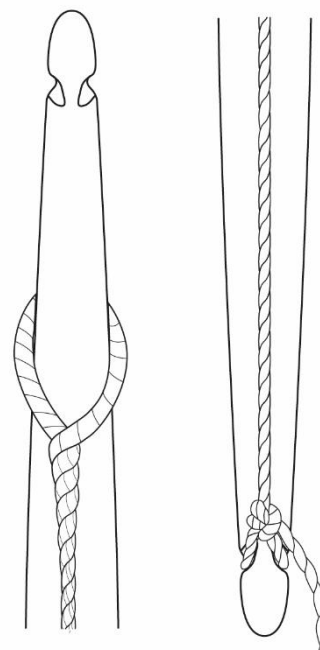
Por fin tenemos acabados nuestro arco, nuestra cuerda y nuestras flechas, pero antes siquiera de montar el arco es necesario comprobar que todo está en orden y listo para ser usado sin peligro, ni para nosotros ni para el material. Dado que todos los materiales empleados son naturales, son más susceptibles a los cambios ambientales, y pueden ser fácilmente alterados por cambios de temperatura o humedad. Por todo ello, siempre hay que tener en cuenta una serie de **precauciones** imprescindibles.

En primer lugar, se debe comprobar el buen estado del material. **El arco** debe estar en perfectas condiciones, sin fisuras, fracturas o marcas de compresión que pudieran comprometer su integridad y nuestra seguridad. Debe estar bien protegido con barniz o cera y antes de montarlo debe encontrarse a una temperatura adecuada, ya que si se montara demasiado caliente podría deformarse.

**La cuerda** debe estar en buen estado, bien encerada, a la longitud adecuada y con los nudos firmes y resistentes. **Las flechas** deben ser las adecuadas para la potencia y la apertura, deben estar bien emplumadas, las plumas bien atadas principalmente en la parte cercana a la punta y no tener astillas o fisuras que pudieran dañar la mano.

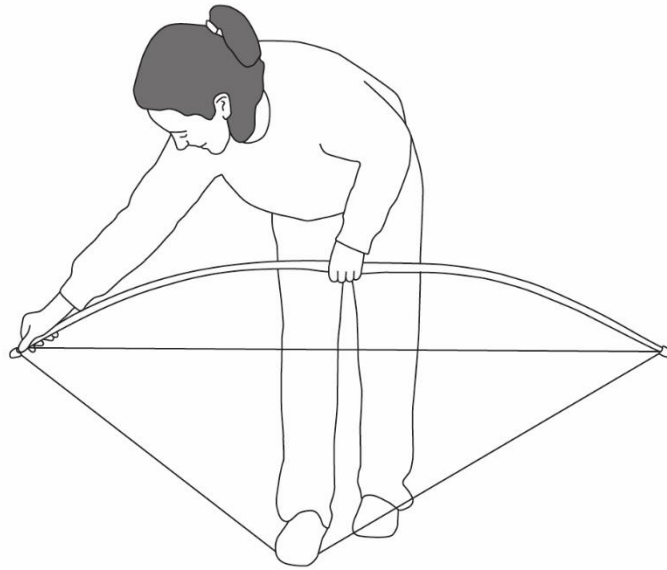
Una vez hechas las comprobaciones, se puede **montar el arco**, es decir, colocar la cuerda en las ranuras. Existen diferentes técnicas, cada una con su grado de dificultad y seguridad. En todas ellas, la pala superior del arco debe encontrarse por dentro del bucle cerrado de la cuerda, mientras que en la ranura inferior la cuerda debe estar firmemente atada.

Lo más recomendable es el uso de un **montador**, una cuerda con dos capuchones en los extremos que deben encajar en las puntas del arco.



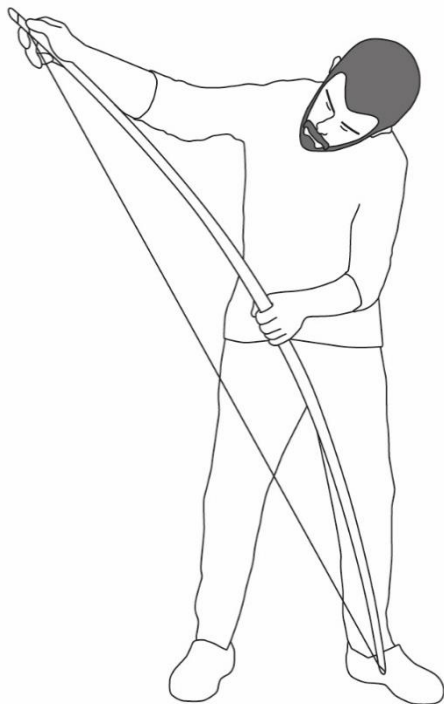
Bucle en la parte superior del arco y nudo en la inferior.

De esta forma, pisando dicha cuerda en el punto medio, se tira de la empuñadura del arco hacia arriba, tensando el mismo hasta el punto necesario para introducir el bucle de la cuerda en la ranura superior. Este sistema es seguro para el arco y respetuoso con la espalda del arquero, pero



Forma de montar un arco con montador

la longitud del montador y la profundidad de los capuchones deben estar adaptadas a cada arco.



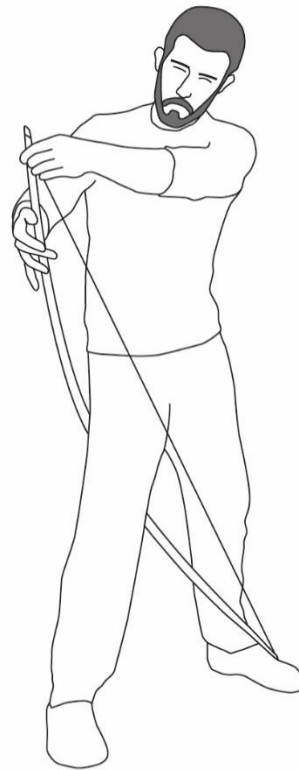
Forma directa de montar el arco.

Una forma más **directa** consiste en apoyar la espalda de la punta inferior del arco en el interior del empeine del pie izquierdo y sujetar firmemente la empuñadura y tirar de ella hacia arriba con la mano izquierda mientras que la mano derecha empuja hacia abajo la pala derecha y se va deslizando hacia la punta arrastrando a su vez la cuerda, hasta que esta entre en la ranura superior. En caso de ser más cómodo, se puede cambiar la lateralidad. Este sistema facilita la operación, ya que no necesita de un elemento externo como el montador. Si

embargo, compromete la seguridad del arquero ya que, si el arco escapara de la mano derecha, la pala superior podría

impactar en la cara, así como puede favorecer la aparición de lesiones en la espalda y el abdomen por un uso continuado y repetitivo.

Una última técnica consiste en posicionar el arco **entre las piernas**, haciendo coincidir la espalda del extremo inferior con el empeine y la espinilla de una pierna y la parte posterior del muslo con el centro de la empuñadura. De esta manera, con un movimiento de giro de cadera, una mano empuja la pala superior mientras que la otra arrastra la cuerda hasta que el bucle entre en la ranura. Este sistema es más seguro para el arquero, pero en caso de no presionar correctamente el centro exacto del arco, puede comprometer la integridad de este.



Forma de montar el arco entre las piernas.

Una vez montado, **las primeras aperturas el arco deben ser lentas** y nunca hasta la apertura total. De esta manera se puede comprobar el correcto funcionamiento de manera segura y realizar los ajustes pertinentes y, paulatinamente, será posible ampliar completamente la apertura, nunca más allá de aquella en la que el arco ha sido diseñado y equilibrado. Si se hiciera podría viciarse, deformarse, perder potencia, quedar completamente inutilizado o incluso romperse.

**¡Nunca se debe disparar el arco en vacío!** es decir, tensar el arco y liberar la cuerda sin flecha. Esto haría que toda la energía acumulada al tensar impactara sobre el propio arco, pudiendo llegar a partir violentamente la madera y generar un accidente importante.

Una vez se acaba de tirar, se debe **desmontar la cuerda**, de tal forma que el arco pierda toda tensión y quede completamente en reposo. En caso contrario, la madera cedería con el tiempo y el arco perdería efectividad y, finalmente, quedaría

inutilizado. Para desmontar el arco, se puede emplear cualquiera de las técnicas de montaje que se han explicado, extrayendo el bucle de la ranura superior en lugar de colocarlo.

La forma de sostener el arco y la manera de encajar la flecha en la cuerda estarán determinadas por la forma de la empuñadura y de la ranura o culatín la distribución del emplumado respectivamente. Una vez adquiridos los conocimientos básicos, la forma de encarar la diana, cómo sujetar la cuerda cómo apuntar y cómo disparar son aspectos que dependen de la comodidad y la práctica. Tarde o temprano cada arquero encuentra su **forma preferida de tirar**, la que encuentre más cómoda y efectiva para él. Hay quien tira completamente recto, quien se encoge, quien mantiene la apertura del arco unos segundos, quien dispara rápido; están los que cogen la cuerda con dos dedos, con tres, con el pulgar o pinzando la flecha. También el punto de anclaje de la mano que tensa la flecha puede variar, tensando cada arquero hasta la comisura del labio, la mejilla, la oreja, el hombro o el pecho. La forma de tiro puede variar también si se cambia el tipo de arco que se usa, dependiendo si es más o menos potente o más o menos largo o si permite un grado de apertura mayor o menor.

Es posible **proteger los dedos del roce de la cuerda** mediante el uso de diferentes elementos, generalmente de cuero, cuya forma dependerá de la manera que el arquero use para tensar la cuerda.

Los diferentes ejemplos etnográficos ofrecen una variedad enorme de formas de tirar en función de las necesidades, del objetivo y del arco y flechas de los que se dispone. No es lo mismo tratar de cazar un bisonte mientras se galopa sobre un caballo, que acechar sigilosamente un pequeño conejo, que pescar un gran pez, que disparar a un simio o un ave en la copa de un árbol o que cazar un antílope con una flecha envenenada. El disparo es una parte, aunque importante, pequeña dentro del conjunto de actividades que componen la caza, y debe adaptarse al resto de elementos para ser realmente efectivo.



De igual manera, el uso bélico de los arcos y las flechas ha supuesto la adaptación a lo largo de la prehistoria y la historia de diferentes estilos de arcos, flechas y técnicas.

En nuestro caso, el uso recreativo de estas armas debe adaptarse además a las necesidades y **medidas de seguridad** específicas. Es imprescindible contar con una **licencia federativa** en regla para poder usar y transportar los arcos legalmente. Nosotros pensamos que no hay un estilo mejor que otro. La forma ideal es aquella en la que el arquero se sienta más cómodo, le consiga más aciertos y sea segura para él y su entorno. Por tanto, solo cabe practicar, practicar y practicar, hasta que cada uno encuentre su técnica de tiro.

Los acróbatas que disparan con gran precisión flechas incendiarias con un arco que manejan únicamente con los pies mientras hace el pino, no siguen el estilo de disparo estándar ni el más recomendable para acertar. Sin embargo, es gracias a la práctica continuada que consiguen ser expertos en su arte. De igual manera, personas sin manos o sin brazos son capaces de ser tiradores expertos y extremadamente precisos adaptando el estilo a sus necesidades y gracias a la perseverancia y la práctica.

Igual que hay personas que tienen habilidad para el dibujo, o para las matemáticas, o para los idiomas, hay quien la tiene para el tiro con arco. En muchos casos, estas capacidades responden a otras actividades que esa persona ha realizado a lo largo de su vida y que se relacionan de alguna manera con la arquería: la habilidad manual, la coordinación ojo-mano, la precisión, la paciencia... Pero se tenga o no esta facilidad, se debe adquirir la disciplina de la práctica, como en cualquier deporte o afición; sin olvidar que lo importante no es tanto acertar sino **disfrutar del tiro con arco**. Tiro no disfrutado tiro errado, independientemente de dónde clave la flecha.



## 8. MANTENIMIENTO

Aunque hemos ido nombrando a lo largo del texto una buena cantidad de recomendaciones de seguridad y mantenimiento de los arcos, cuerdas y flechas a lo largo del texto, queremos dedicar un apartado a agrupar y repasar los ya conocidos y añadir algunos nuevos.

- Nunca se debe disparar el arco en vacío.
- Siempre se debe desmontar el arco una vez se ha acabado de tirar.
- El arco se debe guardar siempre en posición horizontal, de manera que ninguna fuerza, ni siquiera su propio peso, lo pueda deformar con el paso del tiempo. Se debe apoyar completamente sobre una superficie o sobre dos puntos en los extremos y con la espalda hacia arriba, de tal forma que si se deformase ganaría réflex.

También es posible colgarlo en vertical de la ranura superior, de tal forma que no se apoye sobre sí mismo.

- El lugar de almacenaje debe ser seco y ligeramente aireado, para evitar la acumulación de humedad.
- El arco, la cuerda y las flechas se deben encerar de manera regular para evitar la entrada de humedad en la madera y las fibras.
- La cuerda debe tener el grosor y resistencia suficientes para la potencia del arco.
- Las flechas deben ser de una longitud, un peso y una flexibilidad adecuadas para el arco.
- Si el arco se ha calentado o humedecido, se debe dejar enfriar y secar antes de montar la cuerda.
- Nunca abrir el arco más allá de la apertura para la que se ha construido.
- Se debe tirar siempre de la misma manera, respetando la posición de las palas y la posición de la flecha con respecto a la empuñadura.

- Montar la cuerda de manera segura para el arco y el arquero.
- Si no se ha usado durante un tiempo, las primeras veces que se vuelva a tensar un arco deben ser lentas y a una apertura menor a la final.
- Conviene no dejar un arco a un arquero inexperto irrespetuoso con tu trabajo, principalmente si su apertura es mayor de la recomendada para ese arco. Muchos arqueros acostumbrados a utilizar arcos de materiales modernos, que permiten un uso más laxo, no conocen las necesidades de los arcos de madera y puede llegar a romperlos al abrirlos demasiado o demasiado rápido.
- Antes de disparar con el arco, asegúrate de que el espacio es seguro y nadie corre riesgos innecesarios, ni tú ni otras personas.
- **Disfruta de fabricar arcos y de tirar con los que hayas hecho. Es una sensación única, muy satisfactoria y que sin duda puede ser adictiva.**



## 9. BILIOGRAFÍA

Esta obra puede tener el objetivo de ser una guía introductoria con los conocimientos básicos para el constructor de arcos novel. Es por ello, que en este apartado queremos comentar algunas de las obras cuya lectura recomendamos encarecidamente, ya que a nosotros mismos nos han sido de gran utilidad e interés a lo largo de nuestro propio aprendizaje como constructores de arcos y consideramos que pueden ser de interés para el lector con ganas de ampliar sus conocimientos. Nuestra intención es agrupar algunas obras técnicas y divulgativas, así como literatura científica, en torno a la arquería prehistórica, histórica y tradicional.

La gran mayoría de las monografías técnicas son obras de autores anglosajones sin traducción al castellano, pero es posible encontrar algunas obras de gran calidad escritas en nuestra lengua.

### 9.1. BIBLIOGRAFÍA TÉCNICA

#### FABRICACIÓN DE ARCOS DE MADERA

ALELLY, S. et al. (1992): *The Traditional Bowyers Bible*. Bois d'Arc Press.

Los 4 volúmenes de la TBB (Biblia de los Constructores de Arcos) constituyen la obra más completa en lo que se refiere a construcción de arcos. Prácticamente todo lo que un constructor de arcos puede necesitar saber lo encontrará en estos libros, escritos por los autores anglosajones de más prestigio en este ámbito, lo que la convierte en una obra de lectura y consulta imprescindibles.

BICKERSTAFFE, P. (1999): *The heritage of the Longbow*. Editado por el autor.

Una guía técnica para la manufactura de arcos largos de estilo inglés medieval, así como cuerdas y flechas, y su herencia en la arquería tradicional moderna.

CASTILLO BELIO, D. (2016): ***Así hacemos nuestros arcos***. Vida Primitiva.

Es la única obra dedicada a la construcción de arcos disponible en castellano hoy en día y además dispone de un maravilloso apartado gráfico. Muy recomendable para ampliar conocimientos en la construcción de arcos de madera. Disponible en la web de [www.vidaprimitiva.com](http://www.vidaprimitiva.com).

CASTILLO BELIO, D. (2016): ***Así hacemos nuestras flechas***. Vida Primitiva.

Igual que el anterior, dispone de imágenes muy explicativas y permitirá al lector ampliar sus conocimientos para la fabricación de flechas de madera. Disponible en la web de [www.vidaprimitiva.com](http://www.vidaprimitiva.com).

COMSTOCK, P. (1988): ***The Bent Stick. Making and using wooden hunting bows***.

Editado por el autor.

Clásico en el mundo de los arqueros norteamericanos, escrito y publicado por uno de los autores de la TBB.

HUNT, B., METZ, J. (1936): ***The Flat bow***. Bois d'Arc Press.

Un breve libro, uno de los primeros libros técnicos sobre fabricación de arcos, muy interesante para comenzar.

JOHNSTON, D. (1991): ***La madera, clases y características***. Ediciones Ceac.

Un libro muy práctico para entender la madera en general y las características particulares de un buen número de especies de árboles (densidad, resistencia a la flexión, dureza, durabilidad, estabilidad, densidad...).

MASSEY, J. (1987): ***The Bowyers Craft***. Bear Paw Publications.

Obra muy interesante de uno de los autores de la Traditional Bowyers Bible.

SHANE, A. (1990): ***Archery Tackle. How to Make & How to Use It***. Bois d'Arc Press.

Breve obra con los principios básicos para la fabricación y uso de todo el material necesario en la arquería.

## FABRICACIÓN DE ARCOS NATIVOS AMERICANOS

HAM, J. (1989): ***Bows & Arrows of the Native Americans. A Complete Step-by-Step Guide to Wooden Bows, Sinew-backed Bows, Composite Bows, Strings, Arrows & Quivers.*** The Lyons Press in cooperation with Bois d'Arc Press.

De uno de los autores de la TBB, esta obra se centra en la fabricación de arcos de madera, arcos con refuerzo de tendón y arcos compuestos, así como en la producción de flechas y carcajs, todo ello a la manera tradicional de los pueblos nativos norteamericanos.

HAMILTON, T. M. (1982): ***Native American Bows.*** Missouri Archaeological Society.

Centrado en la descripción de los diferentes tipos de arcos usados en el continente americano, explicando desde los arcos de los pueblos inuit, construidos únicamente con materia animal, pasando por los arcos de madera y cuerno fabricados por los nativos de Norteamérica, hasta algunos ejemplos de arcos de pueblos sudamericanos.

LAUBIN, R. y LAUBIN, G. (1980): ***American Indian Archery.*** University of Oklahoma Press.

En esta obra se trata la importancia de la arquería en el día a día de las tribus nativas de las praderas norteamericanas, así como el uso y fabricación de arcos, flechas, carcajs y otros elementos del equipo para el tiro con arco de estos pueblos, incluyendo los arcos de madera, los arcos reforzados con tendón y los arcos de cuerno.

SPOTTED EAGLE, D. (1988): ***Making Indian Bows and Arrows... The Old Way.*** Eagle's View Publishing Company.

Esta obra explica tanto la manera tradicional de fabricar arcos y flechas al estilo de los nativos norteamericanos, así como algunas técnicas modernas. Desde el diseño del arco y el corte de la madera a fabricación de cuerdas y la decoración.



## FABRICACIÓN DE ARCOS COMPUESTOS

BAIDARALIN, D. (2018): ***Sadaqshiliq. The Art of Making and Shooting the Kazakh horsebow.*** Edición del autor.

Acerca de la construcción de los poco conocidos arcos compuestos de Kazajistán, fabricados con cuerno, madera y tendón.

DUVERNAY, T. A. (2007): ***Korean Traditional Archery***” Edición del autor.

De lo mejor sobre la construcción de los fabulosos arcos coreanos de madera, cuerno y tendón.

KARPOWIC, A. (2008): ***Ottoman Turkish bows, manufacture & desing.*** Edición del autor.

Es la obra más detallada sobre la construcción de arcos compuestos turcos fabricados con madera, cuerno y tendón. El autor explica paso a paso, desde su propia experiencia, cómo fabrica auténticas obras de arte en forma de arcos de estilo otomano, con una cuidada introducción histórica al tema.

KLOPSTEG, P. E. (1934): ***Turkish Archery and the Composite Bow.*** Simon Archery Foundation, The Manchester Museum.

Extraordinaria obra sobre fabricación de arcos turcos compuestos, muy difícil de encontrar hoy en día. El mejor libro sobre el tema hasta la publicación de la obra de Karpowic.

## DIVULGACIÓN

BOZA, MOISÉS D. (1997): ***La caza con arco.*** Ed. Hispano Europea.

Centrado en la caza con arco y flechas, desde los principios más básicos a los más avanzados, y cómo practicarla legalmente.

HERNÁNDEZ RUEDA, I. (2021): ***El arquero histórico. Breve introducción al arte de la Arquería Histórica***. Sacauntos Cooperativa Editorial.

Este libro intenta ser una lectura introductoria al mundo de la arquería histórica, abordando la evolución de la disciplina y el uso histórico de este tipo de armas. El autor, un buen amigo, es especialista en el tema y posee una gran conocimiento y experiencia personal en la arquería histórica. Se puede comprar fácilmente por internet.

LÓPEZ BORDÓN, JORGE J. (2021): ***Tiro con arcos. Un paseo por su historia***. Dudú Estudio.

Centrado en la evolución histórica del tiro con arco.

SINTES PELAZ, J. (1994): ***La arquería y el desafío de la caza con arco***. Aqualarga Editores.

Un libro grande y un gran libro. Principalmente dirigido a los interesados en la caza con arco, introduce también los orígenes y la evolución del tiro con arco.

## 9.2. BIBLIOGRAFÍA ARQUEOLÓGICA

BARCELÓ, J. A. et al. (2018): “Reverse Engineering in Prehistory: The Neolithic Bow of La Draga, Spain”. *Engaging Archaeology 25. Case Studies in Research Practice* (219-226).

BERGMAN, C., MCEVEN, E. y MILLER, R. (1988): “Experimental archery: projectile velocities and comparison of bow performances”. *Antiquity* 62 (658-670).

BOSCH, A. et al. (2006): *Els objectes de fusta del poblat neolític de La Draga. Excavacions 1995 –2005*. Monografies del CASC (Centre d'Arqueologia Subaquàtica de Catalunya).

CATTELAINE, P. y BERLIER, C. (2002): *La Chasse dans la Préhistoire*. Guides archéologiques du Malgré-Tout.

DOMINGO MARTÍNEZ, R. (2005): *La funcionalidad de los microlitos geométricos. Bases experimentales para su estudio. Monografías Arqueológicas 4. Universidad de Zaragoza.*

JUNKMANS, J. (2001): *Arc et fêche. Musée Schwab.*

Este investigador es además un experimentado y reconocido constructor de arcos tanto prehistóricos como compuestos. En esta obra engloba sus conocimientos acerca de la fabricación y uso de arcos en la prehistoria europea, exponiendo ejemplos arqueológicos y experimentales. Disponible en francés y alemán.

JUNKMANS, J. et al. (2019): “Neolithic and Bronze Age Archery Equipment from Alpine Ice-Patches: A Review on Components, Construction Techniques and Functionality”. *Journal of Neolithic Archaeology* 21 (283-314).

LANSAC, P. (2005): “Un cadre Chronologique pour l’utilisation du propulsuer et de l’arc durant le Paléolithique Supérieur européen”. *Bulletin des Chercheurs de Wallonie*, XLIII (29-36).

MÁRQUEZ MORA, B. Y MUÑOZ IBÁÑEZ, F. J. (2001): “Arquería Prehistórica: Aproximación experimental sobre sistemas de empuje y propulsión de las puntas de aletas y pedúnculo del Solutrense Extracantábrico”. XVII Congreso Nacional de Arqueología, 2003. *Bolskan* 18 (147-154).

MARTÍN LERMA. et al. (2019): “Solutrean archers? The shouldered points from the end of the outer-cantabrian solutrean period”. En: *Human Adaptations to the Last Glacial Maximum*. Cambridge Scholars Publishing (283-301).

MUÑOZ IBÁÑEZ, F. J. (1999): “Algunas consideraciones sobre el inicio de la arquería prehistórica”. *Trabajos de Prehistoria* 56, nº 1 (27-40).

MUÑOZ IBÁÑEZ, F. J. y RIPOLL LÓPEZ, S. (2006): “Las primeras evidencias de arcos en europa: Parámetros de diseño y construcción”. En MAILLO, J. M, y BAQUEDANO, E. (eds.): *Miscelánea en homenaje a Victoria Cabrera. Zona Arqueológica* 7. Vol I (462-473).

ROZOY, J. G. (1978): “Le propulseur et l’arc. Chez les chasseurs préhistoriques. Techniques et démographies comparées”. *Paléo* 4 (175-193).

PALOMO, A et al. (2005): “PIQUÉ, R. et al. (2015): “Characterizing prehistoric archery: technical and functional analyses of the Neolithic bows from La Draga (NE Iberian Peninsula)”. En: *RIAS, ONTANON y GARCÍA-MONCO (eds.): Actas del III Congreso del Neolítico en la Península Ibérica, Santander, 5 a 8 de octubre de 2003*. Monografías del Instituto Internacional de Investigaciones Prehistóricas de Cantabria 1 (135–144).

PIQUÉ, R. et al. (2015): “Characterizing prehistoric archery: technical and functional analyses of the Neolithic bows from La Draga (NE Iberian Peninsula)”. *Journal of Archaeological Science* 55 (166-173).

### 9.3. SITIOS WEB DE INTERÉS

**Paleoforo** (paleoforo.com) es un foro en castellano en el que expertos y artesanos comparten sus conocimientos y creaciones, incluyendo entre ellos los arcos prehistóricos o primitivos.

**La Sociedad Ibérica de Arquería Histórica** (siah.ac) es una asociación cultural cuyo objetivo es el estudio y difusión de los arcos históricos y prehistóricos, sus características y las técnicas adecuadas para su correcta utilización, así como su relevancia histórica y arqueológica.

**The Asian Traditional Archery Research Network** (atarn.org) es un foro internacional que tiene el objetivo de intercambiar conocimientos y apoyo entre los especialistas y artesanos en las diferentes tradiciones de arquería del continente asiático, un lugar indispensable para aprender sobre la construcción de arcos compuestos.



## 10. AGRADECIMIENTOS

Aunque en un escrito de este tipo no es común realizar unos agradecimientos, tal vez más propios de una obra de mayor envergadura, no queremos dejar de corresponder a todas aquellas personas que han permitido, no ya que hayamos abordado la escritura de esta guía, y tal vez en un futuro de alguna obra más extensa, sino que podamos dedicar nuestro tiempo a esta pasión que es la fabricación de arcos con materiales naturales.

Queremos recalcar de nuevo que no somos los únicos ni los primeros, y esperamos no ser los últimos, que fabricamos arcos primitivos. Los que solemos ir a las tiradas del Campeonato Europeo de Tiro con Arco y Propulsor Prehistórico nos encontramos con amigos artesanos, españoles y extranjeros, que hacen verdaderas maravillas con sus manos y están dispuestos a compartir conocimientos y materiales. Ildfonso Molina, de Almería, Antonio Salas, también de Almería, José Valenzuela, de Alicante, los hermanos José Ignacio y Gabriel Grande, de Madrid o los hermanos Ángel y Adrián Mena, de Cantabria, son sólo algunos de los artesanos con los que tenemos la suerte de intercambiar conocimientos e inquietudes.

Así mismo, en Paleoforo hemos encontrado un lugar en el que compartir ideas y conocimientos con especialistas, artesanos y aficionados en muchas materias relacionadas con la prehistoria y la arqueología experimental.

Queremos agradecer a todas las personas que, como Antoni Palomo, Marcel Bosom, Marco Pla o Jaime Barrallo han hecho posibles algunos de los cursos, ya sea facilitándonos los materiales y el espacio o poniéndonos en contacto con los alumnos.

De igual manera queremos destacar la labor de otros artesanos y docentes del mundo de la arquería primitiva que fomentan enormemente la extensión de nuestra afición. Nacho Marco imparte fabulosos cursos de construcción de arcos de madera en su escuela ARCOL de Teruel; David Castillo, autor de los únicos libros en castellano que tratan la fabricación de arcos y flechas primitivos, ha enseñado durante años a fabricar arcos de madera, de la mano de su proyecto Vida Primitiva, en Azaila (Teruel) y en la actualidad realiza magníficos cursos de forja prehistórica; y Alfonso García-Oliva, luthier, arquero y cuchillero imparte cursos en su taller de Navajeda (Cantabria), o donde se tercié, siendo el primero o uno de los primeros en fomentar la arquería primitiva en nuestro país.

Todos los que hemos aprendido a hacer arcos ha sido gracias a alguien, ya sea leyendo libros, por Internet o personalmente, así que a todos ellos: gracias. Gracias también a todos

los alumnos que han pasado por nuestros cursos a lo largo de los años, ya que nosotros también hemos aprendido con ellos.

Gracias a Rafiki, a Óscar y a Cesc compañeros de tirar flechas y de cazar maderas. Gracias a Quique, que nos pasó los planos del banco de trabajo que nos salva la espalda de lesiones cada día.

Y gracias a ti, que has leído esta guía y te has animado a fabricar tu primer arco y luego el segundo y el tercero y el cuarto... Nos hará muy felices que nuestro trabajo haya servido para difundir la arquería y la afición de la construcción de arcos.

### **De Ángel de la Llave**

Gracias a mi compañero en este viaje, Santiago, arqueólogo que hace una preciosa cerámica prehistórica y unos arcos tan buenos como puedan ser los míos, pero más bonitos. Sin él y sin su dominio de los gráficos, no estarías leyendo estos apuntes. El futuro es suyo.

Gracias a amigos como José Valenzuela, “Black”, de Alicante, que consecuentemente con su espíritu ácrata hace arcos contradiciendo las reglas establecidas en los manuales y demostrando con sus extraordinarios resultados que nadie es autoridad absoluta en nada, permitiéndome seguir aprendiendo; o como Marcel Bosom, de Girona, gracias a cuya generosidad tenemos acceso a las mejores acacias para hacer nuestros cursos.

Gracias a la Vida y gracias a Prem Rawat, que me ha enseñado a apreciarla intensamente cada día.

Y gracias a mi mujer, María José, y a mi hija, Laura, que han desarrollado una visión crítica para ayudarme en el equilibrado de los arcos. Son las primeras en verlos y dar su aprobación.

### **De Santiago Faro**

Gracias a Ángel. No se tiene cada día la suerte de conocer a una persona tan generosa y con unas ganas tan ávidas de compartir sus conocimientos acerca de la que es su pasión, en la que vuelca todo su entusiasmo y vitalidad. Son sus conocimientos los que he tenido

la suerte de ayudar a plasmar en esta obra y de los que espero seguir aprendiendo. Prometo no abrir mucho los arcos y sembrar cizaña siempre que pueda, aunque no me guste, he aprendido del mejor.

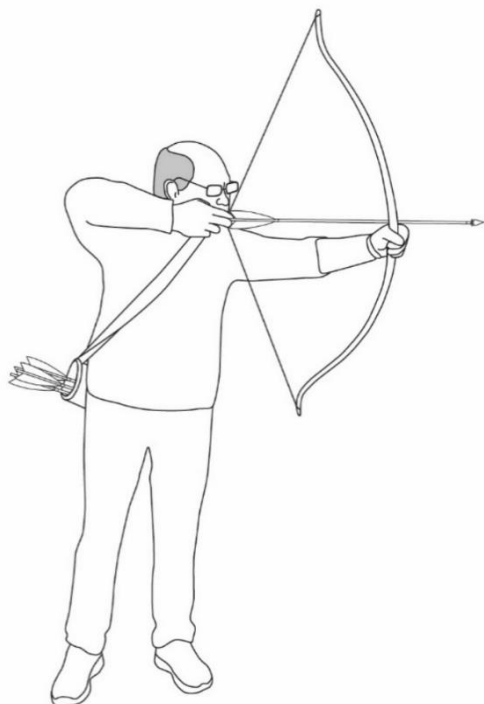
Gracias a Toni Palomo, que me ha proporcionado conocimientos, materiales e ideas más allá del aula. Gracias a Axel y Miriam, que nos han facilitado un nuevo espacio para nuestros cursos.

Gracias a mis padres, artistas y artesanos que me han traído hasta aquí, gracias a Marta, que me apoya cada día, gracias a Kike, que me sana por dentro y por fuera, gracias a Aran, que nos canta y nos encanta, y gracias a Andreu, porque sí.



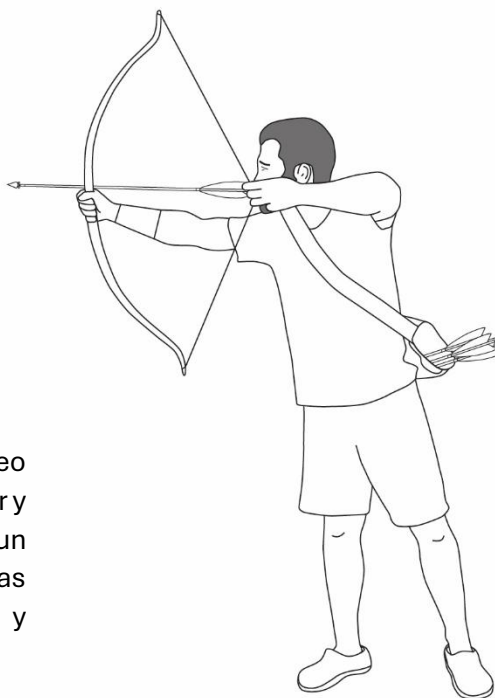


## 11. SOBRE LOS AUTORES



### Ángel de la Llave González

Nacido en 1954 en Madrid y viviendo desde 1982 en Barcelona. Es Graduado Social, ya felizmente jubilado, y empezó a fabricarse arcos de madera hace casi 30 años. Después de hacer más de 400 de todo tipo, y sin parar de fabricarlos día a día, empezó a enseñar a otros, disfrutando con ello aún más si cabe.



### Santiago Faro Gonzalvo

Nacido en 1997 en Ara, en el Pirineo Aragonés. Se ha formado como historiador y arqueólogo y es un artesano entusiasta y un culo inquieto en general. Ha tirado muchas flechas, acertado más bien pocas y disfrutado todas ellas.

Para comentarnos qué te ha parecido este manual, plantearnos tus dudas, ofrecer o pedir consejo y para solicitar información sobre nuestros arcos y cursos, nos puedes contactar a través de Facebook buscándonos por nuestros nombres, en Instagram como @angel.delallave y @amano.reproducciones, o por e-mail: [allave@hotmail.com](mailto:allave@hotmail.com) y [sfarogonzalvo@gmail.com](mailto:sfarogonzalvo@gmail.com).



## 11. ANEXO

### TABLAS DE CONVERSIÓN

Libras	Kilos
1	0,45
2	0,91
3	1,36
4	1,81
5	2,27
7	3,18
9	4,08
10	4,54
15	6,80
25	11,34
30	13,61
35	15,88
40	18,14
45	20,41
50	22,68
55	24,95
60	27,22
65	29,48
70	31,75
75	34,02
80	36,29
85	38,56
90	40,82
95	43,09
100	45,36
105	47,63
110	49,90
115	52,16
120	54,43
125	56,70
130	58,97

Pulgadas	Centímetros
1	2,54
2	5,08
3	7,62
4	10,16
5	12,7
7	17,78
9	22,86
10	25,4
15	38,1
25	63,5
30	76,2
35	88,9
40	101,6
45	114,3
50	127
55	139,7
60	152,4
65	165,1
70	177,8
75	190,5