

Ultralivianos & Experimentales

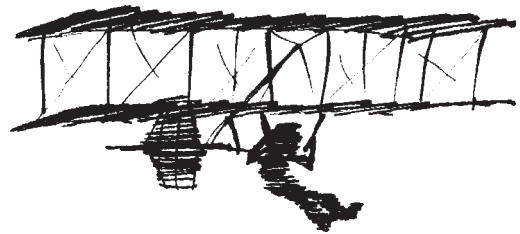
MATERIAL INFORMATIVO DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN DE VEHÍCULOS PERSONALES

Tucumán 1048, (3450) Goya, Corrientes — Rep. Argentina, Sudamérica — Editor/Propietario: Juan Luis Barrionuevo
Tel.: 054 (03777) 42-2161 — E-mail: ulx@goyadigital.com.ar — www.ul-x.com.ar



ADVERTENCIA. La persona que conduce un vehículo aéreo, acuático o terrestre, debe aceptar el riesgo de sufrir y ocasionar heridas graves, incluso la muerte. La decisión de hacerlo es estrictamente particular y se advierte de los peligros potenciales relacionados a la actividad seleccionada. Se pueden operar estos vehículos con seguridad, prestando atención a los consejos y siguiendo las normas y reglamentaciones correspondientes. Reconozca y espere a que se den las condiciones apropiadas a su pericia. Este es un sitio de información y educación, se confía en la aplicación de su sentido común para tratar con respeto a estos vehículos, que no son juguetes. Se recomienda, en donde corresponda, la instalación y uso de implementos de seguridad como arnés o cinturón de seguridad, salvavidas, casco, etc.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio o sistema, sin la autorización expresa del autor de la obra y de UL&X. Esta publicación es adquirida con el entendimiento de que la información proviene de diferentes fuentes por lo que no puede haber responsabilidad o garantía de exactitud, originalidad o integridad de los mismos.



Haz lo que puedas, con lo que tengas, allí donde estés.

—Voltaire

Costillas de madera

Por Juan Luis Barrionuevo

Las costillas del ala son la parte más representativa de una construcción aeronáutica, ya sea por su forma que inmediatamente nos refiere al ala o por su construcción, generalmente similar al resto de la aeronave. Por ello posiblemente sean las piezas más agradables de construir, más fáciles para adquirir experiencia debido a sus reducidas dimensiones y menos costosas si debemos desecharlas por algún error. Las costillas son lo primero que deseamos construir... y hay que aprovechar el entusiasmo, porque muy pronto el tedio nos hará cambiar de opinión, pero para ese entonces ya tendremos el ala lista.

Conociendo su tarea

Las costillas tienen la misión de mantener la forma del perfil y transmitir, a los largueros, las fuerzas aerodinámicas que actúan sobre el revestimiento del ala. De acuerdo a la función que desempeñan, se las conoce como costilla de compresión, costillas comunes y falsas costillas. De acuerdo a su tipo de construcción, existen dos variantes claramente identificadas: las denominadas "armadas" y las "caladas".

Costillas armadas

Estas costillas, se denominan así, por poseer una estructura de reticulados construida con varillas de madera. Usualmente reforzadas en sus juntas, con "pañuelitos" de terciada. Este tipo de construcción, analizando su relación peso/resistencia, es la que resulta más liviana si están diseñadas apropiadamente y bien construidas, pero es necesario fabricar previamente el molde en donde han de armarse.

Costillas caladas

Se obtienen cortando la forma del perfil sobre una plancha de madera terciada de 4 mm. a 6 mm. o de madera balsa de 8 mm. a 12 mm. Con el fin de alivianar su

estructura, a las de terciado, se le suelen practicar orificios de entre 30 mm. a 80 mm. de diámetro, según el espesor del perfil de la costilla.

Una de las ventajas de este tipo de construcción, es que no necesita moldes y es más rápido de construir, pero, como contrapartida, son las más pesadas.

Construcción mixta

Es muy común utilizar conjuntamente los dos sistemas mencionados anteriormente y que de acuerdo al porcentaje del tipo de construcción, se lo catalogue con uno u otro nombre.

Por lo general, la parte central de la costilla es la que manda en esta clasificación. Si la misma es armada, a ella se remitirá el nombre, aunque la sección delantera y la trasera sean del tipo calado.

Lo contrario ocurriría si se usara la parte central calada y las partes externas armadas, pero salvo casos muy especiales, esto no es frecuente debido a su poca practicidad.

Es importante destacar que, cuando se deba recubrir el borde de ataque del ala con madera terciada, aluminio o compuesto y que el mismo deba ser claveteado, la sección delantera preferiblemente debe ser del tipo calado ya que de lo contrario, la flexibilidad del tipo armado

haría difícil de clavar eficientemente el recubrimiento.

La construcción mixta, permite utilizar lo mejor de los dos tipos de construcción, requiriendo una menor sección para los cordones y listones (6 mm. x 6 mm.), y menor espesores en el alma (1 mm. a 3 mm.). La mayoría de las veces, necesita molde para su construcción.

Por lo general, si hay que contornear el perfil en madera terciada, aunque lleve cordones y listones, ya se clasifica dentro de las costillas caladas, pero si necesita molde para su parte central, es armada.

Cordones y listones

En las costillas armadas, se llaman *cordones* (más conocidos como *caps strips*, por la abundancia de planos en inglés) a las varillas que corren por el *extradós* (borde superior del perfil) y por el *intradós* (borde inferior del perfil); y se denominan *listones*, a los *parantes* y *diagonales* que unen los cordones. Las secciones habituales de los cordones y listones son de 12 mm. x 6 mm., aunque ultimamente se ha generalizado el uso de secciones de 6 mm. x 6 mm. Es de notar que el "Piernífero" -al igual que otras alas "Horten"- utilizaba varillas de 5 mm. x 5 mm. de pino Romania (especie que crece en la provincia de Córdoba).

Refuerzos o "pañuelitos"

Habitualmente de madera terciada de 0,8 mm. a 1,5 mm., -en nuestras latitudes, debido a lo difícil de conseguir estos espesores, se usa terciada de 3 mm.-; se deben disponer las vetas principales paralelas al mayor esfuerzo, que son mayoritariamente perpendiculares a la línea de cuerda. La forma dependerá de su ubicación y pueden ser de bordes rectos o circulares. Personalmente, prefiero estos últimos, ya que con una sierra de copa de 50 mm. ó 60 mm. de diámetro, se pueden cortar más fácilmente y en mayor cantidad al mismo tiempo. También es más fácil controlar la disposición de las vetas. El terciado de 1,5 mm. o de inferior espesor, se debe cortar con tijera o cuchilla.

Los de bordes rectos tiene menos desperdicio de material, pero se debe planificar de antemano la disposición de las vetas en aquellos refuerzos que necesitan diferente posición a las usuales. Cuando se usa terciado de 3 mm., si éste es bueno, se puede obviar este trabajo ya que se encuentran sobredimensionados para la mayoría de los aviones caseros.

Alma

Es la parte de terciada de las costillas caladas que tienen cordones de refuerzo. De acuerdo a la cantidad y disposición de los listones de refuerzos puede llegar a tener un espesor tan delgado como 1mm.

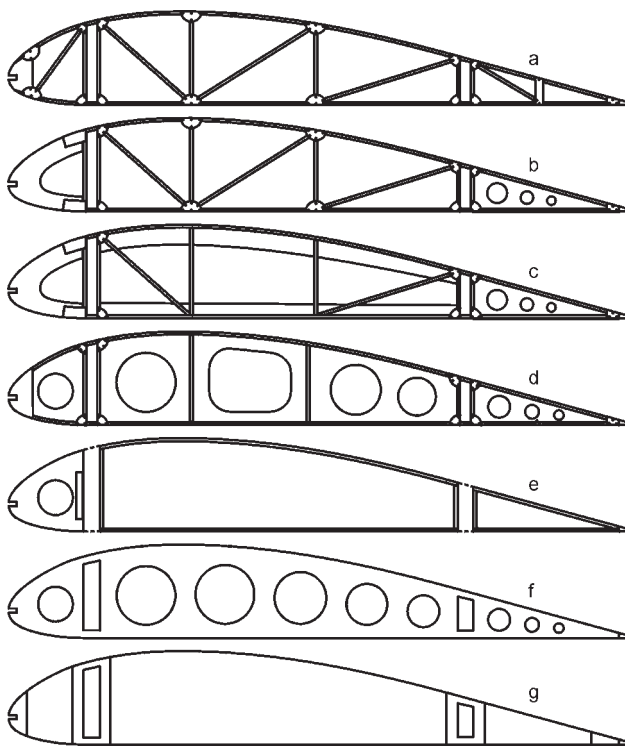
Conformadores de Bordes de ataque

Habitualmente son del terciado, del espesor de los cordones, pero pueden ser de madera maciza (pino *Brasil* de 12 mm. para el "Superheterodino"). El sentido de la veta, si toca el larguero delantero, debe ser horizontal, si el apoyo en el larguero es a través de los cordones, la veta debe disponerse verticalmente. Los conformadores de B.A. (los que llegan hasta el larguero) son muy prácticos por la rápida y sólida construcción, por lo general evitan el preformado de los cordones y ofrecen un muy buen apoyo a bordes de ataque "claveteados".

Conformadores de Bordes de fuga

Se realizan en terciado de 1,5 a 3 mm. de espesor. Ne-

Las siguientes son algunas de las alternativas que consideré para el "Superheterodino" y que ejemplifican las clasificaciones posibles: **a)** costilla armada con cordones y listones de 6x12mm. y refuerzos en terciada de 3 mm.; **b)** costilla armada con formadores de B.A. y de B.F. en terc.; **c)** costilla armada en forma similar a la anterior, pero con la parte central semiformada en terciado de 3 mm., los cordones fueron ranurados para insertar el terciado, y los listones son de 4,5x6mm. a cada lado del alma; **d)** costilla calada en terciado de 3 mm. con cordones ranurados y listones de 4,5x6mm. a cada lado, el terciado está alivianado calándolo en su interior; **e)** costilla calada de tres cuerpos, con cordones ranurados y alma de terciada de 3 mm., las vetas externas deben disponers verticalmente; **f)** costilla calada en terciado de 4 a 6 mm. sin cordones y alivianada; y **g)** costilla calada sin alivianamiento en balsa de 8 a 12mm. con refuerzos de terciada de 1,5 a 3mm.. En estas dos últimas costillas, las vetas externas deben disponerse horizontalmente y los refuerzos en forma vertical. Los cordones son siempre de 12x6 mm. y los formadores del B.A. en terc. de 12 mm. Todo los demás terciados en 3 mm.



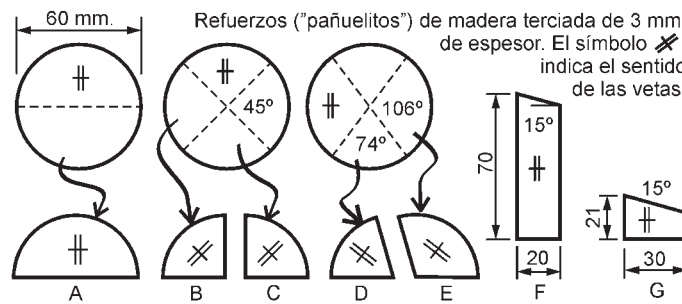
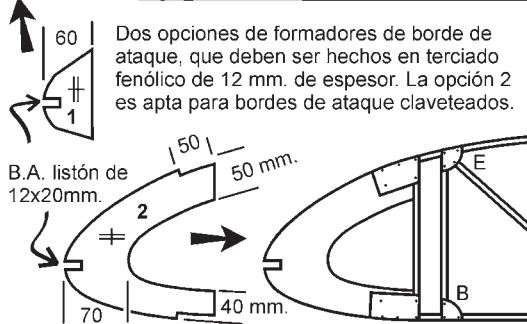
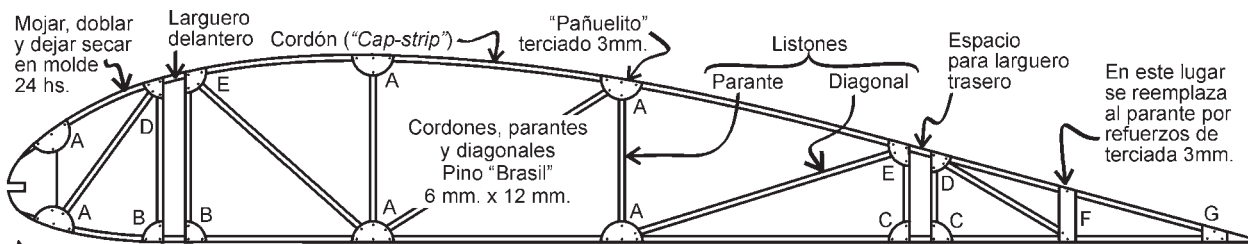
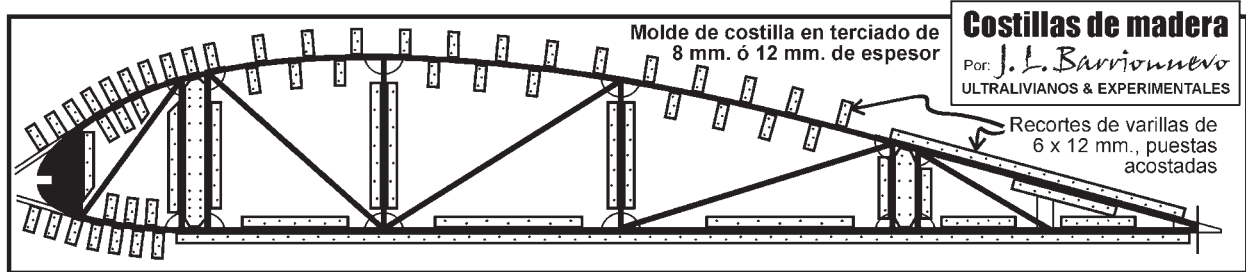
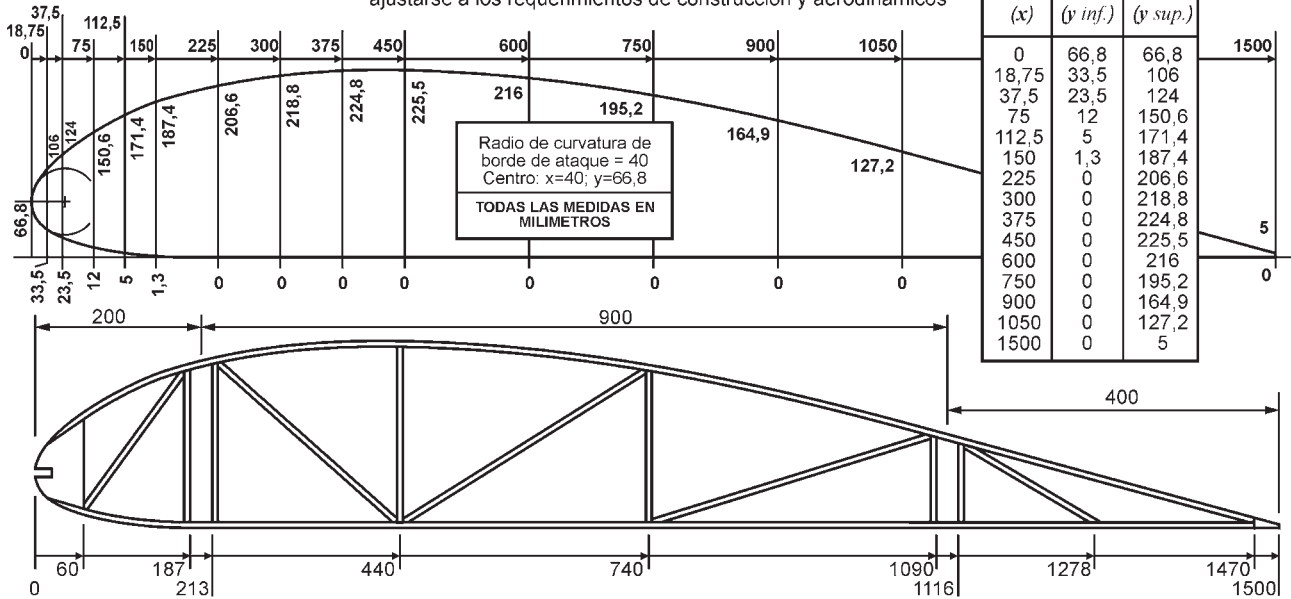
cesitan cordones de refuerzo como mínimo. Su uso es poco frecuente si la costilla es del tipo armada, y se reserva su uso para la confección de las costillas de alerones, cuando éstos se hacen en forma independiente.

Claveteado y encolado

El claveteado es una práctica que ha caído en desuso con la utilización de los nuevos adhesivos estructurales, aunque yo lo sigo utilizando (al menos, en el "Superheterodino"). Tengo en mi escritorio, una costilla del planeador "Condor IV", que aun con la utilización de cola de caseína, no se usaron clavos en su construcción, sino prensas, y todavía no tiene signos de deterioro.

Además de llevar kilos a pasear, como diría "Beto" Lorenzo, la humedad natural de la madera puede generar óxido (esto no pasa si se consiguen los de bronce o bronceados); el clavo, con el tiempo, tiende a salirse levemente y no cumple ninguna función una vez que fraguó el adhesivo, salvo en el caso en que éste falle.

La costilla del "Superheterodino", es un NACA 4415 modificado para ajustarse a los requerimientos de construcción y aerodinámicos



La principal razón por la que yo uso clavos permanentes (de acero de $\varnothing 0,8\text{mm.} \times 10\text{mm.}$), es para desocupar el molde lo antes posible ya que al clavar los pañuelitos a los cordones y listones, sin necesidad de esperar a que el cemento fragüe, puedo retirar la costilla del molde, darla vuelta y pegar los pañuelitos del otro lado, para luego dejarla a un costado y empezar inmediatamente con otra costilla. La razón secundaria, fue que como recién estaba experimentando con el adhesivo, tranquilicé mis negros pensamientos agregando este

refuerzo suplementario.

Como no conseguí los "bronceados", al momento de clavarlos les doy un pequeño baño con cemento epoxi, formándoles una delgada película que lo protege de la humedad y mejora su agarre a la madera.

Molde

Para las costillas armadas, es absolutamente necesario y no se puede empezar sin él. Existen infinidad de métodos y diseños de moldes, a cual más práctico. Per-

sonalmente prefiero aquellos “tradicionales” que tienen cientos de taquitos de madera, son agradables a la vista y que quedan lindos en las fotos. Pero también, en vez de taquitos se pueden usar clavos de 2 a 4 mm. de diámetro, a los que se les corta la cabeza luego de clavarlos. Lo más importante es que sirva a nuestros propósitos de conseguir costillas iguales. Por eso es que se hace solamente un molde para los que tenemos la suerte de construir alas rectangulares, es decir de cuerda constante, pues aquellos constructores de aviones de alas trapezoidales deben hacer un molde para cada costilla de cada semiala.

La base debe ser sólida, para evitar deformaciones. Si bien se recomienda el uso de tablones o terciadas de espesores mayores a 12 mm., probé con una base de terciada de 8 mm. sin problemas. Les cuento que una vez ví, en la E.A.A., que la base de un molde estaba hecha con ¡fórmica de 1mm.! Parecía un flan, pero aseguraban que así la costilla se despegaba mejor. Si esta base no se fija apropiadamente a una superficie indeformable, las costillas no saldrán parejas.

La base debe tener un excedente de 3 cm. alrededor del dibujo del perfil, a fin de dejar espacio para los taquitos, o de 1,5 cm. si se usan clavos. Es importante que tanto los taquitos como los clavos no excedan en altura al ancho de las varillas, a fin de permitir que los pañuelitos o las prensas trabajen libres de obstáculos. Para que el adhesivo de las costillas no se pegue a la madera, usé cinta de embalaje de 5 cm de ancho en las zonas de las uniones. Otra alternativa es pintar toda la base con varias capas de aceite de lino y dejar que se absorba totalmente antes de usar.

Fijación de las costillas a los largueros

En las costillas del “Superheterodino”, se deslizan por los largueros, se cementan y se clavan (dos clavos por lado es suficiente) por los listones verticales de la costilla. Nunca hay que clavar los cordones, éstos se fijan únicamente mediante adhesivo. Si se usan bloques triangulares, poner adhesivo y clavar uno de ellos, luego deslizar, apoyar la costilla en el bloque, pegar y clavarla, luego pegar y clavar el siguiente bloque. Se continúa así

con cada costilla. Intentar pegar y clavar los bloques triangulares a las costillas y al larguero al mismo tiempo, es algo prácticamente imposible (a menos que no le importe un trabajo desprolijo). Para el caso de las costillas de dos o tres cuerpos, se necesitará un taco bien recto de madera como auxiliar para mantener la alineación entre las partes de las costillas al cementar al larguero.

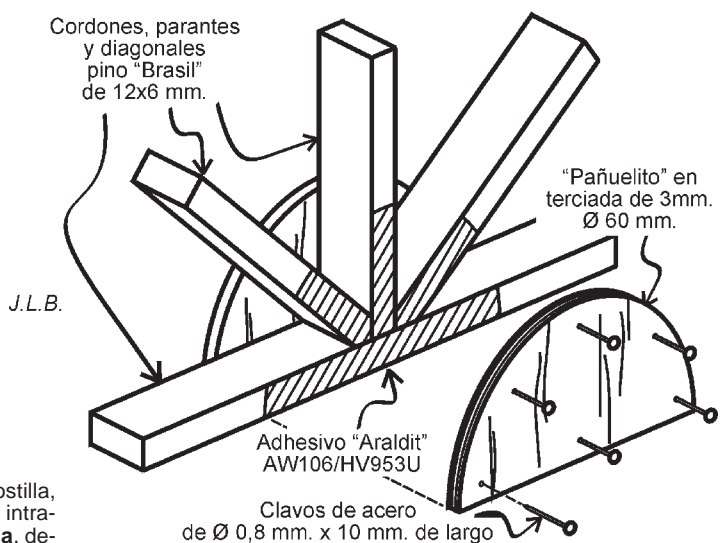
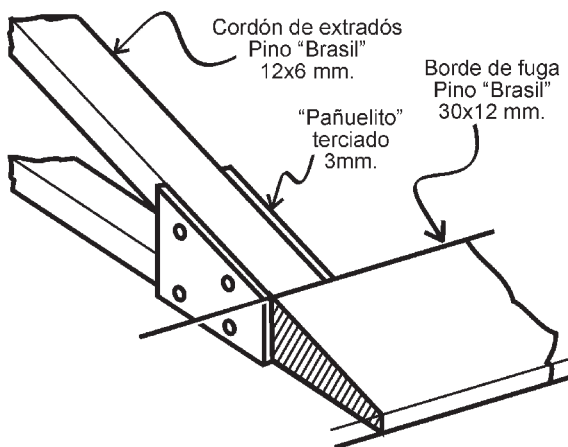
A este tema lo trataré con mayor profundidad, cuando publique el armado del ala del “Superheterodino”.

Preparación y armado de una costilla.

Con el molde listo, lo siguiente es tomar una varilla de pino “Brasil” de 6x12 mm. que servirá para el cordón del intradós, posicionarla y marcar el largo necesario, lo más preciso posible. Marcar la zona de curvatura pronunciada (desde el larguero hasta el conformador de B.A.), pues es la parte que habrá que mojar y moldear – para que no se raje– si construye la costilla *a*; si construye la costilla *b*, no es necesario el moldeado húmedo. Repetir la operación con otra varilla para el cordón del extradós y marcar también, el ángulo que hay que lijar cerca del borde de fuga, para que asiente bien con el cordón del intradós. Con estos dos cordones marcados, usarlos de referencia para cortar todas las demás varillas que se usarán para el mismo fin en las costillas. Luego medir todos los listones parantes y diagonales y, al igual que con los cordones, usarlos para cortar a medida las demás varillas.

También recortar los “pañuelitos” y los conformadores de borde de ataque, con las vetas en la dirección indicada.

Redibujar en un papel, las zonas de curvatura pronunciada del perfil (desde 1 cm. detrás del larguero hasta 1 cm. después del comienzo del conformador de B.A.), tanto del extradós como del intradós. Exagerar la curvatura en aproximadamente un 20% y pegar en dos tacos (uno para el extradós y otro para el intradós) de 8 cm. de ancho x 10 cm. de alto x 23 cm. de largo. Cortar con una sierra “sinfin” (esas del tipo carnicero), siguiendo cuidadosamente la línea redibujada. Introducir en un balde con agua, las partes de las varillas que se deberán doblar. Los cordones deberán estar identificados cuales



Arriba, detalle del borde de fuga y su alineamiento con la costilla, para su fijación se pegarán pañuelitos por el extradós y el intradós, uniendo el borde de fuga con la costilla. Arriba derecha, detalle de la unión de los cordones con los parantes y diagonales de la costilla; la disposición de la veta de las caras de los pañuelitos es muy importante para la resistencia de la estructura.

corresponden al intradós y al extradós. Luego de dos horas retirarlas y ponerlas como "sandwich" entre los bloques y prensarlas con prensas "C" lo suficientemente grandes para que quepan los tacos. Dejarlas secar por 24 horas antes de retirarlas. En estos tacos caben de seis a 7 cordones por vez.

El "Superheterodino" lleva 32 costillas, de las cuales, 14 corresponden a los alerones, es decir que finalizan inmediatamente detrás del larguero trasero. Los alerones se construirán en otra nota.

Antes de empezar, es fundamental ordenar todas las piezas en recipientes de dimensiones suficientes. Yo utilicé unas macetitas de plástico, pero pueden ser cajas de cartón, etc.

Armar la costilla en el molde y asegurarse que todos los componentes coinciden en sus dimensiones (es preferible haberlas cortado un poco más grandes y luego lijar, a tener que descartarlas porque no llegan a su medida. Recuerden que el Araldit rellena sólo hasta 0,8 mm., pero lo ideal es no pasarse de 0,3 mm.

Preparar 7 cm³ de "Araldit" (3,5 cm³ de resina y 3,5 cm³ de endurecedor) e ir tomando cada una de las piezas poniéndole suficiente adhesivo como para asegurarse que chorree al presionar, ubicarlas en su posición y continuar con la siguiente. Yo empecé por el borde de

ataque, pero es indistinto. Al llegar al final, repartir el adhesivo sobrante sobre cada "ramillete" de uniones, poner el "pañuelito" correspondiente, tomar los clavos y hacerlos girar entre los dedos con un poco de adhesivo (se supone que estamos usando guantes quirúrgicos) y clavetear con mucho cuidado. Al finalizar de poner todos los "pañuelitos" y todos los clavos, retirarla con mucho cuidado (una vez me olvidé de clavar una diagonal y la costilla se me torció al retirarla) y dejar el molde a un costado. Dar vuelta la costilla y preparar 5 cm³ de "Araldit", pegar y clavetear los "pañuelitos" correspondientes a este otro lado. Todo el proceso ocupa un tiempo de entre 30 y 45 minutos trabajando sin prisa, según la habilidad que adquiera. Una vez que el adhesivo haya fraguado completamente, lijar las imperfecciones y excesos. Es importante limpiar el molde; si el adhesivo está aún fresco, con papel tipo "Kraft", si ya comenzó a endurecer, esperar a que se cumpla el proceso de fraguado completamente y luego retirar "despelechándolo" con un palito de madera afilado.

Con todas las costillas terminadas, ponerlas juntas y redondear cuidadosamente el borde de ataque (si construyó el tipo *a*), con un listón recto de 30 x 30 x 1000 mm. al que se pegó una lija.

“Ab, la madera... ese noble material (sic) con el que están fabricados los árboles.”

—El «loco Turdera», alucinando en una charla de café