

Universidad de **Cádiz**

Proyectos de fin de carrera de **Ingeniería Química**

Facultad: CIENCIAS

Titulación: INGENIERÍA QUÍMICA

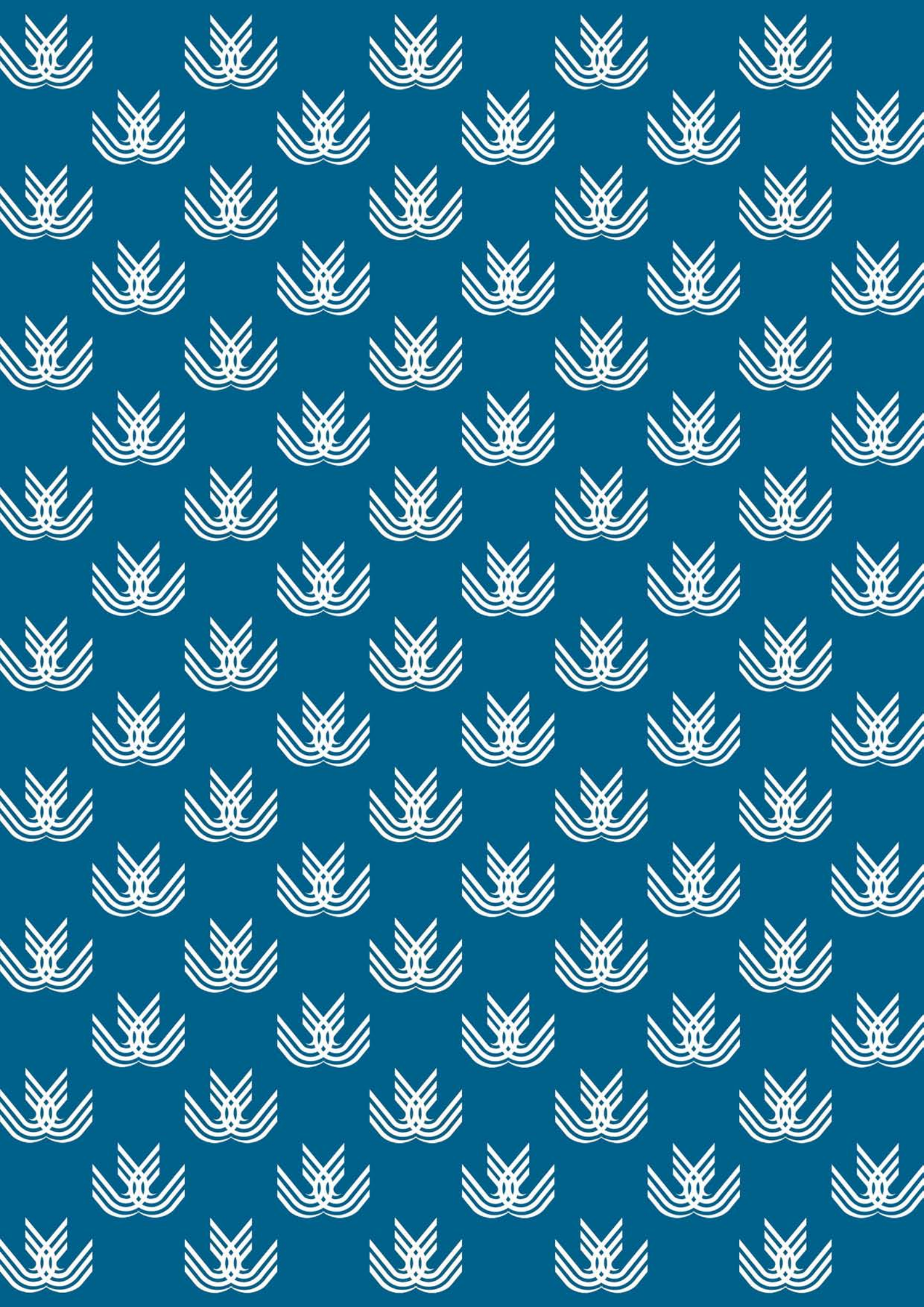
Título: DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE TABLAS DE SURF DE RESINA DE POLIÉSTER Y DE RESINA EPOXI

Autora: Rosario GONZÁLEZ DE LA TORRE MUÑOZ

Fecha: Junio 2014







## **INDICE DEL PROYECTO**

### **MEMORIA**

<b>1. INTRODUCCION</b>	<b>2</b>
1.1.RESUMEN	2
1.2.PETICIONARIO	4
1.3. PROPUESTA	5
<b>2. EVOLUCIÓN DEL SURF</b>	<b>7</b>
<b>3. OBJETIVO DEL PROYECTO</b>	<b>12</b>
3.1. OBTETIVO DEL PROYECTO	12
3.2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO	12
<b>4. VIABILIDAD DEL PROYECTO</b>	<b>13</b>
4.1. VIABILIDAD TECNOLOGICA	13
4.2. VIABILIDAD LEGAL	13
4.3. VIABILIDAD ECONÓMICA	14
<b>5. ANTECEDENTES</b>	<b>16</b>
5.1. TABLAS DE SURF	16
5.2. TIPOS DE TABLAS DE SURF	17
5.3. ANATOMIA DE UNA TABLA DE SURF	20
<b>6. RESINAS EPOXY vs RESINA POLIESTER en el surf</b>	<b>32</b>
<b>7. ELECCION DE MATERIALES</b>	<b>37</b>

<b>8. ELECCIÓN PROCESO DE FABRICACIÓN</b>	<b>45</b>
<b>9. PROCESO DE FABRICACIÓN</b>	<b>60</b>
9.1. LUGAR DE TRABAJO	60
9.2. MATERIALES	62
9.3. MATERIA PRIMA	62
9.4. HERRAMIENTAS	65
9.5. MATERIAL DE SEGURIDAD	70
9.6. FABRICACION TABLAS DE SURF	71
9.6.1. Planificación	71
9.6.2. FABRICACIÓN	72
9.6.3. Verificación	85
9.7. MODELOS DE TABLAS DE SURF	88
<b>10. INSTALACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO</b>	<b>91</b>
PLANTA DE LA FABRICA	92
10.1. UBICACIÓN	93
10.2. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA	94
10.3. DIAGRAMA DE FLUJO	95
10.4. CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO	106
<b>ANEXO 1</b>	<b>107</b>
<b>ANEXO 2</b>	<b>149</b>
<b>PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>252</b>
<b>PRESUPUESTO</b>	<b>257</b>



<b>ANEXO 1</b>	<b>107</b>
<b>SEGURIDAD E HIGIENE</b>	<b>108</b>
<b>1. INFORMACION GENERAL DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS</b>	<b>109</b>
Fichas técnicas de seguridad	
1. ACETONA	110
2. FIBRA DE VIDRIO	117
3. RESINA POLIESTER	121
4. RESINA EPOXI	130
5. PEROXIDO DE METILCETONA	137
 <b>2. RIESGOS ESPECIFICOS DEL ÁREA</b>	 <b>145</b>
2.1. LISTADO GENERAL DE LOS RIESGOS PRESENTES EN EL AREA	145
2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS EXISTENTES	145
2.3. EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUALES EPI'S	146
2.4. EQUIPOS DE PROTECCION PERSONAL	146

<b>ANEXO 2</b>	<b>149</b>
<b>1. MATERIALES COMPUESTO</b>	<b>150</b>
1.1. DEFINICIÓN	150
1.2. CONCEPTOS GENERALES	150
1.3. INTRODUCCIÓN	150
1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES COMPUESTOS	151
1.5. ESTRUCTURA	154
1.6. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS	155
1.6.1. Materiales compuestos reforzados con partículas	155
1.6.2. Materiales compuestos reforzados con fibras	159
1.6.3. Materiales compuestos estructurales	164
1.7. APLICACIONES	169
1.8. MATRICES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS	170
1.8.1. Materiales Compuestos de matriz metálica	171
1.8.2. Materiales Compuestos de matriz mineral	172
1.8.3. Materiales Compuestos de matriz orgánica	173
1.8.5. MONOMEROS	200
1.8.6. INHIBIDORES	201
1.8.7. CATALIZADORES	201
1.8.8. ACTIVADORES	201
1.8.9. RECUBRIMIENTOS	202
1.9. MATERIALES DE REFUERZO	208
1.9.1. Fibras inorgánicas	208

1.9.2. Fibras orgánicas	210
1.9.3. Fibras cerámicas	213
1.9.4. Fibras metálicas	213
1.9.5. Combinación de fibras	214
1.10. MATERIALES DE NÚCLEO	215
<b>2. PROCESOS DE FABRICACION</b>	<b>220</b>
2.1. Introducción	220
2.2. Clasificación de los procesos de fabricación	221
2.2.1. MOLDEO POR CONTACTO	221
2.2.2. MOLDEO ASISTIDO POR VACÍO	225
2.2.3. MOLDEO POR VIA LÍQUIDA	229
2.2.4. MOLDEO CON AUTOCLAVE	232
<b>3. TAMAÑO FOAM</b>	<b>234</b>
<b>4. DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR DE TABLAS DE SURF</b>	<b>240</b>
<b>5. PLANIFICACION</b>	<b>243</b>
<b>6. GLOSARIO</b>	<b>244</b>
<b>7. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>250</b>



<b>PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>252</b>
<b>1. PLIEGO DE CONDICIONES</b>	<b>253</b>
1.1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	254
1.2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES	254

<b>PRESUPUESTO</b>	<b>257</b>
<b>1. OBJETIVO</b>	<b>258</b>
<b>2. MATERIALES</b>	<b>259</b>
2.1. RESINA POLISTER	263
2.2. RESINA EPOXI	269
<b>3. MANO DE OBRA</b>	<b>274</b>
3.1. RESINA POLIÉSTER	275
3.2. RESINA EPOXI	276
<b>4. COSTE TOTAL</b>	<b>277</b>

# MEMORIA



## 1.INTRODUCCION

### 1.1. RESUMEN

El título del presente proyecto es “DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACION DE TABLAS DE SURF DE RESINA DE POLIESTER Y DE RESINA EPOXI”, y consiste en describir el proceso mediante el cual se fabrican las tablas de surf.

Las tablas de surf es un material deportivo muy conocido, por la implicación que este deporte tiene en la costa gaditana, y por ello se ha considerado oportuno realizar este proyecto, en el que además de diseñar el proceso de fabricación de tablas de surf, se propone la creación de una empresa en la que llevar a cabo el proceso descrito.

En la memoria se hace referencia a la historia del surf, como fabricaban las tablas y como han ido desarrollándose este producto a lo largo de los años.

Para la fabricación de las tablas de surf se utilizan materiales compuestos por lo que en la Memoria, éstos se definen y clasifican, tratando los dos componentes mas importantes que forman un material compuesto:

- Matriz: fase continua.
- Refuerzo: fase discontinua

Las características y propiedades especificas hacen que los materiales compuestos sean idóneos para la industria del surf. Los materiales que se utilizara en este proyecto y que darán estas características y propiedades especificas son:

- Resina epoxi o Resina poliéster: la resina realizará la función de matriz.
- Fibra de vidrio: realizara la función de refuerzo.
- Espuma poliuretano: utilizada como núcleo.

El método de fabricación será uno de los aspectos mas importantes a considerar, por lo que se realiza una clasificación de los mismos atendiendo a sus características, ventajas e inconvenientes, con el fin de seleccionar el mas adecuado al propósito del proyecto. El proceso que elegido para la fabricación de tablas de surf, es el *proceso de laminado manual*.

Una vez elegido el método de fabricación, se desarrollara el proceso mediante el cual se fabricara las tablas, desde que la espuma de poliuretano o “foam” se introduce en la maquina de “CNC” que será la encargada de darle la forma consiguiendo el llamado “preshape”, hasta que la tabla este terminada y almacenada en la zona destinada para ello.

Es importante destacar los materiales que van a formar parte en la fabricación de tablas de una manera detallada, así como los tipos de tablas que se podrán fabricar, existen diversos tipos de tablas, pero el presente proyecto se han considerado las mas demandadas, que son:

- Shortboard
- Fish
- Minimalibu o malibu
- Longboard
- Paddleboard

Se incluye en el proyecto la instalación donde ubicar el proceso de fabricación descrito, definiendo las zonas destinadas a cada una de las etapas del proceso.

Para finalizar se ha realizado un estudio económico de la producción anual de la fabrica.

## **1.2. PETICIONARIO**

La comisión de Proyectos Fin de Carrera de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Cádiz ha asignado el proyecto de título “DISEÑO DEL PROCESO DE FABRICACION DE TABLAS DE SURF DE RESINA EPOXI Y POLIESTER” al alumno Rosario González de la Torre Muñoz, siendo el tutor del mismo D. Manuel Galán Vallejo.

Este proyecto se realiza como requisito indispensable para la obtención del título de Ingeniero Químico.



### 1.3. PROPUESTA DEL PROYECTO FIN DE CARRERA

El documento de propuesta de Proyecto fin de carrera es el siguiente:



Anexo II (Reverso)

#### PROPUESTA DE PROYECTO FIN DE CARRERA

**DEPARTAMENTO:** Ingeniería Química y Tecnología de los Alimentos

**TÍTULO:** Diseño del proceso de fabricación de tablas de surf de resina de poliéster y de resina epoxi.

**TUTOR(ES):** Manuel Galán Vallejo

#### DESCRIPCIÓN (Breve información sobre el objetivo del PFC)

El proyecto consiste en el diseño del proceso de fabricación y las instalaciones para fabricar tablas de surf usando resina de poliéster y resina epoxi. Para ambas se utilizarán fibra de vidrio que junto a la resina se endurecerán aplicando una capa totalmente impermeable a la tabla de surf.

Las resinas empleadas son las más usadas en la fabricación de tablas de surf. En el caso de la resina de poliéster la más usada por todos los fabricantes (99% de éstos), mientras que la resina epoxi es menos empleada debido a su mayor coste y complejidad, aunque progresivamente va desbancando a la de poliéster debido a sus mejores propiedades mecánicas y durabilidad en el tiempo. Como parte del proyecto se realizará una comparación entre los dos tipos de laminado (laminado en epoxi y laminado en poliéster).

El lay-out de las instalaciones (nave) para la fabricación se dividirá en 9 zonas:

1. Zona de almacenaje materia prima: Zona destinada a la recepción del material y almacenamiento.
2. Zona de diseño: Zona dedicada al diseño gráfico y programación de la máquina CNC, que le dará la forma a la tabla según características del cliente.
3. Zona pre-shape: Zona en la que se ubica la máquina CNC que se encarga del desbaste y de dar la forma aproximada a la espuma de poliuretano (foam) o poliestireno expandido (EPS), que usaremos como base para construir las tablas.
4. Zona shape-rooms: Zona en la que se afinará cada tabla a las medidas finales.
5. Zona de mezcla: Zona dedicada a la preparación de la pintura a aplicar y al mezclado correcto de las resinas.
6. Zona de laminación: Zona en la que se aplicará el material de refuerzo al poliuretano o al poliestireno expandido.
7. Zonas de curado: Son necesarias dos zonas de curado según la resina que se use debido a que la resina de poliéster cataliza con rayos UV y la resina epoxi cura dentro de unas condiciones controladas de temperatura y humedad.
8. Cabina de pintado: En ella se pintará según especificaciones del cliente. Aplicando la normativa de extracción de gases producidos.
9. Zona almacenaje de producto final.

Para cada una de estas zonas hay que establecer las condiciones de humedad, temperatura, caudales de extracción requerido, por ello se diseñará la instalación considerando dichas condiciones.

La técnica que se usa para la fabricación de tablas tanto de resina de poliéster como epoxi, es el "laminado monolítico", que consiste en el solape de la fibra de vidrio de las capas superiores respecto a las inferiores de las tablas. En el caso de la resina epoxi se introducirán mejoras en el proceso tradicional utilizando la técnica aeronáutica "estructura sándwich", reduciendo el material base "EPS o foam" y añadiendo diferentes tipos de materiales, laminas de madera, laminas de PVC, etc. que mejorarán las características de la tabla como menor peso y mayor resistencia.

#### Capacidad:

Se fabricarán aproximadamente 600 tablas mensuales lo que supondrá una media de 30 tablas diarias.

#### Normativa y legislación:

El proceso se diseñará de acuerdo con las normas de fabricación según el Real Decreto "RD 2267/2004" de "Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales", según Real Decreto, "RD 2267/2004"

La fabricación de las tablas de surf irán sujetas a la norma "Limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV's) a la atmósfera debido al uso de disolventes en determinadas actividades", según Real Decreto 117/2003.

Puerto Real, 4 de Diciembre de 2012

Vº Bº del Tutor

NOMBRE  
GALÁN VALLEJO  
MANUEL - NIF  
31189695Q

Fdo.: M. Galán

Vº Bº del Director del Departamento

Fdo.: E. Martínez de la Ossa

Vº Bº de la Decana

Fdo.: M.D. Galindo

Anexo II (Anverso)

### SOLICITUD DE ASIGNACIÓN DE PROYECTO FIN DE CARRERA

Dña. Rosario González de la Torre Muñoz, con DNI 7573294R y residencia en c/ Infante de Orleans nº 6 1º D de Cádiz C.P. 11011; teléfono móvil 627313143 y correo electrónico [rosario.gonzaleztorre@alum.uca.es](mailto:rosario.gonzaleztorre@alum.uca.es), alumna del Título de Ingeniero Químico de la Universidad de Cádiz,

EXPONE: que cumple los requisitos necesarios para que se le asigne el Proyecto Fin de Carrera.

SOLICITA: Se le asigne el trabajo correspondiente al PFC de tipo específico cuyos detalles adjunta.

Puerto Real, 4 de Diciembre de 2012



Fdo.: Rosario González de la Torre Muñoz

## 2. EVOLUCIÓN DEL SURF

El objeto de este capítulo, es introducir al lector en el entorno en que se ha realizado el proyecto para dar a conocer la historia del surf y observar la evolución que se ha ido produciendo en las tablas de surf, en cuanto a diseño y materiales.

En el año 1778 una expedición británica al mando del Capitán James Cook, navegaba desde Tahití a Norteamérica, y se encontraron casualmente con un grupo de islas desconocidas hasta entonces, las cuales posteriormente recibirían el nombre de Islas Hawái

La expedición atraco en las islas, para trazarlas y tomar nota de sus características, y también estudiaron su forma de vida y costumbres de los habitantes de dichas islas. Pero durante su estancia en la isla de Hawái, una discusión con los indígenas motivada por el robo de una barca termino con la muerte del Capitán Cook por lanzas indígenas. El Teniente James King tomó el mando de la expedición, y en el diario de abordó anotó la primera referencia escrita sobre el surf que existe...

*“... Uno de sus entretenimientos más comunes lo realizan en el agua, cuando el mar está crecido, y las olas rompen en la costa. Los hombres, entre 20 y 30, se dirigen mar adentro sorteando las olas; se colocan tumbados sobre una plancha ovalada aproximadamente de su misma altura y ancho, mantienen sus piernas unidas en lo alto y usan sus brazos para guiar la plancha. Esperan un tiempo hasta que llegan las olas mas grandes, entonces todos a la vez reman con sus brazos para permanecer en lo alto de la ola, y esta los impulsa con una velocidad impresionante; el arte consiste en guiar la plancha de manera que se mantengan en la dirección apropiada en lo alto de la ola conforme esta cambia de dirección.*

*Si la ola dirige a uno de ellos cerca de las rocas antes de ser atrapado por la rompiente, es felicitado por todos. A primera vista parece una diversión muy peligrosa, pensaba que algunos de ellos tendrían que golpearse contra las afiladas rocas, pero justo antes de llegar a la costa, si se encuentran muy cerca, saltan de la tabla y bucean por debajo de la ola hasta que esta ha roto, mientras que la plancha es trasladada muchas yardas por la fuerza del mar. La mayoría de ellos es superado por la rompiente de la ola, cuya fuerza evitan buceando y nadando bajo el agua para mantenerse fuera de su alcance. Con estos ejercicios, de aquellos hombres se puede decir que son anfibios.*



*Las mujeres podían llegar nadando al barco, permanecer la mitad del día en el agua y después regresar nadando a la orilla. El motivo de esta diversión es solo entretenimiento y no tiene que ver con pruebas de destreza, con buenas olas entiendo que debe ser muy agradable, al menos ellos muestran un gran placer en la velocidad que este ejercicio les da...”*

En la cultura y estilo de vida hawaiano era muy importante el surf cuando los europeos llegaron a la isla de Hawai. La forma de ganarse el respeto de los hombres con respecto a los demás era demostrando sus aptitudes sobre las olas, si alguien que no se consideraba noble surfeaban en las playas privadas en las que solo ellos podían hacerlo se consideraba una falta muy grave.

Para dar gracias por las olas se hacían rituales en épocas de mar en calma; también se bendecían con estos rituales las tablas nuevas de surf. Estas tablas podían medir hasta 7 metros de longitud y se surfeaban las olas de pie en ellas, los que lo hacían de este modo se hacían llamar nobles, el pueblo llano por el contrario, surfeaban estas olas tumbados o de rodilla en tablas mas pequeñas, de hasta 3 metros de alto.

Los habitantes de Hawai eran emigrantes de otras islas del Pacífico como la Polinesia, por tanto a pesar de que fue en Hawái donde se encontró el surf mas evolucionado, se piensa que no fueron los que lo originaron ya que también en otras islas existía el surf aunque menos evolucionado ya que cogían las olas tumbados o de rodillas. Al llegar los primeros emigrantes a Hawái llevaron consigo la cultura del surf que ya existía en Polinesia y la desarrollaron de tal forma que supuso una parte muy importante de su cultura.

También existen trazas de la existencia de surf en el Norte de Perú, ya que las culturas locales muestran al hombre remontando olas. Los Huacos eran cerámicas en las que en algunas de ellas se mostraba claramente a un hombre sobre un madero o algo similar en actitud de deslizarse sobre una ola.

Por otro lado en el Norte de Perú, las culturas locales dejaron trazas que muestran al hombre remontando las olas. Los Huacos eran cerámicas en las que en algunas de ellas se mostraba claramente a un hombre sobre un madero o algo similar en actitud de deslizarse sobre una ola. Esto indicaría que todo comenzó en América del Sur, pero fueron los Polinesios en sus constantes travesías entre islas los que, algunos siglos mas tarde, llevarían la costumbre de deslizarse sobre las olas hasta lugares como Hawai.

Tras la llegada de los primeros europeos a Hawai en 1778, siguieron 150 años de declive en la religión, costumbres y cultura hawaiana, hasta casi su desaparición, por lo que el surf se vio igualmente afectado. En tan solo 50 años se impuso la forma de vida europea, desplazando hasta su total extinción la vida hawaiana, y casi también, debido a la llegada de las enfermedades europeas desconocidas a la isla, extinguen la población ya que sus defensas ante ellas no podían hacer nada.

Cuando se eliminó por completo la cultura indígena hawaiana y se sustituyó por una cultura de “modestia, trabajo y religión” fue en 1820, con la llegada de los misioneros cristianos calvinistas. Todo lo relacionado con la cultura hawaiana era considerado inmoral, incluso el surf, al ser un entretenimiento lúdico, fue considerado poco apropiado.

Esta filosofía fue un jarro de agua fría para la cultura hawaiana, ya que esta celebraba la alegría de vivir, andaba en taparrabos, practicaba el surf y la natación como forma de vida.

Cuando en 1840 llegaron a Hawai una serie de escritores y periodistas atraídos por lo que habían leído en estas islas. Estos escritores se percataron de la estricta moral a la que estaban siendo sometidos los indígenas, y lo denunciaron públicamente. A su vez contaron al mundo las costumbres propias de los hawaianos, entre ellas el surf, que empezó a conocerse de este modo en occidente. Así escribió Mark Twain (autor de “Las aventuras de Tom Sawyer”) en uno de sus libros su experiencia con el surf...

*“... Intenté hacer surf una vez, pero fallé. Estaba con la tabla situado en el lugar correcto en el momento apropiado, pero perdí el contacto con la tabla y me caí. La tabla llegó a la orilla en medio segundo, pero sin su carga, y yo me golpeé contra el fondo al mismo tiempo, con un par de barriles de agua cayendo sobre mí...”*

En 1898 los americanos abolieron la monarquía hawaiana, sin demasiada resistencia por parte de los nativos, y poco después Estados Unidos se anexionó las Islas Hawai como parte de su territorio.

A principios del siglo 20 el surf empezó a resurgir en las costas hawaianas, especialmente en la isla de Ohau, y algo menos en Maui y Kauai. En este resurgimiento de surf jugaron un papel importante 3 haloes (no nativos) y 1 nativo hawaiano.

Los tres haloes que resurgieron el surf fueron Jack London, que lo practicó y escribió sobre este alabando esta costumbre hawaiana, George Freeth practico surf junto a Jack London y defendió este deporte, y finalmente Alexander Hume Ford que lucho por crear clubs de playa para la practica de surf en Hawái y realizo conferencias mostrando el deporte del surf al mundo.

El personaje clave para que el surf se conociera en todo el mundo fue el hawaiano Duke Kahanamoku, un gran surfero y campeón olímpico de natación en varias ocasiones. Entre 1910 y 1920 Duke viajó por el mundo, y allá donde iba hacia la demostración de surf, incluso en ocasiones construía en directo la tabla con la que posteriormente cabalgaría las olas. Sus demostraciones causaron gran impacto en los asistentes, y sirvió de mecha para la gran expansión en el surf que vendría después.

Fue en California en los años 30 y 40 donde se empezó a celebrar los primeros campeonatos y a hacerse popular el deporte, apareciendo los primeros fotógrafos y revistas de surf, sin embargo, la llegada de la Segunda Guerra Mundial entre 1939 y 1945 supuso como era de esperar una pausa en el desarrollo y expansión del surf, aunque como contrapartida se pudo dar a conocer a miles de marines destinados en el Pacífico.

Tras finalizar la guerra, la evolución del surf fue imparable. Se empezó a investigar nuevas formas de tablas de surf, cada vez mas cortas y final, se empezaron a introducir nuevos materiales, como la fibra de vidrio y la espuma de poliuretano, también aparecieron docenas de publicaciones y películas de surf, incluso la música surfera abanderada por el conocido grupo de los Beach Boys en la década de los 60.

En la década de los 70 el surf da el salto a Europa, es en esta época en la que se inventa el traje de neopreno, Mark Richards gana 2 de sus 4 títulos mundiales de surf, se empiezan a usar 2 quillas en las tablas, nacen las grandes marcas como Quiksilver, Billabong, O'Neill y RipCurl se estrena "El Gran Miércoles"

En los 80 aparecen los surfers Tom Carroll y Tom Curren, las tres quillas, y los diseños de las tablas se van pareciendo mas a las de hoy en día.

En los 90 es la época en la que Kelly Slater arrasa ganando 6 títulos mundiales de surf y eclipsa al resto de surfers profesionales. Se introducen las quillas desmontables. El estilo de surf cambia con nuevas maniobras como los 360 y los aéreos.

Y en el siglo XXI es una época fuerte para el surf. La revolución de internet ha afectado también al surf, podemos ver las playas en directo en cualquier parte del mundo, conocer predicciones de olas on-line hasta con una semana de adelanto. Tanto los nuevos talentos como los materiales más resistentes y ligeros harán llevar al surf a otro nivel.

### **3.OBJETIVO Y JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO**

#### **3.1. OBJETO DEL PROYECTO**

El objeto del Proyecto es el diseño del proceso de fabricación de tablas de surf de resina de poliéster y de resina de epoxi.

Con este proyecto fundamentalmente se pretende establecer las bases necesarias para conseguir un sistema de fabricación de tablas de surf, así como diseñar una instalación en la que fabricar dichas tablas.

Se diseñara el proceso de fabricación de diferentes tipos de tablas usando distintos materiales, dimensiones, etc. Las características y especificaciones de las tablas a fabricar serán establecidas por el cliente, según el uso que desee obtener de una tabla de surf, rapidez, estabilidad, ligereza, etc. Uno de los principales objetivos que se quiere conseguir con este proyecto, es que el mundo del surf innove, que no sea tan cerrado a las nuevas tecnologías, que no prime solo lo tradicional, ya que con algunas técnicas nuevas se pueden conseguir mejores resultados.

#### **3.2. JUSTIFICACION DEL PROYECTO.**

Se diseñara el proceso de fabricación de tablas de surf, usando las dos resinas mas utilizadas: resinas epoxi y resina poliéster.

Es muy conocida la afición que existe en Cádiz y sus municipios costeros por el surf, es una zona bastante importante para la practica de este deporte ya que es una región vinculada al mar. Por ello, se considera el surf una fuente de actividad económica tanto en su vertiente de los servicios para personas que lo practican como se la fabricación de las tablas para su practica. En la ciudad de Cádiz no existe ninguna fábrica de tablas a gran escala, solo pequeños talleres a un nivel poco competitivo, por ello se ha elegido como ubicación para la fabrica esta localidad.

Este proyecto se desarrolla a partir de materiales compuestos y es importante estar al día en este tipo de materiales ya que su avance resulta abrumador, estando continuamente en desarrollo, por lo que es interesante su estudio como ingeniero químico, identificarlos, conocer sus propiedades y características, y como no, es muy interesante conocer los procesos por los que se llevan a cabo la fabricación de los mismos y que definimos en este proyecto.

#### **4. VIABILIDAD DEL PROYECTO**

Se expone a continuación un estudio previo para realizar el presente proyecto, para asegurar que se trata de un proyecto viable y poderlo llevar a cabo, cumpliendo la legislación vigente y ser capaz de demostrar que la realización del proyecto va a originar beneficios y será rentable económicamente. Se estudiara la viabilidad bajo tres puntos de vistas: punto de vista tecnológico, legal y económico.

##### **4.1. VIABILIDAD TECNOLÓGICA.**

Es preciso elegir una adecuada técnica de fabricación para que el proyecto sea viable desde el punto de vista del diseño y fabricación, y para ello es necesario realizar un estudio de los materiales a emplear, del diseño del proceso de fabricación y por supuesto optimizar el proceso.

##### **4.2. VIABILIDAD LEGAL**

Se han tenido en cuenta diferentes leyes para la ejecución del proyecto de carácter técnico, medioambiental y laboral. Se dividen en dos grupos: *Legislación relativa a los factores internos del proceso* y *Legislación relativa a los factores externos del proceso*.

- **Legislación relativa a los factores internos del proceso**

- Real Decreto 773/1997, de 30 Mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 374/2001, de 6 de Abril, sobre la protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados contra los agentes químicos durante el trabajo.
- Ley 21/92, de 16 Junio, de industria B.O.E. Nº 176, 23 de Julio de 1992.
- Ley 31/1995, 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

- Decreto 2414/1961, de 30 de Noviembre, por el que aprueba el reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas, B.O.E. de 2 de Abril de 1963.
  - Ordenanza general de Seguridad e Higiene en el Trabajo, orden de 9 de Marzo de 1971.
  - Directiva 1999/13/CE del Consejo de 11 de Marzo de 1999, relativa a la emisión de compuestos orgánicos volátiles debidas al uso de disolventes orgánicos en determinadas actividades e instalaciones.
  - Real Decreto 2267/2004 de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
  - Real Decreto 117/2003 de Limitación de emisiones de compuestos orgánicos volátiles a la atmosfera debido al uso de disolventes en determinadas actividades.
- **Legislación relativa a los factores externos del proceso**
    - Ley 29/1998, de 21 de Abril, de Residuos, B.O.E. Nº96, del 22 de Abril de 1998.
    - Real Decreto 379/2001, de 6 de Abril, por el que se aprueba el reglamento de almacenamiento de productos químicos y sus instrucciones técnicas complementarias. B.O.E. Nº 112 de 10 Mayo de 2001.
    - Ley 38/1972. De 22 de Diciembre de protección del ambiente atmosférico. B.O.E. Nº 309, del 26 de Diciembre de 1972.

#### **4.3. VIABILIDAD ECONÓMICA**

Es necesario realizar un estudio de mercado, sobre las necesidades y tendencias de futuros clientes.

El presupuesto general del proyecto solo tiene en cuenta los gastos necesarios para llevar a cabo la producción. Una vez realizado el presupuesto se realizara un balance económico para obtener los beneficios que obtendremos de la producción.

A continuación se muestran los precios de todas las tablas que se pueden fabricar el presente proyecto:

Tipo de tabla	Poliéster ( €)	Epoxi (€)
<b>Fish</b>	300	400
<b>Shortboard</b>	300	400
<b>Malibu</b>	475	575
<b>Longboard</b>	525	625
<b>Paddle board</b>	850	950

Para que resulte viable económicamente, es necesaria una facturación mensual de 10000€ al mes, por lo que se ha calculado el número de tablas que se deben fabricar mensualmente de cada tipo, es la que se indica a continuación:

Tipo de tabla	Número tablas	€
<b>Resina poliéster</b>	49	8037,30
<b>Resina epoxi</b>	10	2156,89
		<b>10194,19</b>



## 5. ANTECEDENTES

Es interesante añadir un capítulo que introduzca al lector de una manera genérica en el mundo del surf, y así poder hacerse una idea del alcance que este tiene a nivel mundial, la fabricación de tablas de surf no cesa, todo lo contrario, cada vez existen marcas mas competitivas que hacen que los surfistas disfruten de su deporte.

### 5.1. TABLAS DE SURF

Se pueden encontrar diferentes definiciones sobre tablas de surf, una de ellas y la mas general dice “*plancha sobre la que se practican diferentes deportes*”, da una idea de lo que es una tabla de surf, que ira variando en forma, estructura, materiales,...

Uno de los primeros dilemas que le surge a una persona que quiere practicar surf es saber que tipo de tabla es la que más le conviene, y cual es la más adecuada para aprender. Existen tablas especialmente indicadas para iniciarse, con la estabilidad que se necesita cuando no eres experto y puedas mantener más fácilmente el equilibrio e iniciar los primeros giros y maniobras.

Las tablas ideales para aprender a hacer surf son las *evolutivas* seguidas de las *malibus*, es debido a que son tablas mas altas, anchas y gruesas que la *shortboard* estándar, tienen buena flotabilidad y son muy estables por lo que resulta más fácil remar, ponerse en pie y disfrutar de las olas desde el primer día. Estas tablas deben ser entre 20 y 50 centímetros más altas que la persona que la va a usar. Cuanto mas alta y ancha sea la tabla será más fácil ponerse de pie, pero más difícil evolucionar y hacer maniobras, por lo que tampoco conviene comprar una tabla excesivamente grande.

Cuando se alcanza un nivel aceptable se suele pasar al tipo de tabla *shortboards*. Existe la posibilidad de pedir las tablas por encargo teniendo en cuenta tu nivel, altura, peso y tipo de olas que vas a surfear. El shaper sabrá diseñar la tabla de surf que mejor se adapta a las características deseadas.

## 5.2. TIPOS DE TABLAS DE SURF

Existen diferentes tipos de tablas dentro de la familia de tablas de surf, se pueden englobar en 9 tipos principales, cada una esta dirigida a diferentes estilo, según tipo de olas, según tipos de estilo de surf y según el nivel de los surfers, en el siguiente grafico, a continuación se muestra la familia de tablas al completo, desde las mas pequeñas a las mas grandes.

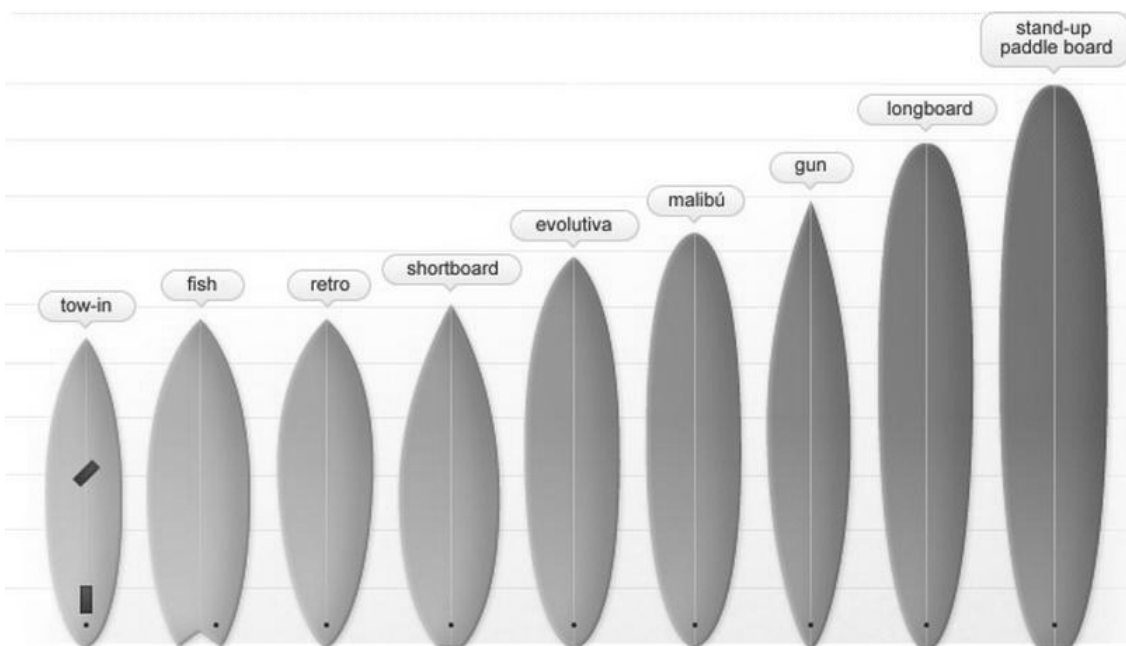


Fig. 1. Tipos de tablas de surf

### TOW-IN

Las *tow-in* son tablas diseñadas para coger olas remolcadas por moto acuática. Son las mas pequeñas y estrechas, y llevan footstraps para mantener la tabla pegada a los pies en todo momento, consiguiendo así un gran control en las maniobras y estabilidad en olas grandes. Se necesita un nivel de medio a alto y mucha practica para dominar este tipo de surf, y por supuesto a alguien que te remolque con la moto acuática.

### FISH

La *fish* es un tipo de tabla diseñada para olas pequeñas y medianas que tengan poca fuerza. Este tipo de tablas es ideal cuando las olas no son de buena calidad, esto es debido a que son tablas anchas y con poca curva que planean bien sobre las olas de calidad inferior.

Son tablas muy maniobrables debido a que son cortas y tienen una cola de golondrina. Son mas gruesas que las *shortboard* por ello tienen mayor flotabilidad, lo que hace que la remada sea mas fácil. Son tablas que no funcionan bien en olas grandes o huecas. Las *fish* y *retro* pueden ser bastantes parecidas.

## **RETRO**

La *retro* es una tabla corta inspirada en los diseños de los '70, con formas que pueden resultar algo extrañas. Son tablas gruesas que tienen muchas superficies en la parte delantera, tienen poca curva y son bastante cortas. La cola que puede tener este tipo de tablas es cola de golondrina o pin, con 1, 2, 3 e incluso 4 quillas. Este tipo de tabla necesita un nivel medio para poderle sacar todo el partido ya que se mueven mejor en olas pequeñas con poca fuerza.

## **SHORTBOARD**

La *shortboard* es el tipo de tabla más común y con el diseño mas evolucionado. Ofrecen un gran equilibrio entre velocidad y maniobrabilidad por tanto son muy versátiles, y valen para todas las condiciones de olas. Se necesita un nivel medio para sacarle partido, ya que es un tipo de tabla mas técnica.

## **MALIBU O MINI-LONGBOARD**

Tabla grande de punta redonda, algo más pequeña y maniobrable que un longboard. Debido a su buena flotabilidad hace que sea mas estable y la remada fácil.

Es una buena opción para las personas que quieran iniciarse en este deporte o también son muy recomendables para los días en los que las condiciones no sean muy buenas y las olas sean pequeñas y fofas. Este tipo de tablas permite hacer las maniobras típicas del longboard.

## **GUN**

Son tablas especializadas en olas grandes, con punta y cola afiladas. Cuanto el mayor es el tamaño de las olas a surfear, mas grandes serán este tipo de tablas. Debido a su punta y cola afiladas permite acelerar y coger velocidad en olas grandes, a la vez que son capaces de mantener una gran estabilidad gracias a su diseño afilado. Se necesita nivel avanzado para dominar este tipo de tablas.

## **EVOLUTIVA**

Es la mejor opción de tabla para cualquier persona que quiera iniciarse en el deporte del surf, son más grandes y gruesas que las *shortboards* y tienen la punta ligeramente redondeada, lo que le da estabilidad y flotabilidad, a la vez que una maniobrabilidad aceptable para novatos. Debido a su diseño resulta mas fácil y cómodo para los surferos temar y surfear las olas desde el primer día.

## **LONGBOARD**

Tabla grande de punta redonda, también recibe coloquialmente el nombre de tablón. Son tablas especializadas para olas pequeñas y medianas, y si el surfero tiene experiencia también valen para olas grandes. Se pueden hacer maniobras y un tipo de surf característico para este tipo de tablas. Son tablas fáciles de remar pero difíciles de remontar cuando las olas son un poco más grandes.

## **STAND PADDLE BOARD.**

Son tablas diseñadas para poder desplazarse de pie en todo momento, tanto en la ola como fuera de ella. Para poder soportar a una persona de pie en ella es lógico pensar que son tablas anchas y bastante gruesas. Son las únicas tablas de surf que no se propulsan a nado, sino que hacen uso de un remo flexible que también sirve para maniobrar la tabla en la ola. Es una opción bastante buena y divertida para días en los que las condiciones de olas no son muy favorables y estas son pequeñas y con poca fuerza.

### 5.3. ANATOMIA DE UNA TABLA DE SURF.

Es importante saber las partes que componen una tabla de surf, medidas y como pueden influir en el comportamiento de la tabla.

#### ➤ PIES Y PULGADAS

El sistema de medida oficial para fabricar las tablas de surf son pies (‘ o ft) y pulgadas(“). La equivalencia a centímetros es la siguiente y se muestra en la *tabla.1*:

1 pulgada = 2,54 cm
1 pie = 12 pulgadas = 30,48 cm

*Tabla 1. Tabla conversión.*

Se pueden encontrar algunas medidas para tablas que son más comunes que otras, a continuación en la *tabla.2* se muestran algunas de esas medidas:

5'10":178cm	6'8":203cm	7'5":226cm	8'6":259cm
6'0":183cm	6'9":206cm	7'6":229cm	8'10":269cm
6'1":185cm	6'10":208cm	7'7":231cm	9'0":274cm
6'2":188cm	6'11":210cm	7'8":234cm	9'2":279cm
6'3":190cm	7'0":213cm	7'9":236cm	9'6":290cm
6'4":193cm	7'1":216cm	7'10":239cm	9'10":300cm
6'5":196cm	7'2":218cm	7'11":241cm	10'0":305cm
6'6":198cm	7'3":221cm	8'0":244cm	10'2":310cm
6'7": 201 cm	7'4": 223 cm	8'2":249 cm	10'6":320cm

*Tabla 2. Tabla conversión de medidas mas comunes*

#### ➤ LONGITUD

La altura de la tabla es la característica más notoria, dependerá del nivel, la altura de la persona que vaya a surfear y el tipo de olas que se vaya a coger. Cuanto mas alto seas mayor debe ser la altura de tu tabla.

Se llama longitud a la medida de la tabla desde la punta hasta la cola (en pulgadas). Una tabla mas larga será mas estable que otra que sea mas corta, ya que la tabla mas larga tiene mas superficie de contacto con el agua y tiene mayor flotabilidad, por lo que será mas fácil ponerse de pie y mantener el equilibrio; como hándicap decir que con una tabla mas larga será mas difícil girar y maniobrar que con una tabla mas corta.



Para personas que se quieran iniciar en el deporte del surf, se recomienda una tabla larga. No tienen porque tratarse de surfers novatos los que la usen si lo que se quiere surfear son olas grandes ya que se necesita una tabla mas estable y rápida. Las tablas cortas se utilizan para surfers que tengan un nivel intermedio y avanzado que quieran surfear olas pequeñas y medianas para hacer maniobras.

Las tablas medias (6,0" – 6,6") son mas estabilizadoras, conservan mejor el equilibrio pro su mayor flotabilidad, de buena remada y para olas pequeñas y de mayor tamaño.

Las tablas *gun* (6.9" – 7,8") tienen una excelente flotación y remada, son rápidas en olas grandes. Son tablas recomendadas para un nivel avanzado. Los surfers con un buen nivel, o los llamados "pros" les gusta utilizar tablas pequeñas y lo mas corta posible, debido a que facilita la maniobrabilidad en la ola y te ayudan a practicar un surf mas radical.

Las *minimalibu* (7,0" – 8,0") son tablas con muy buena flotación y remada cómoda, son recomendables para principiantes.

Los longboard (8.6" – 9,5") son excelentes tablas para la relajación dentro del mar, son de muy buena remada y son impulsadas por olas de muy poca fuerza o pequeñas (ideal para surfear todos los días). Recomendable para principiantes y de todos los niveles.

### ➤ ANCHURA

La anchura es la medida de la tabla de lado a lado, en el punto mas ancho de la tabla, normalmente es el medio, aunque no siempre.

La anchura, actúa de forma parecida a la longitud, es decir, cuanto mas ancha sea una tabla mas estable será, pero a su contra será más difícil maniobrar con ella, también afecta a la remada.

Para las personas que desean iniciarse en el surf, al igual que ocurre con la altura, se recomienda una tabla mas ancha para que el surfista con menos experiencia obtenga mayor estabilidad, también se usaran tablas mas anchas para olas mas pequeñas, ya que al flotar mas se le saca todo el provecho a estas olas, por el contrario para surfistas que tengan mayor experiencia se utilizaran tablas mas estrechas así como para poder realizar maniobras con mayor facilidad.

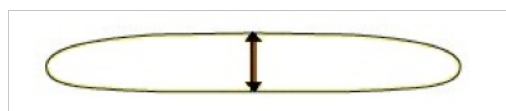


Existen otras consideraciones: la anchura del "nose" y la del "tail". Desde el extremo de la tabla, hasta un pie hacia la mitad. Por la punta y por la cola.

Son características que tendrán que tener en cuenta, surfistas que llevan un tiempo cogiendo olas y que tengan una cierta experiencia.

### ➤ GROSOR

El grosor es el volumen de la tabla, es decir, lo gruesa o fina que esta sea. El grosor de la tabla es lo que va a



determinar, entre otras cosas, que la tabla flote más o menos. A mayor grosor, más flotará y si flota más, la tabla será más estable, pero menos maniobrable porque será mas lenta, es la característica que mas se nota cuando el surfista se sube a la tabla, ya que dará, como se ha comentado anteriormente, mayor estabilidad.

Una tabla gruesa es recomendable para novatos y surfistas pesados que necesitan mas flotabilidad. En cambio una tabla fina al ser muy maniobrable y ligera, pero poco estable, será más recomendable para surfistas experimentados.

### ➤ **ROCKER**

Es la curvatura de la tabla desde la punta hasta la cola. La curvatura suele ser mayor en la punta de la tabla y algo menos en la cola. Cuanto mas rocker tenga la tabla mejor girará, pero será mas lenta ya que la curva ofrece resistencia a través del avance de la tabla en la ola.

Las tablas con mucho rocker son recomendables para olas muy potentes y también para olas bacheadas ya que la curva de la tabla absorbe los baches de la ola. Para olas con poca fuerza y pequeñas es recomendable una tabla mas plana (con menos rocker). Quizás esta opción sea la mejor para los novatos.



**Nose Rocker:** Esta inclinación o curvatura que tiene la tabla desde la mitad hacia delante, esta inclinación o curvatura es determinante es las prestaciones de nuestra tabla. A mayor curvatura menos posibilidad de clavar la punta en la ola, especialmente al salir de una maniobra en el labio o al bajar una ola vertical. Por lo que el mayor rocker en la punta dará mas estabilidad en este sentido. Pero si bien, a costa de la velocidad. Por lo tanto, la mayor curvatura se apreciara en tablas de olas grandes; y tablas con menos rocker en la punta para olas pequeñas, para así facilitar coger las olas y tener algo mas de velocidad.

**Tail Rocker:** el mayor rocker en la cola nos dará mayor maniobrabilidad, porque nos permite pivotar mejor, facilitando las compensaciones de peso a la hora de hacer maniobras. Los surfistas que usan mucho mas el pie de atrás, suelen preferir esta característica. Teniendo en cuenta siempre que a mayor rocker, menos velocidad.

### ➤ **CANTOS O RAILS**

Los rails o cantos, son los laterales o bordes de la tabla, es la parte de la tabla que esta en contacto con el agua cuanto tratas de girar.





Es la zona de transición entre la parte superior de la tabla y la inferior. Hay múltiples diseños de cantos, puede variar desde cantos mas afilados a cantos mas redondeados.



La característica general de los cantos o rails es que cuanto mas anchos sean (lo cual siempre vendrá a la par del grosor de la tabla) mas difícil será girar, pero tendrá mas flotabilidad, se agarran menos a la pared de la ola y con ellos será mas fácil maniobrar.

Cuanto mas fino, menos clavaras el canto y tendrás mas agarre a la ola en los giros y por eso se suelen usar en olas potentes con paredes verticales. *Canto afilado (duro) y canto redondeado (suave)*



Fig.2. Tipos de cantos.

Cada una de las configuraciones de los cantos (afilado y redondeado) se ven afectadas por el volumen del carril, si es cónico o completo, existen diferentes configuraciones para la altura del canto, (50/50, 60/40, 70/30, 80/20,...)



Fig.3. Configuración de cantos.

Cuanto menos y mas afilado sea un rail, mas rápida será la tabla, pero será también, mas difícil de controlar y manejar. Un canto más afilado o duro proporcionara una mejor tracción, al contrario que un carril redondeado o suave. Los cantos más delgados con buenos para vueltas rápidas, se hunden con facilidad, pero no son capaces de llevar una buena velocidad de giro.

Cuando más suave y redondo sea el carril, será mas fácil utilizar una tabla pero a su contra será mas lenta, por lo que son recomendables para ser utilizadas por novatos.

Los cantos más suaves se utilizarán en tablas tipo *longboard* y tablas pequeñas para olas, mientras que los cantos duros estarán presentes en *tablones*. Los cantos son componentes críticos para el diseño general de la tabla de surf, ya que afectará a la forma de navegar.

El rail o canto es una de las interfaces primarias con el agua, la forma en que el agua fluye alrededor del carril y como la onda, que se produce con el agua, interactúa con el carril determinará si son capaces de hacer un recorte duro o un giro largo, si es bueno para surfear olas grandes o pequeñas.

### ➤ PUNTA O NOSE

La punta de la tabla normalmente no tiene mayor trascendencia en las características de tu surf. Hay más puntiagudas y más redondeadas. Lo que importa es, en su caso, la anchura del “nose”:

- ***Anchura de la punta (o Nose)***

A mayor anchura en el “nose”, mayor facilidad de pillar las olas. Lo cual es una característica idónea tanto para los que aprenden como para coger olas débiles o babosas. A menor anchura de la punta, mayor maniobrabilidad. Especialmente indicado para tablas de olas grandes.



- ***Anchura de la cola (o Tail)***

A mayor anchura en la tail o culo de la tabla, mayor facilidad en los giros, más libre se sentirá la tabla. Por lo tanto, es una buena característica para las tablas de olas pequeñas.

A menor anchura en el tail, más control para el surfista. Es una característica propia para tablas de olas grandes.



### ➤ TAIL O COLA

La cola es la parte inferior de la tabla y existen varios tipos de ellas, que a diferencia de la punta, esta característica sí es importante.

Existen diferentes diseños: planos, redondeados, o en “V”, cada uno con sus características específicas, que irán mejor una u otras dependiendo del tipo de surf que se quiera hacer o de olas que se pretendan coger. Se pueden originar muchas preguntas a la hora de elegir una tabla con un tipo u otro de tail. *¿Para que sirve? ¿Cuál es mejor para un tipo u otro de cola?...* Las colas pueden tener anchura o no, anchas serán mas apropiadas para olas pequeñas, porque al tener mayor tail permite mayor flotabilidad y facilita la remada aunque como punto en contra cabe destacar que resta agarre a la ola, si las colas no son tan anchas y basta con la anchura de la tabla que dará un agarre y buena maniobrabilidad y permitirá coger olas medianas y grandes.

La cola de la tabla es muy importante ya que influye en el volumen total de la tabla, los giros u la estabilidad.

Los tipos de tail o cola son:

**Cuadrada:** No es muy común. Es una cola que sirve para principiantes, pero por sus esquinas puntiagudas no son tan agradecidas como las colas redondeadas. Ofrece buena maniobrabilidad pero es poco estable. Se suele usar en olas pequeñas.



**Cuadrado redondeado o squash:** Es el diseño mas popular para tablas cortas de rendimiento. Es una cola suave y muy agradecida en todas las condiciones, se consigue mayor estabilidad en la ola.



**Cola de Golondrina o fish:** Permite una buena aceleración y un agarre adicional con la longitud extra que ganan los cantos. Al mismo tiempo tiene buena maniobrabilidad por el área de la reducida que queda en medio del culo. Buen agarre para olas pequeñas y con poca fuerza.



**Redonda:** Permite curvas suaves, giros amplios. Se adapta a una persona que practica surf con mayor uso del pie delantero. Este culo ofrece un buen agarre a la ola. Se usa para olas medianas y grandes.



**Pintail:** cola en forma de pico, con la que se consigue un buen agarre en la ola pero poco maniobrable. Se usan exclusivamente para olas grandes.



**Diamond:** es un tipo de cola que permite al surfista moverse más suavemente por las olas sin perder velocidad.



La forma que toma cada curva en el diseño es muy importante y afectará notablemente al comportamiento de la tabla sobre las olas.

Si se encuentra el *outline* paralelo hacia el *nose*, se incrementa la aceleración a la salida de los giros. La curvatura de la zona entre las quillas y el centro de la tabla determina el ángulo de giro.

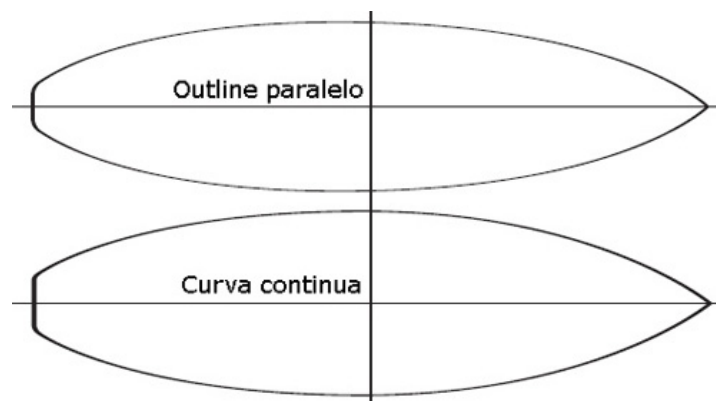


Fig. 4. Esquema outline

Los *tails* con forma cuadradas o cola fish o golondrina, maximizan la distancia entre las quillas y le dan mayor superficie al *tail* incrementando la distancia entre cantos. Todo esto mejora la capacidad de giro de la tabla, por el contrario los tails pin o redondos proporcionan mucha estabilidad sacrificando el giro. Van bien para olas huecas y grandes donde el control dentro del tubo es fundamental.

## ➤ FONDO O BOTTOM

Es la parte de debajo de una tabla de surf, la que se encuentra en contacto con el agua, el fondo dirige el agua que corre bajo la tabla para controlar la estabilidad, maniobrabilidad y velocidad.

Es una característica muy importante ya que puede variar por completo las prestaciones de una tabla. En muchas ocasiones suele tener canales o ser ligeramente cóncavo para que la tabla se agarre bien a la pared de la ola.

Se pueden diferenciar diferentes tipos de bottoms. Los shaper suelen combinar las formas para añadir ciertas variantes a sus diseños.

**Fondo flat o plano:** Será eficiente en olas pequeñas, dando una buena respuesta, velocidad y soltura, pero será muy inestable en olas grandes, no se agarrará bien a la ola y tendrá poca maniobrabilidad. Es la típica forma, propio de las tablas hechas en serie. Característica propia de tablas para principiantes.

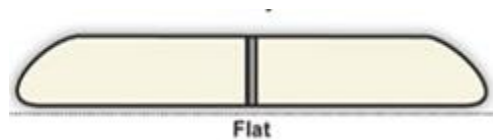


Fig. 5. Fondo tipo flat

**Fondo vee (en V):** Sería lo opuesto a la forma cóncava. Es el bottom que tiene una curvatura que alcanza su mayor pronunciamiento en el alma de la tabla, pero en vez de hundirse, como en el cóncavo, aumenta, de ahí sus características. Permite ejercer de eje a la tabla, por ello es utilizado para tablas de olas grandes, olas con potencia, para facilitar en ellas los giros y cambios de dirección, se consigue mayor control en las olas desordenadas.

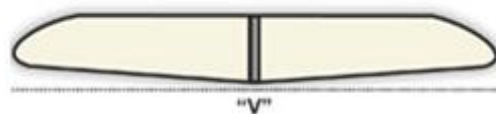


Fig. 6. Fondo tipo V

**Fondo cóncavo:** es la forma con curvatura que empieza desde un canto de la tabla a otro, teniendo la parte mas hundida en el centro, y se mantiene a lo largo de toda la tabla. Acumulara mas agua bajo la tabla, ya que se crea un canal, el agua entra por el "nose" y sale despedido por la cola, aumentando la presión del flujo de agua, lo que a su vez levanta mas la tabla y evita que esta sea arrastrada. Además, esta forma aumenta la aceleración en los giros, pero también agarre a las olas.

Son tablas apropiadas para la gente que usa mucho el pie de atrás en sus maniobras y también para los que desean coger olas con fuerza. No es recomendable en días de olas fofas.



Fig. 7. Fondo tipo cóncavo

**Fondo doble cóncavo:** Al igual que el cóncavo, pero por dos. Un canal de agua a cada lado de la tabla. Normalmente esta forma del bottom se encuentra únicamente en la mitad inferior de la tabla, siendo la primera mitad (de la punta al centro) cóncavo simple. La característica esencial del doble cóncavo es la mayor maniobrabilidad de la tabla, es por eso que se combinan la parte primera simple cóncavo y la parte final de la tabla con doble cóncavo, permite ganar velocidad y conservar maniobrabilidad en el pie de atrás. Expulsara mas agua a través de la tabla permitiendo un mayor flujo y dirección.



Fig. 8. Fondo tipo doble cóncavo

**Fondo con canales:** se ha experimentado crear tablas con muchos canales, se puede llegar a tener hasta 8 canales, normalmente estos canales se aprecian en la parte final de la tabla hasta la cola. Le dan mas potencia a la tabla, ganas velocidad ya que tiene muchos canales de agua que fluyen hacia el tail de la tabla, aunque por contrapartida pierdes maniobrabilidad.



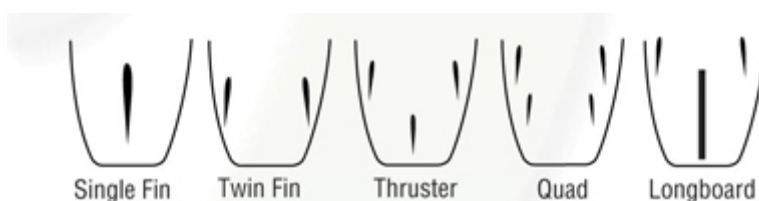
Fig. 9. Fondo tipo canales

## ➤ QUILLAS

Son las pequeñas aletas que se encuentran debajo de la tabla en la zona de la cola. Son las que hacen que la tabla se agarre a la ola y no derrape. Hay varias maneras de colocar las quillas.

Cuentan con un sistema de anclaje que hace que sea más fácil ponerlas y quitarlas con una llave especial.

La superficie que cubre la quilla afectará el control de la tabla. Mientras más amplia más estable y controlable será la tabla, pero será arrastrada con más facilidad. A menor superficie cubierta por las quillas, la tabla será más rápida, pero más difícil de controlar.



*Fig. 10. Posición las quillas*

La disposición de las quillas también afectará la forma en que la tabla responde y gira. Las quillas ubicadas en el centro facilitan giros definidos y apretados, mientras que las quillas ubicadas al final de la tabla permitirán un mejor equilibrio y manejo, pero girará más ampliamente. Lo normal es que las tablas de surf tengan tres quillas, una justo al final de la tabla y otras dos un poco más adelantadas a cada lado.

Una quilla se compone de cuatro partes fundamentales: la base, la profundidad, la curvatura (swepp) y flex.

**Base:** es la longitud entre los extremos de la quilla que están en contacto con la tabla. A mayor base más aceleración y control. La tabla irá más rígida pero mantendrá la velocidad entre maniobra y maniobra. Con una base menor produce el efecto contrario: menor aceleración y mayor maniobrabilidad.

**Profundidad:** es la distancia de la quilla que penetra en el agua. Está directamente relacionada con el agarre: a mayor profundidad más agarre, a menor profundidad más derrape. Es lo que determina si una quilla es pequeña, mediana o grande.

**Curvatura (sweep):** es la curva hacia atrás. Con mayor curvatura el arco se prolonga, los giros son mas abiertos y se disminuye el efecto pivot. Las quillas con mucha curvatura se recomiendan para surfear olas buenas donde hay que trazar las maniobras. A menor curvatura el arco del giro es mas cerrado y hay mas pivot lo cual facilita romper la línea de las maniobras, rápidos cambios de dirección y giros mas cerrados.

**Flex:** la tendencia actual es emplear quillas rígidas para olas pequeñas y quillas con mayor flex para olas duras o con mucho agua. Es debido a que con un flex menor la quilla es mas reactiva y responde al momento, se adapta al surf radical con cambios de dirección en espacios reducidos. Tiene una aceleración fulminante y por esto van bien para olas pequeñas, limpias y huecas.

Las quillas con un *flex* mayor soportan mejor las imperfecciones de la superficie de las olas pero resultan más lentas de reacciones, por lo que funcionan bien en paredes grandes y largas donde entre una maniobra y la siguiente hay un espacio de tiempo mayor que en olas rápidas.

Es vital que las quillas se adapten a la tabla y no al revés. Su tamaño va directamente relacionado con el peso y el estilo sobre la tabla del surfista. Las tablas “retro” tan de moda (pequeñas y anchas) son muy reactivas y manejables, por lo que hay que dotarlas con quillas grandes para equilibrar tanta maniobrabilidad.



## **6. RESINA EPOXY vs RESINA POLIESTER en el surf.**

Se muestra a continuación las distintas características que poseen las resinas epoxi y resinas poliéster en la fabricación de tablas de surf, para que a partir de ellas resulte mas fácil sacar una conclusión sobre que tipo de tabla será mas recomendable si se quiere adquirir una teniendo en cuenta el nivel de la persona que quiera la tabla, si desea que la tabla sea mas rápida, ligera, condiciones en las que quieras utilizar la tabla, ya sea por gustos o por que en la localidad del cliente predomine un tipo u otro de olas o viento, ... son muchas las características a tener en cuenta, al ser principiante puede costar mas decidir que tipo de tabla comprar, pero una vez que se tiene experiencia, resulta muy sencillo saber lo que se quiere para sacarle el máximo partido a tu tabla y sobre todo para disfrutar de este deporte, en definitiva se trata de ir confiado, seguro y cómodo con el material que tengas.

Las resinas de poliéster de tipo insaturado empleadas para la fabricación de composites con fibras de refuerzo (fundamentalmente de vidrio) tienen altos contenidos de disolvente (estireno), parte del cual reacciona con el polímero y endurece, formando parte de la estructura sólida de la resina. Pero un cierto contenido se evapora, dando a estas resinas un olor características en la fase estática y dinámica de los procesos de fabricación. Esta evaporación conduce a una contracción que oscila entre el 6 y el 8% en volumen según los tipos de resinas de poliéster.

Las resinas epoxi, sin embargo, presenta una muy baja contracción y por eso son mas empleadas en procesos en los que las tolerancias sean mas exigentes.

Las resinas de poliéster, por lo general, tienen resistencias mecánicas y químicas inferiores a las de las resinas epoxi, presentan peores adherencias que las epoxis a la mayoría de los metales; si bien sus características son muy buenas y por lo que se emplean en multitud de aplicaciones: *náutica, eólica, automoción, piscinas, tuberías, etc.*

Las resinas poliéster son por lo general mas fluidas que las epoxi y ello hace que los procesos de fabricación de piezas composite mediante infusión/vacío o RTM sean un poco mas fáciles en comparación con las resinas epoxi.

El epoxi va ganando terreno poco a poco en el mercado de las tablas de surf, hay cada vez mas marcas introduciendo el epoxi en la fabricación de sus tablas, producen sus modelos usando ambos tipos de resinas, lo que proporciona al comprador la opción de elegir uno u otro tipo de tablas, la elección se basara en una series de ventajas e inconvenientes que poseen cada tipo que se detallan a continuación:

**Estructura:** La estructura es la misma para ambos tipos de resina, un interior que estará hecho de foam (espuma), que es un material ligero que da la forma y consistencia a la tabla, y un exterior hecho de resina, ya sea resina epoxi o poliéster con fibra de vidrio. Pero los materiales empleados en cada una son diferentes.

Las tablas de surf convencionales, cuando se habla de tablas convencionales se refiere a las realizadas en poliéster, que son las realizadas con resina poliéster, están fabricadas con un interior de foam de poliuretano, es una formula que lleva en el mercado desde los años 60 y que promete, aun estudiando nuevas tecnologías y mejoras, estar en el mercado por muchos años mas.

Las tablas de epoxi, tienen un interior de foam de poliestireno, son materiales más recientes y en continuo desarrollo.

**Resistencia:** Es una característica a tener en consideración ya que las tablas de surf, sufren mucho cada vez que se meten en el agua, ya sea por el oleaje, por el peso del rider, son propensas a recibir golpes,...

Las tablas de poliéster son conocidas por su fragilidad ya que a los pocos baños o por cualquier toque empiezan a aparecer grietas.

Las tabas de epoxi tienen como ventaja una mayor dureza y resistencia comparándolas con las de poliéster. Este tipo de tablas que también pueden sufrir daños son más resistentes a los golpes y se mantienen en mejor estado por mas tiempo. Es una característica bastante determinante a la hora de elegir este tipo de tablas, ya que la hace una opción a los que viajan mucho con tablas, los que surfeen en olas con fondo de roca o arrecife, y es una buena elección para los principiantes.

**Ligereza:** La ligereza es otra de las ventajas a tener en cuenta porque ello implica el peso de la misma.

Las tablas de epoxi poseen como otra gran ventaja la ligereza, ya que dará a la tabla en torno un 15%-30% mas de flotabilidad, lo que supondrá mejor remada y velocidad en la ola. La ligereza de las tablas no viene dada por la resina en si, sino por el interior que en el caso de las tablas realizadas con resina epoxi este núcleo esta formado por foam de poliestireno, que es un material poco denso y ligero.

Las tablas convencionales son menos ligeras porque como núcleo utilizan foam de poliuretano que es mas denso y por tanto menos ligero que el foam de poliestireno.

**Flexibilidad y respuesta:** Otra característica importante a tener en cuenta a la hora de elegir la mejor tabla que se adapte a las características que uno quiera.

Las tablas de epoxi tienen una mayor resistencia y flotabilidad, aunque esto puede ser una desventaja en algunas circunstancias ya que esta característica hace que la tabla absorba todos los baches y vibraciones de la ola debido a la mayor flotabilidad y menor flexibilidad (debido a su rigidez). Este tipo de tablas son mas recomendables para condiciones *choppy*, que son olas pequeñas entre las olas y en la pared de la ola, provocadas por el viento local.

Las tablas de poliéster son recomendables para condiciones *glassy*, que es lo contrario de *choppy*, son olas que se surfean mejor, buenas condiciones de surf sin viento.

Es conocido el desarrollo que existe actualmente en el campo de los materiales compuestos en el mundo del surf, también se desarrollan nuevas tecnologías que hacen que las tablas fabricadas en epoxi, tengan el punto de flexibilidad del que antes carecía. El grado de flotabilidad se puede compensar fácilmente encargando una tabla de epoxi con algo menos de volumen de los que lo haríamos si la encargásemos de poliéster.

**Ecológico:** Hoy día existe un reglamento estricto las materiales que se utilizan para realizar las tablas de surf, y que hay que tener en cuenta al fabricar la espuma de poliuretano, que no es el caso del presente proyecto.

Las tablas de epoxi, desprenden, durante el proceso de fabricación, menos sustancias contaminantes al medio ambiente que las tablas fabricadas en resina poliéster (debido al foam de poliuretano). Se puede señalar que el mayor fabricante de foam de poliuretano, *Clark Foam*, cerro en el año 2005, después de 45 años, por no poder adaptarse a las normativas medioambientales, lo que también supuso un empuje a los nuevos materiales como el epoxi.

***Tipos de tablas de epoxi:*** Las tablas de epoxi se pueden fabricar con dos tipos de foam de poliestireno, poliestireno expandido (EPS) y poliestireno extruido.

La elección entre el epoxi y poliéster depende de muchos factores, por ejemplo cabe destacar, el nivel de la persona que vaya a utilizar. Se puede decir que las tablas de epoxi son recomendables para olas pequeñas ya que dará un plus de flotabilidad y remada cuando mas lo necesitamos, ya que el EPS, el núcleo que se usa en las tablas de epoxi, flota mas.

En las olas medianas y grandes las tablas de poliéster siguen siendo una apuesta segura debido a su mayor flexibilidad y respuesta en situación críticas.

El epoxi también es recomendable para personas que se inician en el surf, ya que en los comienzos es cuando mas sufren las tablas.

***Presupuesto:*** Es uno de los factores mas importantes a tener en cuenta, ya que la economía del comprador influye de manera notable a la hora de seleccionar uno u otro tipo de tabla.

Las tablas de epoxi, son mas caras que las tablas convencionales, realizadas como hemos dicho anteriormente, con resina poliéster. Es por este motivo por el que existe una mayor presencia en el mercado de las tablas convencionales en términos de volumen, aun habiendo visto anteriormente, que las tablas epoxi tienen muchas mas ventajas que las de poliéster.

Como resumen entre las dos resinas, se destaca como principal ventaja de las resinas poliéster, la estabilidad mecánica, química y eléctrica de sus propiedades y la mayor ventaja de las resinas epoxi reside en sus mejores propiedades mecánicas para hacer composites de alta calidad.

El epoxi es superior a las resinas poliéster por su resistencia a líquidos y lugares ácidos. Con sus mejores propiedades eléctricas, inmejorable rendimiento a altas temperaturas y la capacidad para adherirse a múltiples tipos de superficie, la resina epoxi de nuevo supera a la poliéster. Por la facilidad con que se rompe y por su falta de durabilidad, la resina de poliéster es mas adecuada para construir objetos ligeros de peso. Por su resistencia a la tensión y a la flexibilidad, la resina epoxi es la mejor de las dos y es especialmente útil por su gran resistencia adhesiva.

Son compatibles con materiales de fibra de vidrio, las resinas poliéster tienen un uso exclusivo para el recubrimiento de laminas, para juntas y reparaciones. Ambas resinas, epoxi y poliéster, son comunes en la industrial naviera, pero la resistencia y durabilidad de epoxi la convierte en la mejor elección. Las resinas epoxi refuerzan materiales como vidrio, carbono y materiales aeroespaciales. Las resinas epoxi tienen una gran capacidad para unir materiales de diferente naturaleza y ya curados. Las resinas poliéster tienen un poder de adherencia mas pobre. Las resinas epoxi de gran calidad tienen una resistencia de adherencia de 2000 psi (13,8 MPa) frente a la resina poliéster con 100 psi (0,7 MPa).

La vida útil para el poliéster es de 18 a 24 meses, y un mínimo de dos años para epoxi. Epoxi necesita un mayor tiempo de curado, de cinco a siete días, contra las 6 a 8 horas de poliéster. El epoxi es más caro que la resina poliéster. El poliéster permite un tiempo de trabajo de 20 a 30 minutos. Según el catalizador usado con la resina epoxi, el tiempo de trabajo va de 30 minutos hasta 6 horas, en la *tabla.3*. se observa las características de las resinas epoxi frente a las resinas poliéster.

Características de la resina	Epoxi	Poliéster
<b>Costo</b>	Elevado	Bajo
<b>Facilidad de uso</b>	Fácil de usar	Difícil
<b>Impermeabilidad al agua</b>	Muy buena	No
<b>Modulo de flexión</b>	Excelente	Muy bueno
<b>Modulo de tensión</b>	Excelente	Muy bueno
<b>Tolerancia a ultravioletas</b>	Bajo	Muy bueno
<b>Curado en superficies finas</b>	Polimeriza en superficies finas.	Deben ayudarse con un antiadherente.

*Tabla 3. Características de resina epoxi y resina poliéster*

## 7. ELECCIÓN DE MATERIALES

Una vez definido los materiales que conforman el material compuesto, tenemos que recapitular y estudiar los materiales que vamos a necesitar para fabricar las tablas de surf en el presente proyecto.

En el mundo del surf la elección de materiales esta mas o menos clara, lo único que puede diferir es el núcleo y la resina utilizada, ya que el material de refuerzo o fibra siempre va a ser la misma.

Los materiales que se van a utilizar para los distintos comedidos se muestra en la tabla 4. adjunta:

Componente	Material
<b>MATRIZ</b>	Resina epoxi y resina poliéster
<b>REFUERZO</b>	Fibra de vidrio
<b>CARGAS</b>	Microesferas de vidrio
<b>ADITIVOS</b>	Peróxido de Metilcetona y estireno parafinado
<b>NÚCLEO</b>	EPS y PU
<b>GELCOAT</b>	Resina
<b>TOPCOAT</b>	Resina

*Tabla 4. Materiales utilizados en la fabricación de tablas de surf.*

A continuación se va a explicar el por qué de la elección de cada uno de los materiales:

### Elección de la matriz

En el caso de matriz es importante recordar que la función principal de la matriz es la de distribuir los esfuerzos entre las fibras a través de la intercara. Actúa como ligante manteniendo unidas las fibras por medio de fuerzas adhesivas y cohesivas.

La matriz tiene otras funciones como la fijación de las fibras en el ordenamiento geométrico deseado, la protección a las fibras de los esfuerzos de compresión y la protección a las fibras de los medios externos (humedad, ataque químico)

Los polímeros son los materiales que se utilizan para las matrices de los materiales compuestos, aunque también pueden utilizarse otros materiales como hormigón, aleaciones de aluminio y magnesio, cerámicos,...

En el presente proyecto, las dos matrices que vamos a utilizar son *Resina epoxi y Resina poliéster*.

- **Resina Poliéster**

La *resina poliéster* es la que se ha usado siempre en el mundo del surf, debido a sus propiedades es mas fácil y rápida de usar pero fundamentalmente se debe a que es mas económica. El mundo del surf es muy tradicional y reacio a las innovaciones. El 80% de las tablas de surf están hechas con esta resina.

Estas resinas se utilizan en el laminado, las propiedades que hacen que se utilice esta resina son las siguientes:

- Las resinas poliéster son resistentes al agua y a los rayos UV.
- Rápido tiempo de curado.
- Son maleables hasta que se calientan, entonces quedan permanentemente endurecida que no cambian su estado incluso si se le somete al mismo calor por segunda vez.

Existen miles de resinas poliéster, pero hay que tener mucho cuidado en elegir la mas adecuada y por supuesto, que estén diseñadas para fabricar tablas de surf, las resinas mas utilizadas son la *Resina SILMAR* y *Resina H61*(con catalizador estándar o UV), son dos resinas de poliéster de alta calidad.

SILMAR esta marca nos proporciona una resina transparente, brillante y estable a UV. Su uso es sencillo ya que se tiene mas tiempo para estratificar o secar ciertas reparaciones en un tiempo record. Existen 3 tipos de resina en esta marca, SIL249A (estándar en la industria del surf), SIL249BB (con resultado mas blanco que el blanco) y SIL249BFH (útil para estratificación de tablas incoloras).

HEGART (H61) nos proporciona una resina que también es transparente, brillante y estable a los UV como el anterior tipo de resina. Esta resinas vienen con catalizador, pudiéndose escoger Peróxido de Metilcetona o un catalizador UV.

La resina Gloss REICHOLD, parafinada, es para los que quieren obtener un brillo de calidad. Esta resina es la numero 1 en los talleres americanos.

Entre las resinas poliéster citadas creemos que es mas conveniente la H61 con catalizador, el tiempo de curado es relativamente corto (15min).

Es muy importante saber que la resina poliéster es totalmente incompatible con el poliestireno (EPS), ya que lo suele derretir. Una reparación de unos pequeños poros, si se utiliza por equivocación poliéster en una tabla con núcleo de poliestireno (en la que se debe usar epoxi) esos poros pasan a ser agujeros considerables ya que el poliéster quema todo el poliestireno que encuentre en su camino.

#### ○ **Resina Epoxi**

La *resina epoxi* es el otro tipo de matriz utilizada en la fabricación, debido a sus excelentes propiedades, estas son superiores, mecánicamente, a las resinas poliéster. Por contrapartida se destaca su elevado precio, por ello es menos usada.

Las tablas de epoxi se suelen fabricar de forma industrial.

Las propiedades que hacen que se elija el epoxi como matriz son las siguientes:

- El grado de contracción durante el curado es bajo.
- Su resistencia térmica es elevada.
- Más resistentes al impacto.

A diferencia de lo que se pueda pensar, por las propiedades tan buenas que aporta a la tabla, es menos usada en porcentaje de fabricación que la resina de poliéster, esto se debe principalmente a una cuestión económica, ya que la principal desventaja del epoxi radica en su elevado precio.

Al igual que ocurre con la resina poliéster existen muchos tipos de resina epoxi, tenemos que tener también cuidado con elegir la que mejor se adapte a nuestro cometido y por supuesto, que este destinada a la fabricación de tablas de surf. En este caso hemos seleccionado dos tipos: **RESOLTECHY GREENEPOXY**.

La resina **RESOLTECH** es muy apreciada entre los especialistas del epoxi. Específicamente desarrollada para la construcción de tablas de vela y de surf, consiste en la estratificación de fibras de vidrio, carbono y aramida.

Esta formulación es compatible con todas las espumas del mercado; poliestireno o poliuretano.



Sistema translucido de muy alta calidad. Sus propiedades auto-alisantes la hacen a día de hoy, la resina epoxi de glaseado con más calidad del mercado. Muy buena estabilidad a los rayos UV.

Se trabaja para disminuir el impacto de su actividad sobre el calentamiento climático, y propone hoy en día una gama de productos formulados siguiendo la idea de cuidar el medio ambiente.

La resina *GREENPOXY55* es una resina en la que 55% de su estructura molecular es de origen vegetal. La proporción con la que se trabaja es igual que la *RESOLTECH*.

Partimos de la base que toda resina epoxi necesita catalizador para acelerar su polimerización, sin modificar las relaciones mecánicas y etapas de secado de la resina.

En este proyecto vamos a utilizar la Resina *RESOLTECH* debido a las ventajas que citamos a continuación:

- Estabilidad UV.
- Endurecimiento sin pegar.
- Alta brillantez.
- Viscosidad baja.
- Transparencia de los estratificados.
- Facilidad de lijado.
- Resistencia al rayado.

### **Elección del refuerzo**

El material de refuerzo tiene como función transmitir las cargas a la matriz, por lo tanto define la mayor parte de las características mecánicas del material como la resistencia y la rigidez. Por esta razón las fibras son el refuerzo mas utilizado en los materiales compuestos, en este caso el material que se va a utilizar para la fabricación de tablas de surf es la *fibra de vidrio*, la razón de su utilización es que es un material que aporta propiedades a la tabla y principalmente por que al unirlo con las resinas aumenta las características del laminado compuesto.

La fibra de vidrio es un excelente material para ser utilizado como refuerzo, una vez la fibra impregnada de resina, va a dar fuerza y rigidez a la tabla.

Existen diferentes grosores para la tela de fibra de vidrio, distintos fabricantes, distintas formas de cruzar las fibras, distintas calidades, etc. El fabricante de referencia en el mundo del shape para fibra de vidrio es *HEXCEL*.

Se utilizará una tela con un espesor de 4 Oz para tablas tipo short boards y para longboard o retro fish, se pueden utilizar telas con un espesor de 6Oz, aunque también se pueden utilizar el anterior espesor. Cuanto mas espesor mas dureza y resistencia tendrá la tabla.

Dentro del catalogo de HEXCEL, se utilizara la fibra *E-Glass*, por su relación calidad precio. Pero si queremos una tabla de mayor calidad se puede utilizar la fibra *S-Glass*, siendo el doble de cara que la *E-Glass*.

### **Elección de cargas y aditivos**

Las cargas y aditivo son una serie de productos que se le pueden añadir a las resinas para aportarles unas características particulares, el añadirle estas sustancias pueden proporcionar tanto al proceso de moldeo como a la pieza acabada, unas mejoras interesantes.

Para que nuestra selección sea correcta, hay que tener en cuenta las siguientes propiedades:

- Reducir costes.
- Aumentar la rigidez.
- Reducir la contraccion de las piezas.
- Controlar la viscosidad de la resina durante el proceso de moldeo.
- Mejorar los acabados superficiales, dejando superficies mas lisas.
- Disminuir el peso de la pieza.
- Modificar las propiedades reologicas.

Como *cargas*, se elegirá a elegir un tipo de carga reforzante, mas concretamente las *microesferas de vidrio macizas*. Las esferas se mezclan con la resina hasta conseguir una mezcla de la consistencia del yogurt.

Es un producto muy nocivo si se respira, hay que manipularlo con precaución y con mascara. Como *aditivos* se utilizaran varios a lo largo del proceso de fabricación.

En el caso de la resina poliéster se le añadirá *Peróxido de metilcetona*, se mezcla con la resina para que esta endurezca con la acción del calor, se utiliza entre 1 y 3% de catalizador, según si la temperatura es de 25 o 18 grados, si se trabaja fuera de estas temperaturas el catalizador no funciona bien. Si la resina es UV, también se le añade catalizador PMEK, para que el curado se realice sin la presencia del sol.

Otro *aditivo* que se va a utilizar en este tipo de resina, es el *estireno parafinado*, este se mezcla con la resina de poliéster en una proporción de 5%, para realizar el gelcoat de la tabla de surf. Esta adición permite fluidificar la resina, que esta no sea pegajosa para facilitar el lijado.

Para el caso de las tablas fabricadas en epoxi, cuando la compras al fabricante este proporciona el catalizador correspondiente para cada tipo de resina, la resina epoxi usada será la SURF CLEAR, y cuyo catalizador será el catalizador SA 300, que es un acelerador muy poderoso. Permite gelificarse mas rápidamente la resina epoxi y reduce el tiempo de secado a temperatura ambiente. Este tipo de catalizador no modifica las realizaciones mecánicas y las etapas de secado de su resina, actúa con rapidez.

### **Elección del núcleo**

Teniendo en cuenta que el núcleo es un material ligero cuya función principal es separar las alas y transmitir los esfuerzos cortantes de un ala a la otra. Se caracterizan por su baja rigidez y resistencia a la tracción.

En la fabricación de tablas de surf, se utilizan dos tipos de núcleo dependiendo de la resina que vayamos a utilizar, son dos núcleos tipo espuma: *EPS (espuma poliestireno expandido)* y *PU (espuma de poliuretano, "foam")*.

Las tablas de surf laminadas con resina epoxi pueden tener como núcleo ambos, tanto EPS como PU.

Por el contrario, las tablas laminadas con poliéster solo pueden utilizar como núcleo el PU, ya que como ya hemos comentado anteriormente, el EPS en contacto con el poliéster se derrite debido al estireno que el EPS contiene.

- **Espuma de poliuretano (PU)**

La espuma de poliuretano es el foam mas utilizado en la fabricación de tablas de surf de poliéster.

La espuma de poliuretano o foam se fabrica, inyectando poliuretano liquido en un molde. El poliuretano se EXPANDE y rellena el molde. Se corta el foam en dos partes simétricas y se inserta una lámina de madera, el “alma” de la tabla, que refuerza el foam e impide que se doble.

*\*Nota: los fabricantes disponen de catálogos de foam, con el alma insertada, para cubrir todas las necesidades de los shapers, desde foam para fabricar shortboard hasta foam para fabricar paddles boards.*

Un foam o espuma de PU de calidad hace mucho en el resultado final de las tablas. Un buen foam resiste bien a la presión, lo que puede originar mas o menos bollos, debido a los golpes en tu tabla de surf, debe ser un material ligero, lo mas blanco posible y por supuesto fácil de trabajar.

- **Espuma Poliestireno expandido(EPS)**

El EPS es el otro tipo de foam que se utiliza, como núcleo, para fabricar tablas de surf de forma industrial con resina epoxi, ya que como hemos dicho antes, esta espuma es incompatible con el poliéster.

El EPS tiene una serie de ventajas e inconvenientes frente al PU:

- ✓ **Ventajas**

- Es más económico.
- Se puede reciclar.
- Tiene mayor flotabilidad, ya que contiene mas aire en sus celdas.

- ✗ **Desventajas**

- No admiten resina poliéster.
- Tablas mas rígidas, no flexan.

### **Elección de recubrimientos (Gelcoat y Topcoat)**

El *gelcoat* o *hotcoat*, consiste en aplicar una gruesa capa de resina de poliéster con estireno parafinado o resina epoxi, una vez este la tabla laminada y seca.

*Topcoat* es la última parte del proceso de laminación y consiste en aplicar con una brocha la resina de poliéster con parafina o epoxi, dejando una fina capa con el fin de dejar un buen acabado.

Para ambos casos tanto para el gelcoat como topcoat, los materiales que se utilizan son las resinas correspondientes a cada proceso de fabricación, poliéster o epoxi.

Con el *gelcoat* se quiere conseguir darle a la tabla un engrose mayor.

## 8. ELECCIÓN PROCESO DE FABRICACIÓN

Se debe elegir el proceso de fabricación óptimo, que mejor se adapte a las condiciones y proporcione un producto de calidad adecuado para fabricar tablas de surf, los procesos de fabricación que se consideran mas idóneos para la fabricación de tablas de surf son:

- *Laminación manual.*
- *Laminación manual asistida por vacío.*

De estos dos procesos, el primero se utiliza desde el inicio de la fabricación de tablas, es decir es el método tradicional, mientras que el segundo proceso asistido por vacío es una técnica empleada para obtener mejoras, en esta técnica se utilizara la laminación tipo sándwich explicada mas adelante y que se introducirá como mejora de nuestro proceso de fabricación.

A continuación se explicara en que consiste cada uno de los procesos que se han elegido de forma mas detallada, aunque señalamos que el proceso que utilizaremos será el ***laminado manual monolítico***, y el laminado sándwich, lo utilizaremos como alternativa novedosa del método de fabricación.

### ○ LAMINACIÓN MANUAL

El proceso de laminado manual consiste en la aplicación capas de material de refuerzo sobre un molde, o en el caso de las tablas de surf, sobre un núcleo con la forma de la tabla, para impregnarlas gradualmente con resina mediante la acción de un rodillo o brocha.

Este método busca solucionar los problemas de bajos contenidos de refuerzo en su composición. Se obtienen estructuras livianas y con requerimientos estructurales elevados.

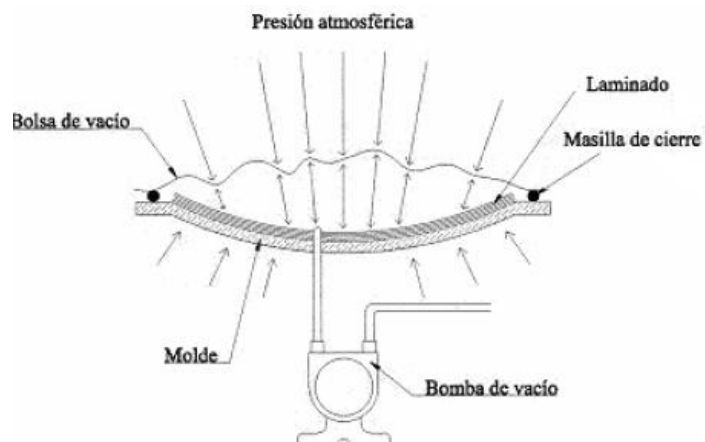


Fig.11. Laminado antes de aplicar vacío

$$P_{atm}=1,03 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_{dentro \text{ de la bolsa}}=1,03 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Diferencia de Presión}= 0\text{Kg/cm}^2$$

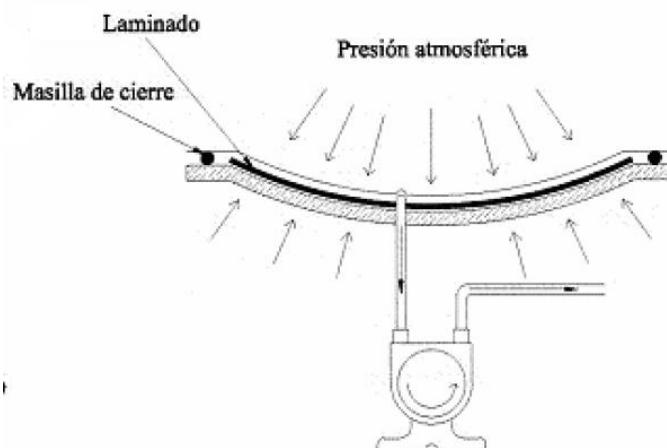


Fig.12. Laminado después de aplicar vacío.

$$P_{atm}=1,03 \text{ Kg/cm}^2$$

$$P_{dentro \text{ de la bolsa}}=0,421 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Diferencia de Presión}= 0,609 \text{ Kg/cm}^2$$

Las herramientas se dividen en dos grupos:

### Herramientas de laminado

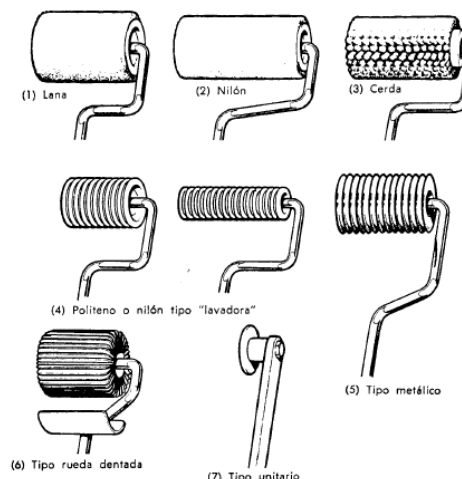
Son aquellas que permiten impregnar el material de refuerzo con la matriz, así como las que permiten extraer las burbujas de aire que quedan atrapadas dentro del laminado.

En este grupo de herramientas se pueden señalar: rodillos, brochas y espátulas.

Los **rodillos** de laminación son las herramientas ideales para extender la matriz polimérica en grandes superficies con mayor agilidad, permitiendo una distribución mas uniforme de la misma. Para dicha tarea el rodillo mas acorde es el denominado *rodillo de lana*, ya que no se ve afectado por el ataque químico de la resina, evitando la degradación del mismo, lo que daría lugar a laminados de baja calidad. Existen también *rodillos de cerdas* y *de nylon*, aunque son menos utilizados ya que al ser considerados blandos, no ejerce una buena presión sobre el estratificado.

El rodillo metálico de consolidación, también se puede citar dentro de este grupo, cuya función principal es ayudar a la extracción del aire atrapado entre capas de tejidos y ensamblados, existen de distinto tamaño dependiendo del tipo de trabajo y dimensiones de la pieza.

La limpieza de los rodillos tanto de laminación como de consolidación suele realizarse con disolventes como la acetona o estireno.



*Fig.13. Tipos de rodillos.*

Las **brochas** para laminados deben cumplir dos premisas básicas:

Que el adhesivo que aglutina el pelo de la misma sea compatible con el sistema polimérico (es decir que no pierda pelo) ya que de otra manera, el desprendimiento de elementos de la misma incide directamente en la calidad del laminado.

Su coste debe ser bajo, ya que su duración es breve fruto del desgaste y de la imposibilidad de limpiarlas adecuadamente cada vez que se utilizan.



Existen diferentes tipos de brochas, pero las dos mas utilizadas son: *brochas redondas*, para trabajar los lugares estrechos y reducidos y *brochas planas* para trabajar laminados de superficies planas.

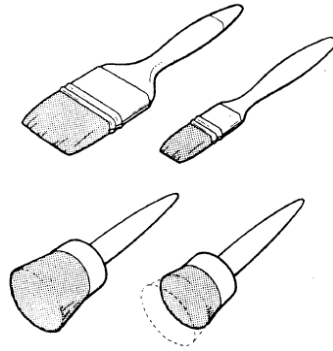


Fig.14. Tipos de brochas

**Las espátulas** se utilizan cuando la viscosidad del material dificulte la impregnación del refuerzo (por ejemplo resina epoxi), siendo las mas utilizadas las plásticas debido a su mayor flexibilidad. Las *rasquetas* son ideales para realizar mezclas de productos de elevada viscosidad (masillas, pinturas, etc.).

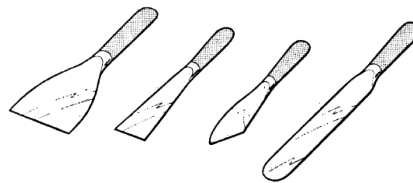


Fig.15. Tipos de espátulas

### Herramientas de corte

Las herramientas de corte son aquellas necesarias para el corte y preparado previo del material de refuerzo. Dentro de este grupo podemos mencionar las clásicas *tijeras* y los *cúteres*.

Las *tijeras* son ideales para el corte de tejidos de mayor gramaje; no deshilachan pero suelen tener el problema de su constante desafilado, debido a materiales abrasivos como puede ser la fibra de vidrio. Existen tijeras que incorporan mecanismos especiales para disminuir el esfuerzo de corte, y otras que son confeccionadas para el corte de materiales específicos, como tijeras para corte de kevlar.

Los *cúter* son idóneos para el corte de materiales de refuerzo tipo fieltro. Su utilización en el corte de tejidos y ensamblados puede provocar deshilachado. La hoja intercambiable proporciona mas versatilidad que la tijera.

### **Materiales**

*Matrices*, con el método del laminado manual se pueden emplear la mayoría de las matrices poliéster, viniléster y epoxi. Su viscosidad debe estar comprendida entre 300 y 600 cPs para que facilite la tarea de impregnación. Se utilizan n mayor medida resinas que no requieran procesos de curado o postcurado, aunque es posible utilizar matrices mas complejas. Se pueden incorporar cargas y aditivos en las resinas para poder obtener la variación de alguna propiedad.

*Refuerzos*, la totalidad de los tejidos, ensamblados y fieltros pueden ser aplicados mediante la técnica del laminado manual. No obstante, existen una serie de recomendaciones acerca de las secuencias de laminado para mejorar la calidad de la pieza.

### **Ambiente de trabajo**

El lugar donde se realice la labor de laminado, debe cumplir un mínimo de condiciones ambientales para obtener unos resultados satisfactorios.

La primera condición será la *temperatura* del local. La temperatura ambiente incide directamente en el grado de curado de la pieza y en la procesabilidad de la matriz. A bajas temperaturas, aumenta la viscosidad de la resina, lo que nos puede dificultar el proceso de manera notable, ya que dificultaría la impregnación de los refuerzos; los laminados realizados en estas condiciones suelen poseer un porcentaje de resina mayor en su composición.

A bajas temperaturas se debe advertir, el grado de reticulación de las resinas no se produce completamente, lo que da lugar a unos materiales compuestos con propiedades mecánicas mas bajas que las estimadas.

Si la temperatura es muy elevada, se puede producir la evaporación de una parte del disolvente que contienen las resinas, hecho que afecta también a sus propiedades finales.

La laminación también se torna dificultosa por los cortos tiempos de gel de que se dispone, y las reacciones exotérmicas en las piezas, generan temperaturas mas elevadas, hecho que puede provocar marcas y distorsiones sobre la misma.

El rango mas acorde de temperatura para el laminado, es el comprendido entre 15°C y 30°C, aunque cabe destacar que la temperatura optima para dicho proceso es entre 17°C y 22°C no es recomendable, en ninguna circunstancia trabajar con temperaturas menores de 10°C. Si las condiciones no lo permiten, deberá postergarse el trabajo hasta que se garantice las condiciones mínimas de trabajo.

La segunda premisa a tener en cuenta, es el control de la *humedad relativa en el ambiente*, la mayoría de los materiales de refuerzo no se ven afectados por la humedad, son resistentes a la misma e incluso al agua, tenemos que tener en cuenta la humedad del ambiente especialmente sobre los refuerzos secos, ya que afecta a la unión de estos con resina, disminuyendo la adhesión en la interfase, y, por ende, disminuyendo la calidad del estratificado.

El valor límite de humedad que se debe respetar es un máximo del 75%. Al igual que ocurre con la temperatura, si las condiciones no lo permiten, deberá postergarse el trabajo para mas tarde cuando estas lo permitan.

Debemos prestar atención a los lugares de almacenaje de los refuerzos, que deben mantenerse en lugares secos y en envoltorios cerrados.

La *limpieza* es fundamental en el entorno de trabajo, ya que cualquier partícula de polvo que este presente en el ambiente propiciara un laminado de baja calidad, con impurezas en su constitución. Debe mantenerse siempre el ambiente lo mas limpio y ordenado posible, con buena ventilación e iluminación.

## **TÉCNICA POR VACÍO**

Las técnicas de moldeo asistidas por vacío permiten conseguir materiales compuestos con mayores propiedades físicas y mecánicas que los obtenidos por las técnicas de moldeo por contacto, aunque sus costes operativos suelen ser ligeramente superiores.

Las técnicas aprovechan una presión externa para prensar el laminado y optimizar el contenido de matriz en el material compuesto, mejorando la adhesión interlaminar entre capas y obteniendo un laminado con una densidad mayor.

La técnica del laminado manual asistido por vacío, consiste en crear una presión adicional sobre el laminado durante su ciclo de curado. La función de esta técnica consiste en optimizar las relaciones refuerzo-matriz del material.

La presurización del laminado cumple además otras importantes funciones: remueve el aire atrapado entre capas; compacta las capas de refuerzo para transmisión de fuerzas, proporcionando laminados más uniformes; evita que la orientación del laminado se modifique durante el curado; y reduce la humedad.

Todas estas ventajas han sido utilizadas durante años para maximizar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales compuestos, tanto en campos aeronáuticos, aeroespaciales como en las industrias de componentes para competición.

Este método es una extensión del método de moldeo por contacto manual, donde la presión es aplicada al laminado una vez éste se ha realizado al completo pero encontrándose la resina aún en un estado previo al de gel.

La presión actuante se obtiene a través de un diferencial de presiones. Se coloca sobre el laminado una membrana estanca y se procesa a extraer el aire que existe en su interior, a través de un sistema de vacío. Al disminuir la presión en el interior de la bolsa, la presión atmosférica exterior actúa sobre el laminado presionándolo. En función de la capacidad del equipo de vacío y del grado de estanqueidad alcanzado, obtendremos mayor presión de compactado.

### **Formas de obtener el vacío**

Los medios empleados para producir vacío son diversos: *extractores* para depresiones muy pequeñas, *bombas de vacío* accionadas por motores eléctricos y *generadores de vacío de aire comprimido*.

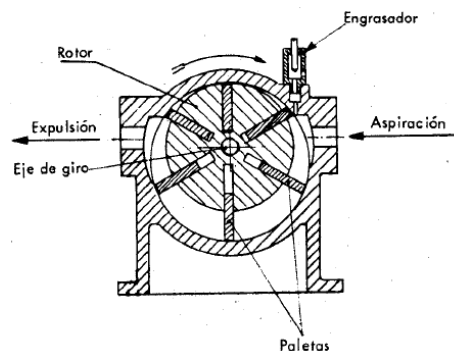
En el caso de la fabricación de tablas de surf para el laminado asistido por vacío, las bombas más comunes que se utilizan *bombas de paletas flexibles*.

Las bombas son los medios mas conocidos de obtención de vacío. El trabajo de la bomba consiste en bombear gases o vapores, aspirándolos de un recipiente cerrado y expulsándolos al exterior. Cada tipo de bomba se distingue de las demás por la presión mínima que puede alcanzar (cerca del cero absoluto), presión que queda limitada por las características constructivas de la misma.

Las *bombas de vacío de paletas flexibles* generan vacío mediante la utilización de un motor eléctrico convencional. Se emplean cuando son necesarios elevados caudales de aspiración.

La bomba esta constituida por un rotor de 6 u 8 paletas dispuestas de forma radial, que realiza un movimiento excéntrico en el interior de un estator. Por efecto de la fuerza centrífuga, las paletas son proyectadas hacia el exterior, y se adaptan a la superficie interior del estator.

Las lumbreras de aspiración y expulsión van dispuestas en los laterales del estator, cada vez que una paleta pasa por delante del orificio de aspiración recoge una cantidad de gas, lo comprimen y lo expulsa por la lumbrera de expulsión. Como existen varias paletas, casi no hay oscilaciones del flujo, siendo el caudal de aspiración continuo. La lubricación se realiza por goteo, aprovechando la misma aspiración para que el aceite caiga.



*Fig.16. Bomba de paletas flexibles*

Utilizan motores eléctricos, por lo que resultan mas costosas que otros sistemas generadores de vacío. Los rangos de capacidades de succión para estas bombas pueden oscilar entre 6 m<sup>3</sup>/hora hasta 1600 m<sup>3</sup>/hora.

## **Desarrollo del método**

Una vez finalizado el laminado manual por contacto, y con suficiente tiempo antes de que comience el proceso de gelificación de la matriz polimérica, se disponen sobre el laminado los materiales fungibles, que constituyen el secreto de la técnica. Estos materiales permitirán realizar el compactado, extraer los excesos de resina, evitar que dichos materiales se queden adheridos a la pieza, facilitaran también el desmoldeo y disminuirán las emisiones de elementos volátiles orgánicos al ambiente.

## **Materiales**

- Tejidos pelables (peel-plies).
- Film separadores y films sangradores desmoldeantes.
- Manta de absorción/aireación.
- Film nylon para bolsa vacío.
- Masillas de cierre (tacky-tape).

*\*En el anexo 2 se muestran todos los componentes que forman parte del proceso de vacío.*

### **- Tejidos pelables.**

Son generalmente aplicados como ultimo material en la secuencia del laminado, están diseñados para ser extraídos de la superficie del laminado con suma facilidad, facilitando los procesos posteriores de adhesión secundaria, masillado o pintado, sin necesidad de abrasión mecánica previa.

Los peelplies o tejidos pelables, son tejidos que luego de su proceso textil, son tratados para ofrecerles libres de impurezas, permitiendo ser utilizados en contacto directo con el laminado, sin problema de contaminación posterior.

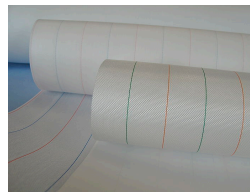
Normalmente están constituidos por poliamidas (nylon) o fibras de poliéster, suelen dejar una superficie ligeramente rugosa ideal para piezas que necesitan de un procesamiento posterior.

Dichos tejidos actúan como protectores superficiales del laminado, y se recomienda retirarlos solamente cuando sea necesario.

Se suelen presentar en forma comercial de entre 60 y 80 g/m<sup>2</sup>, y deben seleccionarse de acuerdo al criterio de temperatura del proceso productivo.

Existen en forma de rollos y cintas de diferentes anchos, y normalmente poseen un hilo de color que permite su identificación sobre la pieza una vez curada.

La mayoría de los tejidos pelables de poliamidas (nylon) tienen problemas con sistemas de matrices fenólicas, debido a la emisión de agua que producen las mismas, por lo que se recomienda el uso de los tejidos de poliéster.



*Fig.17. Tejido pelable.*

- **Film separadores o sangradores.**

Los films separadores son utilizados para separar el laminado del resto de materiales del proceso de vacío (desmoldeante).

Los films sangradores son los mismos films separadores pero perforados, siguiendo un patrón establecido, que permite salir al exceso de resina que haya en el laminado.

Los patrones de perforado se establecen de acuerdo al método productivo seleccionado. El diámetro de perforado va en función del flujo de resina excedente y dependerá de: la temperatura de curado, el sistema de matriz, la viscosidad de resina excedente y dependerá de: la *temperatura* de curado, el sistema de matriz, la *viscosidad* de la resina, el *tiempo* de trabajo y de la *presión* de compactación.

Todas estas consideraciones permitirán seleccionar el film sangrador mas adecuado que permita “salir” al exceso de resina y al aire que hubiese quedado atrapado entre capas de laminado.

Si su elección no se hace correctamente, podemos obtener malos resultados como laminados con alta tasa de porosidad (poca evacuación de aire, film sangrador con pocos agujeros) o bien laminados demasiado “secos” (film sangrador con demasiados agujeros o excesivamente grandes).

También hay films sangradores perforados que permiten salir solamente el flujo de gases pero restringen el paso de la resina, aunque esta fuese de baja viscosidad.

Entre otras características importantes acerca de estos films podemos mencionar su resistencia a altas temperaturas (de acuerdo al proceso de curado o postcurado), no aportan ningún tipo de contaminación al laminado, no dejan marcas, poseen alta elongación (acorde a la elongación del film de bolsa de vacío) y su coste reducido.



*Fig.18.Film sangrador.*

- ***Manta de absorción/aireación.***

Los tejidos de absorción y aireación son tejidos sintéticos no entramados, normalmente constituidos de fibras de poliéster recicladas, razón por la cual presenta imperfecciones en su superficie.

Cumple básicamente dos funciones principales: la de permitir circular el aire atrapado por todo el interior de la bolsa, y la de actuar como absorbente del exceso de resina que emana por acción de la presión de consolidación.

De bajo peso y gran adaptabilidad, permiten adaptarse a formas complejas. No tiene propiedades desmoldeantes, por lo que deben ser separados del laminado mediante un tejido sangrador o película separadora perforada.

- ***Film de nylon para bolsa de vacío.***

Son los encargados de sellar todo el laminado, una vez sellado, se aplica vacío al laminado para que actúe externamente la presión atmosférica.



Entre las características principales de dichos films podemos mencionar:

- Alta elongación (350%-750%) que ayuda a mejorar la calidad del laminado.
- Resistencia a altas temperaturas.
- Compatibilidad con amplia gama matrices.
- Resistencia a los ataques por gases químicos durante el ciclo de curado.
- Adaptabilidad a formas complejas.

Los films de vacío de nylon son higroscópicos, y el contenido de humedad actúa sobre ellos como un plastificante, teniendo influencia sobre sus propiedades mecánicas. Cuando su contenido de humedad es bajo, el film se vuelve rígido y quebradizo, y sus propiedades de alargamiento se deterioran. El film debe almacenarse en una sala donde la humedad relativa sea mayor del 55%, a valores inferiores de humedad, el film tiende a perder “su” humedad, y con un 40% de humedad ambiente, el film perderá toda su humedad en menos de 24 horas.

Para recuperar y acondicionar de nuevo un film que ha perdido sus niveles óptimos de humedad, el rollo debe ser colocado en un ambiente húmedo durante 48 horas. Para un correcto almacenaje la temperatura ambiente debe de ser de 25°C como máximo, deben almacenarse lejos de fuentes de calor y proteger siempre que sea posible el rollo envolviéndolo bajo un plástico que evite la pérdida de su contenido húmedo.

- ***Masillas de cierre.***

Las masillas de cierre se utilizan para proveer una junta entre el molde y la bolsa de vacío, que asegure estanqueidad.

Constituidas de una mezcla de caucho sintético combinado con cargas inertes, pastificantes y aditivos que les proporcionan adhesividad, deben ser formuladas para que su extracción del molde sea fácil y no deje impurezas ni residuos en el mismo después del ciclo de curado.

La selección de dichas masillas se realiza en función de la temperatura de curado y la presión de trabajo.

### **Ambiente de trabajo**

Los beneficios que se obtienen del método son numerosos. Las emisiones de estireno y elementos volátiles orgánicos se reducen considerablemente debido a que el laminado se encuentra confinado en una bolsa cerrada. Solo se producen emisiones en la fase dinámica de impregnación, aunque debido a la metodología del proceso, dicha exposición es mínima comparada con los métodos tradicionales de laminado manual por secuencias y proyección simultánea.

El lugar de trabajo, no obstante deberá cumplir con los requisitos mínimos establecidos por los fabricantes de los materiales respecto de temperatura y humedad ambiente, así como renovaciones de aire, iluminación e higiene del lugar de trabajo.

La resina mas utilizada en este proceso es la epoxi, por dos razones básicas:

- Si se buscan laminados de mejor calidad, el salto cualitativo es considerable respecto de las resinas poliéster.
- Las resinas epoxi suelen tener tiempos de gel bastante extensos que las de poliéster.

### **SANDWICH**

Se sigue la misma técnica que en la laminación asistida por vacío, la diferencia radica en la inserción de una capa de madera, PVC o corcho, para el presente caso de fabricación de tablas de surf, entre dos capas de laminado de fibra de vidrio.

Esta técnica sirve fundamentalmente para aumentar las características mecánicas de la tabla de surf, laminadas con resina epoxi.



Fig.19. Fabricación tipo sándwich.

Cada uno de los elementos implicados en la estructura sándwich cumplen una función determinada. Las pieles exteriores son los elementos resistentes, generalmente realizadas con materiales de mejores propiedades que el resto; *el núcleo*, de material ligero, cuyas funciones principales son mantener separadas las pieles exteriores, brindar aislamiento térmico y transmitir los esfuerzos cortantes de una cara y la opuesta, y *la interfase*, que tiene como función principal mantener unido todo el conjunto.

El núcleo debe mantener la distancia relativa entre las pieles. El núcleo debe ser por tanto suficientemente resistente para poder soportarlos esfuerzos, para que no se produzca un desplazamiento de las pieles en sentido longitudinal.

Si comparamos la nueva estructura tipo sándwich, con la estructura simple del laminado monolítico, con solo un mínimo aumento de pesa, la estructura tipo sándwich es mucho mas resistente, como se muestra en la adjunta *tabla 5*. y que se detalla en el anexo 2.

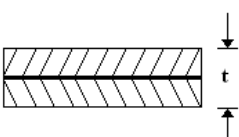
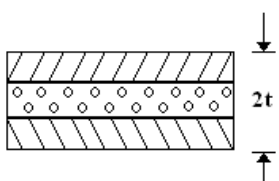
	Laminado monolítico	Construcción sándwich
		
<b>Rigidez relativa</b>	100	700
<b>Resistencia relativa</b>	100	350
<b>Peso relativo</b>	100	103

Tabla 5. Tipos de laminados.

En resumen los mejores procesos de fabricación de tablas de surf, para el presente proyecto, son los siguientes:

Laminación manual:

- *Laminación manual poliéster sobre espuma poliuretano.*
- *Laminación manual epoxi sobre espuma de poliuretano.*

Laminación Sándwich

- *Laminación sándwich epoxi sobre espuma de poliuretano.*

## 9. PROCESO DE FABRICACIÓN

A continuación se va a proceder a la explicación detallada de cómo se construyen las tablas de surf, excepto la primera etapa, todas las demás etapas son manuales, por lo que es necesario seguir las etapas del proceso de una forma ordenada.

Los procesos van desde la obtención de la materia prima hasta que las tablas salen de la fábrica de la mano de un cliente.

Para la fabricación de tablas de surf se necesita un tiempo determinado, que vendrá marcado por los tiempos de curado, lijado, etc., se necesitan también materiales adecuados y algo muy importante y que no todo operario posee y es el talento para shapear, se requiere una alta capacidad tanto para el diseño, como para que el acabado de esta sea perfecto.

Las características que tenemos que tener en cuenta para fabricar una tabla son:

- Experiencia de la persona que vaya a utilizarla (surfer o rider).
- Peso y altura del rider.
- Tipo de olas que se va a surfear.

Una vez que se tengan claro estos factores, y el cliente haya decidido como quiere su tabla, se puede empezar a fabricar.

### 9.1. LUGAR DE TRABAJO

Antes de explicar de una forma mas detallada el proceso de fabricación, cabe destacar este importante punto, el *lugar de trabajo*.

La elección y preparación adecuada del lugar donde se va a llevar a cabo el proceso de fabricación de la tabla es muy importante, ya que un lugar con las condiciones adecuadas facilitara el proceso y lo que es mas importante evitara posibles peligros y molestias.

El lugar donde se va a llevar a cabo, las diferentes etapas de fabricación, debe ser lo bastante amplio y despejado, lo suficiente como para circular alrededor de la tabla sin que haya obstáculos de por medio. La instalación constara de estancias dedicadas a las diferentes etapas: shape, curado, lijado, materiales, etc. Es muy importante una buena ventilación, si es necesario se debe hacer uso de un ventilador o sistema de ventilación adecuado, para expulsar los vapores de la resina poliéster.

El lugar donde colocamos o apoyamos la tabla, consta de dos soportes con forma de “U” acolchadas para evitar daños en el foam y con una altura aproximada de la cintura del shaper, es ideal esta forma de apoyar la tabla para poder trabajar tanto los cantos como la parte superior e inferior del foam.

En la zona donde se va afinar la tabla inicialmente después del pre-shape, deberá estar dispuesta de un par de tubos fluorescentes a cada lado de la tabla y a la altura del pecho colocado en la pared cercana al lugar de trabajo, y con una mampara encima del tubo fluorescente para que la luz se desvíe hacia la tabla y no hacia arriba, esto se hace para que sea fácil ver los relieves del foam en el momento del shapeado, es aconsejable que las paredes no sean blancas, a poder ser azul oscuro o similar, para evitar reflejos.



*Fig.13. Zona Shapeado,*

Para trabajar con la resina, si se usa catalizador, la temperatura debe estar comprendida entre los 17°C y 23°C. Si la elección recae sobre la resina UV, se debe catalizar en un sitio totalmente aislado de rayos solares.

Se dispondrá de un habitáculo para que los materiales estén dispuestos de una forma ordenada y de fácil localización de los mismos.

Es importante la limpieza del lugar, quitando la suciedad y el polvo de foam o resina después de cada jornada de trabajo.

## 9.2. MATERIALES

Los materiales que se necesitan para la construcción de las tablas de surf, se dividen en tres grupos:

- **Materia prima**
- **Herramientas**
- **Material de seguridad**

## 9.3. MATERIA PRIMA

Se define materia prima, como los materiales de los que se parte para fabricar las tablas de surf, estos son:

**1) Foam:** Se llama foam al material que se utiliza como núcleo o interior de la tabla de surf.

Podemos utilizar dos tipos de foam, espuma de poliuretano (PU) o espuma de poliestireno (EPS). En el presente proyecto se utilizara espuma de PU, ya que se puede utilizar con cualquier tipo de resina, al contrario que el EPS. Es una espuma muy ligera y maleable con un refuerzo de madera, al que llamamos *alma*, que recorre el centro longitudinalmente para aumentar la rigidez de la tabla. El foam viene de la fabrica con cierta curvatura y forma para el shapeado sea mas fácil. El foam lo distribuirá la empresa ZERO DISTRIBUCIONES.



*Fig.14. Foam “en bruto” de tablas de surf.*

**2) Fibra de vidrio:** Es el material de refuerzo y junto con la resina recubre el foam.

Este material es un tejido de hilos de fibra de vidrio con un tramado que entrelaza los hilos verticales con los horizontales e incluso en algún tipo de fibra el hilo va torsionado sobre si mismo para aportar mas rigidez.

Puede tener diferentes grosores, se utilizarán las telas de 4Oz de HEXCEL ya que es un prestigioso fabricante de fibra adecuada para la fabricación de tablas de surf.

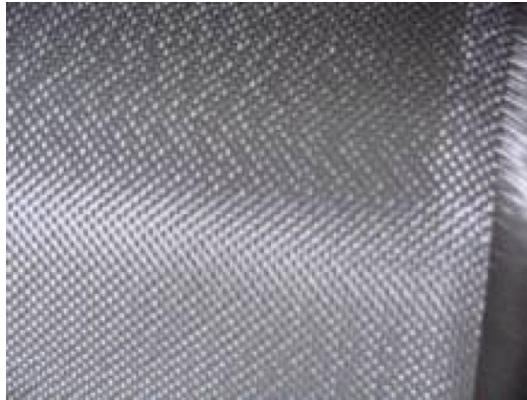


Fig.15. Tela de fibra de vidrio.

**3) Resina:** es un material gelatinoso y transparente que en reacción con el catalizador se endurece.

Se pueden utilizar dos tipos de resinas: *resina epoxi* y *resina poliéster*, la *poliéster* como se ha visto anteriormente gana la partida al ser más económica y común y la de *epoxi* tiene mayores propiedades mecánicas pero al ser más cara se fabrica en menor proporción. Es aconsejable utilizar resinas de calidad y que no amarilleen con el tiempo. La resina de poliéster de la marca H61 y la resina epoxi será la RESOLTECH son las que se utilizarán en el presente proyecto como ya vimos anteriormente.



Fig.16. Resina poliéster. H61



Fig.17. Resina epoxi Resoltech

**4) Disolvente:** el disolvente que se va a utilizar para quitar las manchas de resina será la acetona.



**5) Catalizador:** es el endurecedor de la resina, dependiendo de la misma se utilizara en una u otra proporción:

- Poliéster: 2%
- Epoxi: 40%

Estos porcentajes pueden variar en proporción según el fabricante, el distribuidor de las resinas te proporcionara los catalizadores para cada tipo de estas, estos catalizadores como ya se ha mencionado son:

- Poliéster: PMEK
- Epoxi: SA 300 (un tipo de poliamina cicloalifática)

**6) Tapón del invento y quillas:** estos componentes se compran ya fabricados en tiendas de surf especializadas, en el caso del presente proyecto utilizaremos los de la marca EUROFIN.

Los tapones o plugs de aletas, permiten colocar las quillas a la tabla, de forma que sean desmontables e intercambiables.

Es relativamente sencillo de montar, y da acceso a la gama mas amplia de aletas en el mercado.



*Fig.18. Tapón de las quillas*

El plug del invento o leash se presenta como un tapón de plástico con una barra en medio para fijar el invento en la tabla.



*Fig.19. Tapón del invento.*

## 9.4. HERRAMIENTAS

Se diferencian las herramientas en grupos dependiendo el fin al que estén destinadas: *herramientas para shapeado, laminado, glaseado y lijado/acabado*.

### A. Para el shapeado:

**1) Maquina CNC:** Maquina de control numérico, que se utiliza para dar forma a piezas solidas. Suelen ser maquinas estacionarias. El moldeado de la pieza se realiza por la eliminación de una parte del material, que se realiza por el arranque de viruta.

Estas maquinas pueden operar manualmente o mediante control automático. Las maquinas de control numérico pueden repetir secuencias una y otra vez con precisión.

En el caso de la fabricación de tablas de surf, utilizamos una maquina por control numérico mediante tecnología CAD/CAM. Estas maquinas combinan velocidad, precisión y un coste competitivo. Es la única etapa del proceso que no es manual.

Las ventajas de la utilización de estas maquinas de pre-shape respecto al tallado manual son:

- Tallado perfectamente simétrico de la tabla.
- Tras el diseño de la tabla, el cliente puede clonarla tantas veces necesite.
- Mayor beneficio y mayor capacidad productiva.
- Permite la realización del pre-shape, mientras el shaper realiza otra tarea en una tabla anterior, como lijarla por ejemplo.



Fig.20.Maquina CNC

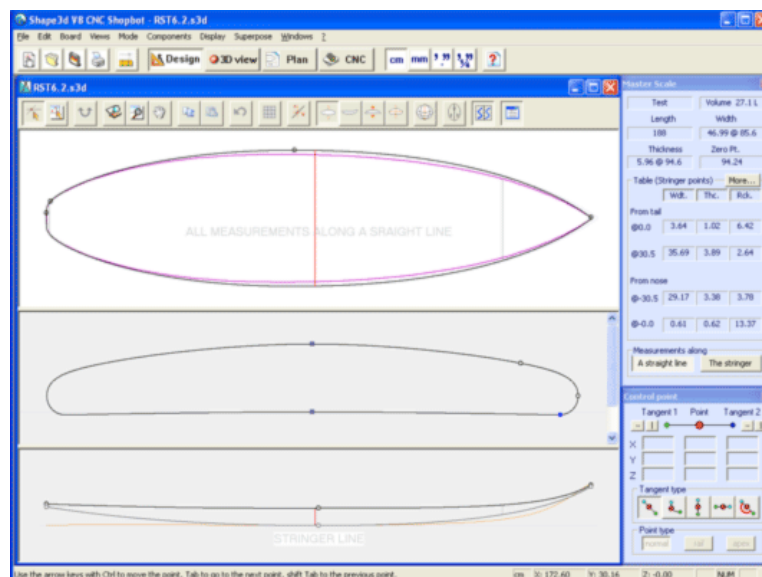


Fig.21. Archico CAD de la maquina CNC

**2) Lija de malla:** Este tipo de lija es la adecuada para dar forma a los cantos del foam.



Fig.22. Lija de malla

**3) Calibrador para el grosor:** se utiliza para comprobar si la maquina de CNC nos ha dado el grosor deseado, para verificar si la operación se ha hecho correctamente.



*Fig.23. Calibrador para medir el grosor.*

**4) Medidor de ángulos para quillas:** A la hora de colocar las quillas en la tabla, es necesario que estas cumplan un Angulo de inclinación respecto a la horizontal o bottom.



*Fig.24. Medidor de ángulos de quillas.*

### **5) Cinta métrica**



*Fig.25. Cinta metrica.*

**6) Serrucho o sierra de calar:** el alma que viene insertada en el foam, hay que afinarla para que no sobresalga de nuestro foam, para ello necesitamos o una sierra de calar o un serrucho.



*Fig.26. Sierra de calar.*

**7) Lápices, papel y plantillas:** para realizar cualquier anotación se necesita tener siempre lápiz y papel cerca, las plantillas las da la maquina CNC, si por alguna razón se quisiera tener en papel solo se tendrían que imprimir los archivos CAD.

## **B. Para el Laminado**

**1) Envases y medidores de resina:** Dosificadores de volúmenes para medir la cantidad de resina, catalizadores, etc. que se deben echar una vez estudiadas dichas cantidades.



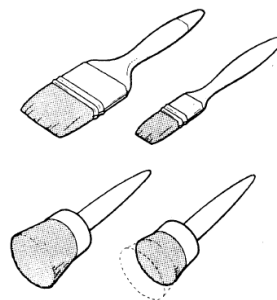
*Fig.27. Vaso para medir volúmenes.*

**2) Brochas:** las brochas para laminados deben cumplir dos premisas básicas:

- Que el adhesivo que aglutina el pelo de la misma sea compatible con el sistema polimérico (es decir que no pierda pelo) ya que de otra manera, el desprendimiento de elementos de la misma incide directamente en la calidad del laminado.

- Su coste debe ser bajo, ya que su duración es breve fruto del desgaste y de la imposibilidad de limpiarlas adecuadamente cada vez que se utilizan.

Existen diferentes tipos de brochas, pero las dos mas utilizadas son: *brochas redondas*, para trabajar los lugares estrechos y reducidos y *brochas planas* para trabajar laminados de superficies planas.



*Fig.28. Tipos de brochas*

### C. Para el glaseado

1) **Aplicador de resina (squeegee):** Se trata de una paleta de goma en forma rectangular que ayuda a extender la resina de poliéster.



*Fig.29.Shaper aplicando resina con squeegee*

### D. Para el lijado y acabado

1) **Lijadora eléctrica orbital:** Una lijadora orbital para el desbastado, afinado y pulido de la resina de poliéster.



*Fig.30.Lijadora electrica orbital.*

2) **Papel de lija y lijas de agua:** Con varios granos para ir lijando la tabla, hasta utilizar la lija de agua antes del pulido.



*Fig.31.Lijas de distintos granos.*

**3) Taladradora o fresadora:** Para colocar el tapón del invento y los tapones de las quillas si son de quita y pon.



*Fig.32. Fresadora.*

## 9.5. MATERIAL DE SEGURIDAD

Algunos componentes de las tablas de surf necesitan que el operario se proteja adecuadamente para manipularlos o aplicarlos, ya que son perjudiciales para la salud, por ejemplo pueden desprender vapores de la resina poliéster o el polvo resultante del lijado del foam que puede ser tóxico por inhalación.

- 1) Mascarilla protectora
- 2) Gafas protectoras
- 3) Guantes de látex



*Fig.33. Guantes, gafas y mascarilla*

## **9.6. FABRICACIÓN TABLAS DE SURF**

Lo primero que se debe tener en cuenta cuando se vaya empezar a fabricar tablas son los pedidos. Una vez que se tengan las hojas de pedidos, el procedimiento que se debe seguir es el siguiente:

1. Planificar
2. Fabricar
3. Verificar

### **9.6.1. Planificación**

Aunque parezca un punto que no hay que tener mucho en cuenta y en algunas ocasiones sea un aspecto poco entendido, es si cabe el mas importante, una buena planificación asegura que el producto este listo en el tiempo estimado, que cumpla los cánones que la fabrica asegura al cliente, que el cliente quede satisfecho y los mas importante que repita.

Una buena planificación recoge las actividades a desarrollar por la dirección o gestión de las operaciones.

a. Una vez que se conozca el pedido por parte del cliente se llevara a cabo una planificación de la producción. Se puede dividir esa producción en varias etapas, la mas oportuna para este proyecto es la siguiente:

- i. Fabricación tablas.
- ii. Almacenamiento.
- iii. Distribución producto.

Estas etapas engloban una serie de tareas que se llevan a cabo para que la producción sea óptima por parte de los operarios.

Primero se fabricara la tabla según el método que posteriormente se describirá, luego se procede a verificar las tablas fabricadas y para asegurar que no contienen fallos o errores antes de entregarlas, luego se almacena las tablas en un lugar apropiado que cumplan con las condiciones pertinentes hasta que sea retiradas por el cliente en el plazo estimado.

b. A diario se debe de planificar el trabajo, aunque se realice una planificación mas a largo plazo, ya que cada día es necesario reunirse con el equipo de trabajo y estudiar las tareas a realizar, puede que la planificación haya que modificarla sobre la marcha para aumentar la producción.



Se modificara la producción si ha surgido algún imprevisto y existe alguna tarea urgente que se debe realizar rectificando la planificación previa.

### **9.6.2. FABRICACIÓN**

Con este paso se va a determinar la calidad del producto y en cual se basa el presente proyecto, por lo que es el objetivo principal del mismo.

Se puede dividir este punto en los siguientes apartado, los cuales se detallaran uno a uno.

- i. Elaboración del shape
- ii. Pintado
- iii. Laminado
- iv. Gelcoat
- v. Lijado
- vi. Montaje de tapones de quillas e invento
- vii. Laqueado

#### **Elaboración del Shape**

En este punto toma partida el diseño de la tabla, cuando se concreta un pedido, el shaper diseña la tabla de acuerdo con el cliente, en este sentido pueden ocurrir dos casos, que el cliente sea experto y sepa lo que quiere por lo que pide un determinado producto que se puede fabricar en serie, o que el shaper aconseje al cliente un tipo de producto dependiendo de la experiencia de este, peso y altura.

Las tablas de surf están hechas a partir de un foam de espuma de poliuretano (PU) o poliestireno (EPS), el primer paso consiste por tanto en seleccionar un foam de buena calidad para empezar a darle forma a la tabla.

Compramos a un determinado suministrador las planchas de foam, estas vienen previstas con una varilla de madera (álamo, balsa, pino, etc.), en el centro, que lo atraviesa longitudinalmente. Esta lamina de madera recibe el nombre de *alma* cuya función es darle resistencia a la flexión al bloque de foam, si no tiene alma se quebraría por la mitad al soportar la presión ejercida por el peso del surfista.

Para darle la forma deseada, se va a utilizar una compleja maquina fresadora por control numérico (CNC), para fabricarlo se partirá de una plancha de poliuretano, que hará la función de núcleo, la cual será desbastada por la maquina para elaborar el pre-shape, es decir, a la plancha del poliuretano, núcleo de la tabla, inicialmente se lijan obtener la forma deseada y lo mas ajustada posible al diseño final de la tabla.

En este punto se tienen que tener en cuenta las características de la tabla, que se explico en el primer apartado, son las que nos van a definir el producto dependiendo del pedido que realicen tendrán una u otras características, que se enumeran a continuación, y las cuales se han explicado anteriormente:

1. Altura
2. Anchura:
  - a. *Nose*
  - b. *Tail*
3. Grosor
4. Rocker
5. Cantos
6. Punta y Nose
7. Tail o Cola:
  - a. *Cuadrada*
  - b. *Fish*
  - c. *Redonda*
  - d. *Pintail*
  - e. *Diamond*
8. Fondo o Bottom:
  - a. *Plano*
  - b. *En V*
  - c. *Cóncavo*
  - d. *Doble cóncavo*
  - e. *Canales*

El funcionamiento de esta maquina se basa en un código G, propio de las maquinas gobernadas por control numero, que previamente ha sido programado a través de un programa de diseño en 3D, que permite el moldeado de las tablas asistido por ordenador.

Este programa permite hacer todo tipo de modificaciones a la tabla requeridas por el cliente, y una vez finalizado lo traduce en el código propio de estas máquinas. Esta operación suele durar aproximadamente 30 min. Una vez diseñada la tabla, el programa manda la información a los controladores de la maquina de pre-shape, y esta a través de sus motores paso a paso, es capaz de manejar una fresa, que será la encargada de desbastar el foam en las 3 direcciones, x, y, z.



*Fig.34. Foam desbastado por la maquina de CNC.*

Se tiene que tener en cuenta las medidas de las tablas a fabricar, ya que los foam que se compran deben ser superiores a estas, esto es porque debido al desbaste, se elimina material por lo que el foam se reduce, se debe tener en cuenta este punto y adquirir siempre foam de mayores dimensiones a las de la tabla que se quiere fabricar.

Una vez terminado el trabajo de la fresadora, se pasa a las labores de un shaper. El shaper se encargara de afinar el foam, esto quiere decir, que al introducir el foam en la maquina CNC, se le quedan unos surcos producidos por la fresa que deben ser lijados por el shaper, así como también se deben afinar los cantos para que queden redondeados, con el fin de dejar toda la superficie de la futura tabla uniforme.

Es importante que en los siguientes pasos no se modifique el tallado que ha hecho el shaper, ya que podría ocasionar modificación en la funcionalidad y características de la tabla.

El primer paso después de que la tabla salga de la maquina es lijar y afinar el foam, para que quede listo para poder empezar el proceso de laminación. Se empezara lijando el fondo o bottom de la tabla, se utilizara una lija de 80 grip y se realizaran largas pasadas de punta a cola de la tabla. hay que ser cuidadoso y prestar atención de no eliminar el posible cóncavo, convexo, doble cóncavo o V que se haya preestablecido en el preshape, ya que en esta etapa es muy fácil pasarte al lijar y estropear el diseño.

A continuación se procede a lijar la parte inferior de los cantos, se debe tener en cuenta que los cantos suelen ser redondeados en los dos primeros tercios de la tabla, terminando en afilado en la parte de la cola, para ello se pasara la lija en los dos primeros tercios en pasadas largas y se afinara con cuidado el ultimo tercio, es decir, donde se encuentran las quillas de la tabla.



*Fig. 35. Afinado del bottom de la tabla al salir de la maquina CNC.*

En la parte de arriba o deck de la tabla, se realizara la misma operación que en el bottom, pasadas largas con la lija de 80 grip de punta a cola.

Para terminar el shape se tiene que repasar toda la tabla con una lija de 120 grip. Para los cantos se pasa la palma de la mano en forma curvada para asegurarnos que hace contacto con todo el canto y por tanto que esta bien.

Todo este proceso se realizara en el habitáculo destinado para el shape, debe disponer de luces a un lado y a otro del cuarto, a la altura del pecho del shaper, para ver los posibles desniveles con el juego de sombras que provocaran las luces en la tabla.



*Fig.36. Tabla shapeada lista para laminar.*

### **Pintado**

Si el cliente quiere su tabla decorada es el momento de hacerlo, no obstante como si quiere como si no, el shaper aprovecha para anotar a lápiz las medidas de la tabla y firmarla.

El 90% de las tablas el cliente suele quererla en blanca, es decir, solo laminada sin ningún tipo de decoración, tan solo los logos.

En el caso de las tablas, en las que el cliente desea una decoración, se utilizan pinturas de base agua (acrílica), ya que estas garantizan que no se produzcan ningún tipo de reacción con la resina posteriormente usada, se hará uso de cinta adhesiva, con el fin de tapar el alma de la tabla.

Existen distintas maneras de aplicar la pintura: espray, aerógrafos, rotuladores especiales, etc., con los que poder realizar cualquier dibujo que el cliente pida.

Si lo se quiere poner los logos en la tabla, se utilizara para ello papel japon o cebolla, en el que se imprimen los logotipos con una impresora convencional, este tipo de papel se usa porque al ser muy fino cuando se le aplica resina, se vuelven transparentes.



*Fig.37. Proceso de pintado*

## Laminado

En primer lugar se tiene que preparar la cantidad idónea de resina según el modelo de tabla a laminar. Para explicar el proceso se realiza a partir de una tabla tipo shortboard.

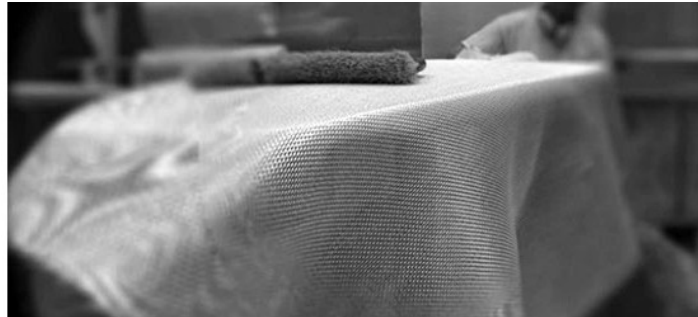
· **Resina Poliéster con catalizador estándar:** Tenemos que contar con una temperatura de unos 20°C para el curado de la resina, la cual se mezcla con un 2% de catalizador para que estratifique en unos 10 o 15 minutos. Para calcular la cantidad necesaria de resina, que absorbe la fibra, se tiene que tener en cuenta el volumen de nuestra tabla, y saber que 1m<sup>2</sup> de fibra de 4 Oz absorbe 125g de resina, y que 1m<sup>2</sup> de fibra de 6 Oz absorbe 200 g de resina.

Pueden utilizarse otro tipo de resina poliéster las cuales catalizan con UV, reciben el nombre de resinas poliéster UV, estas resinas se aplican en la misma proporción que las otras, pero el catalizador es diferente, en este caso es uno ultravioleta con el que la resina cataliza con los rayos UV rápido. La diferencia es que con una se usa un catalizador que permite que cure en un lugar que cumpla con una temperatura con 20°C y el otro tipo cataliza con la luz solar o en su defecto fluorescentes ultravioleta, estas son idóneas para talleres pequeños que no dispongan de fluorescentes UV, en los que se laminan las tablas se sacan al sol y en 10 minutos esta seca, laminan la parte superior y vuelven a salir al sol, si se quiere utilizar la resina con catalizador UV, la habitación donde se vayan a laminar la tabla debe estar aislada y con lámparas fluorescentes en el techo.

· **Resina de Epoxi con catalizador:** En este caso la temperatura recomendada por el fabricante comprendida entre los (22±2)°C, la proporción de base y catalizador ira en un 60% base 40% catalizador, esto asegura un tiempo de estratificación de unos 90 min.

En segundo lugar se coloca la fibra de vidrio en la parte inferior de la tabla. Se suele usar una tela de fibra de 4 Oz (125g) de grosor, aunque se puede usar una de 6 Oz (200g) si se quiere una tabla resistente o si se lamina una tabla mas larga. Es recomendable el uso de una espátula de goma (squeegee) para extender la resina sin dañar el foam.

Se dispondrán de unos rollos de fibra, que serán colocados detrás de cada tabla, para que sea mas fácil extender la tela sobre la tabla y no desperdiciar material. Después de extender la tela se tiene que cortar la fibra sobrante, de manera que quede tela por un lado de la tabla de una longitud de unos 4-5 cm. Para las zonas curvas, se le dará algunos cortes a la fibra con el fin de adaptarla lo mejor posible a la forma de la tabla.



*Fig.38. Posicionamos tela sobre foam.*

Antes de empezar, se colocan los logos y se impregnan bien con resina para que queden totalmente transparentes, entre el logo y el foam también hay que aplicar previamente una fina capa de resina, para que adhiera bien al foam. Se coloca bien la fibra y la impregnamos con movimientos largos de resina con la ayuda de la espátula de goma, desde el centro hasta la cola y después desde el centro hasta la punta. Una vez se tenga toda la fibra impregnada, se realizaran movimientos largos de punta a cola empezando por el centro y avanzando poco a poco hasta los cantos, se debe asegurar que la fibra no tenga sin burbujas y esté bien adherida sobre todo con especial hincapié en los cantos.



*Fig.39. Proceso laminado*

Es muy importante utilizar la cantidad justa de resina, ni mucho ni poco. La fibra tiene que quedar transparente, sin que se vea ningún hilo blanco, todo exceso de resina debe ser evacuado hacia los cantos.

Una vez impregnada toda la tabla, y estando convencidos que se ha realizado bien, hay que esperar el tiempo de curado, teniendo en cuenta que en el caso del poliéster es de 10-15 minutos, el laminado debe hacerse bastante rápido con lo cual la destreza del shaper va a ser vital en este punto.

Una vez polimerizada se pasa a la estratificación de la parte de arriba de la tabla, se estratifica dos capas de fibras al mismo tiempo, la primera se colocará y cortará sin que cubra los cantos y se impregnará de resina, a continuación se procederá a realizar la segunda capa, en la que se cortará cubriendo los cantos y dejando unos 4-5 cm. de tela sobrante y se realizará la misma operación que en la primera capa.

Antes de pasar al siguiente punto, se eliminará mediante el lijado cualquier gota de resina o resto de tejido sin impregnar.

### **Gelcoat**

En este punto en el que nos encontramos, se puede decir que la tabla se encuentra aislada, es decir, el foam no debe absorber agua, pero sería una tabla muy débil, es por eso que se le da una última capa de fibra de vidrio con el fin de darle engrose a la misma. Este engrose proporcionará más dureza al laminado.

Para el gelcoat con resina de poliéster, se le añade a la resina un 5% de estireno parafinado, con el fin de poder lijar la tabla con facilidad, esto es debido a que el estireno sube a la superficie y se produce una fina capa de fácil lijado.

Para gelcoat con resina epoxi, se le añaden unos aditivos que facilitarán el lijado, similar al estireno parafinado, sin estos sería muy difícil de lijar el epoxi, ya que una de sus propiedades mecánicas es la dureza al rallado.

Se preparan por tanto 100g de gelcoat, para un shortboard, con una brocha se esparce haciendo movimientos largos desde la punta hasta la cola, así sucesivamente hasta ir acercándose a los cantos.



Se utiliza cinta adhesiva para delimitar los dos lados de la tabla, de esta manera se evitan gotas y chorreones de resina y se ahorra tiempo a la hora de lijar.

### **Lijado**

Para la etapa del lijado se usan varios grosores de lija, mediante una maquina de lijar rotativa, se lija la tabla empezando por un grano de 100, luego 150 grip y por ultimo 220 grip. Para los cantos no se utilizara la maquina si no que hay que lijar con las lijas con la ayuda del cóncavo de la mano.

Se debe lijar siempre la resina, y no la fibra de vidrio, si se llega hasta la fibra se notara porque se verían los cuadraditos de la tela, si esto pasara se debe volver a poner tela e impregnarla con fibra, dejar curar y luego volver a lijar.

Una vez lijada toda la tabla con la ayuda de la lijadora rotacional, se posa la mano con papel de lijar con un grano de 400 grip y 600 grip y terminar lijando con una lija de 600 grip con agua, que proporcionara un mejor acabado.

Si no se estuviera convencido con el acabado de la tabla, se puede realizar un segundo gelcoat y repetir la fase del lijado.

### **Montaje de tapones para invento y quillas**

El montaje de los tapones o plugs, se hace para facilitar el cambio de las quillas e invento, ya que son accesorios que hay que cambiar bastante a menudo en una tabla debido a su rotura.

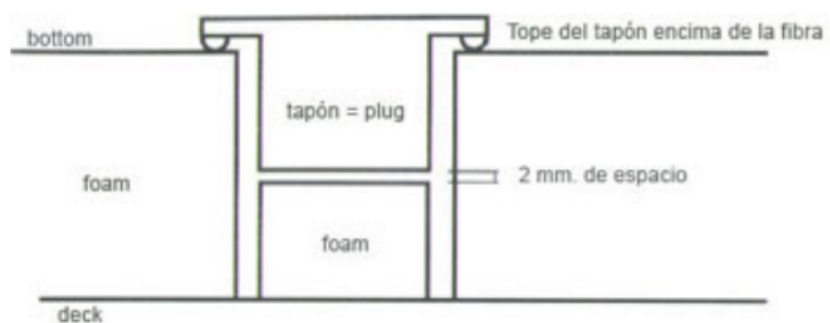
Se debe instalar una serie de plugs:

#### **· Plugs de leash o invento**

Este tapón se coloca a unos 5 cm de la cola de la tabla insertado en el centro de la tabla o a la derecha del alma.

Una vez que se tenga donde va a ir colocado el tapón del invento, con la ayuda de una fresadora o un taladro con una broca de corona de diámetro 30mm, se realiza un orificio en la tabla con una profundidad de unos 2 mm mas que la profundidad del tapón.

En la siguiente imagen se observa en que consiste el agujero para los plugs, para conseguirlo se realiza un taladro de 30mm hasta 2mm mas que la altura del tapón, después con una corona se continua el agujero hasta tocar la otra capa de la fibra con cuidado de no dañarla, una vez se tengan todos los agujeros se limpian bien, una tabla con los tapones bien puestos, debe tener la marca de circunferencia en el deck.



*Fig.40. Posición de los plugs.*

A continuación, para manchar lo menos posible, se tapa con papel dejando solo abierta la zona de los agujeros, se rellena el hueco con resina, a la que le añadimos microesferas de vidrio para espesar y que quede mas blanca se sumerge el tapón.

#### · **Plugs de aletas o quillas**

Existen diferentes fijaciones de aletas dependiendo de las marcas, en el presente proyecto se utilizaran los de la marca EUROFIN.

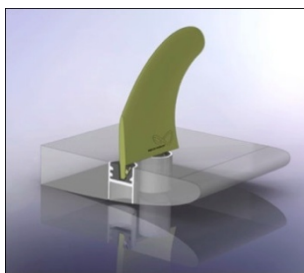
En primer lugar se define primero la posición de las aletas sobre la tabla, el nose de la tabla como referencia.

Existen dos ángulos a tener en cuenta en la colocación de las quillas:

- Ángulo respecto a la horizontal de la tabla: Este ángulo es el que viene predefinido por los tapones que compramos.

- Ángulo respecto al alma de la tabla: Si se coloca cada quilla cercana al canto y se trata una línea imaginaria infinita, y si estas se cruzaran, el cruce ideal seria en la punta de la tabla, si este cruce se va acercando a la cola, la tabla será mas rápida a la hora que el rider realice giros, por ello la posición de la quilla vendrá definida por el cliente, dependiendo si quiere una tabla mas o menos rápida de giro.

Se marca con un lápiz donde se van a colocar las quillas laterales, la quilla central es fácil de colocar, se hace un taladro de 30mm de diámetro con una profundidad de 2mm mas que la profundidad del tapón al igual que en el caso del tapón del invento, los tapones de las quillas laterales van hasta tocar la capa del laminado del arriba o deck sin pasar la fibra.



*Fig.41. Colocación idónea del plug.*

Para que los tapones coinciden luego con la quilla, se pone una quilla sobre los dos tapones y se sumergen así en los agujeros llenos de resina, de esta manera quedaran bien alineados. Se mantienen en esta posición hasta que se seque la resina. Para evitar que se muevan se utiliza cinta adhesiva desde la punta de la quilla para fijarlas hasta que se cure la resina. Tardara en secar mas o menos 20 min.



*Fig.42. Fijación del tampón a la quilla.*

Cuando esta seco se retira la quilla y se lija el sobrante de resina con la lijadora como anteriormente se ha explicado.

#### • **Cajetín para quilla grande**

Para el caso de I tipo de tabla *longboard* hay que insertar a la tabla un cajetín para una quilla de dimensiones mayores a las normales que se usan en estas tablas.

Este cajetín va insertado en el bottom en la parte inferior de la tabla, justo en la línea del alma.

Se fresara un canal con un tamaño de 2mm mas de las dimensiones del cajetín, se realizará de la misma manera que los plugs, aunque con un poco mas de dificultad porque hay que ir quitando la madera del alma, se diferencia de los demás en su forma y longitud.



*Fig.43. Cajetín con quilla para longboard.*

### **Laqueado**

Para obtener un acabado brillantes se lija o se utiliza una laca para tal fin, dependiendo de la estética que se busque.

Si se desea un acabado brillante, que es el caso del presente proyecto, se debe lijar a mano y con agua con lijas de hasta un grosor de 120 grip, se aplica una crema de pulir y a continuación se hará uso de una pulidora. Con este tipo de acabado, los desperfectos de la tabla se aprecian con mayor facilidad.

Si se desea obtener una tabla con brillo, se utilizara para el laqueado laca acrílica que dará una mejor terminación a la tabla, a la vez que le da un filtro adicional contra los nocivos rayos UV del sol.



*Fig.44. Tabla laqueada finalizada*

Una vez laqueada la tabla se puede decir que se ha terminado el proceso de fabricación, y se puede pasar al siguiente paso que es la verificación

### Mejora del laminado

El mundo del surf, aunque sea un sector bastante tradicional poco a poco está introduciendo una serie de mejoras que proporcionan mejores características a los productos.

Anteriormente se ha hecho referencia al *laminado tipo sándwich*, técnica de laminación manual asistida por vacío en la que se introduce unas capas de materiales livianos que nos da consistencia a la tabla aumentando sus propiedades mecánicas.

Este proceso se realiza con tablas fabricadas en resina epoxi con resina de vidrio sobre un núcleo de espuma poliuretano (también es posible realizarlo con EPS, pero en el presente proyecto solo se utiliza PU ya que sirve para las dos resinas).

Se sigue la misma técnica que en el laminado manual, con la diferencia que se coloca sobre la tabla una lamina de madera, por ejemplo bambú de la siguiente manera:

El núcleo estará ya shapeado listo para ser laminado, se coloca la tela de fibra de vidrio que se impregnara con resina, luego una lamina de madera de bambú y encima de esta se vuelve a poner tela de fibra de vidrio impregnada con resina.

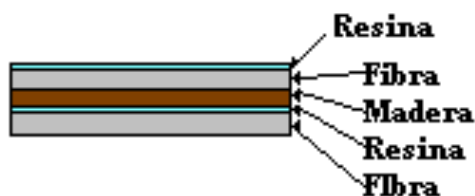


Fig.45. Estructura laminado sándwich

Al concluir la etapa del laminado y antes que la resina haya curado, se le aplica la técnica de vacío.

Una vez concluido el vacío, que tarda lo que tarde la resina en curar, en el caso de la resina epoxi tardara unos 90 min, se saca la tabla de la bolsa y se continua normalmente con el proceso..

Pueden pintarse como las laminadas manualmente, pero el efecto de la madera sobre las tablas queda muy estético y a los clientes les suele gustar.

En la *tabla 6*. adjunta se observa como aumentan la resistencia en las tablas laminadas con estructura tipo sándwich en comparación con el laminado monolítico tradicional.

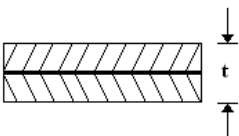
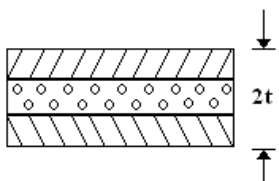
	Laminado monolítico	Construcción sándwich
		
<b>Rigidez relativa</b>	100	700
<b>Resistencia relativa</b>	100	350
<b>Peso relativo</b>	100	103

Tabla 6. Propiedades laminado monolítico y sándwich.

### 9.6.3. Verificación

Una vez acabada la fabricación de la o las tablas de surf, es necesario cerciorarse que se ha obtenido un producto de una excelente calidad antes de entregársela al cliente, en este punto se debe ser riguroso a la hora de examinar una tabla y detectar los fallos del laminado.

### Defectos del laminado

Existen distintos tipos de imperfecciones a tener en cuenta:

- *Defectos de aplicación:* puede ocurrir que no se haya aplicado bien el gel coat, que la viscosidad de éste sea superior a la deseada porque hayamos añadido mas parafina de la necesaria, la presión que se ejerce sobre el estratificado debe ser la adecuada para solapar las capas, si no es así no se formara un material compacto.
- *Mala gelificación:* una mala gelificación puede ser debida a que no se den las condiciones adecuadas de temperatura y humedad mínimas para que se produzca el curado de la resina.
- *Diferencia de tonalidades o brillo:* Se puede deber al mal almacenamiento de los materiales, debido a una mala limpieza y que el polvo acabe en nuestro laminado, se debe laminar cada parte de una tabla de una vez, para que los tiempos de curado sean iguales para una misma cara.

La diferencia de brillo se puede dar porque no se haya aplicado bien la laca o pulido adecuadamente.

- *Ondulación en la superficie:* Esta imperfección se puede dar al no colocar bien la fibra sobre el foam y después impregnarla con resina.
- *Poros:* Es la imperfección mas repetida e importante en la fabricación de tablas de surf.

Es debido a un mal laminado por escasez de resina, cuando no se impregna la fibra con la cantidad suficiente de resina puede originar estas imperfecciones.

También se pueden originar cuando al laminar no se ha evitado la presencia de aire, debido a un mal manejo de esta y puedan producir retención de aire.

- *Deslaminado:* Este problema es debido a la falta de unión entre una capa y otra, aunque pueden darse por otra serie de causas como:
  - Impregnación insuficiente del refuerzo.
  - Deterioro del material, al no estar conservados en las condiciones adecuadas.

Fundamentalmente debido a un mal proceso de laminación o una inadecuada utilización de las proporciones de los parámetros que intervienen en la laminación.

- *Desprendimiento de resina:* este defecto no se ve cuando la tabla pasa su examen de verificación, si no con el paso del tiempo, y puede ser debido a la exposición del laminado en un ambiente hostil, lo que puede originar que el refuerzo quede al descubierto.

Los factores que mas favorecen a que este esfuerzo aparezcan con la elevada temperatura y ambiente excesivamente agresivo.

## **Comportamiento del laminado**

### **Comportamiento a la tracción**

La resistencia a los esfuerzos de tracción de un laminado depende de determinados factores tales como: composición de laminado, orientación del refuerzo (fibras), tipo de componentes, proceso y cumplimiento de los factores del laminado y curado.

El aumento a la tracción es directamente proporcional al contenido en fibra, aunque esto no siempre es así, depende de las circunstancias y elementos que intervengan en el laminado.

### **Comportamiento a compresión**

La resistencia a los esfuerzos de compresión de los laminados con fibra de vidrio y poliéster aumente que el caso anterior de comportamiento a tracción, aunque en este caso intervienen otros factores como:

- Presencia de huecos en la interfase.
- Mala cohesión en la interfase.
- Alineación de fibras.

### **Comportamiento a flexión**

La flexión es una mezcla de tracción y compresión ya que se someten a tracción las fibras exteriores y las interiores a compresión. En el espacio de transición de las fibras exteriores a las interiores se produce un esfuerzo de cizalla en las zonas intermedias pudiendo ocurrir, si se sobrepasa un determinado límite, que se produzca deslaminado entre capas internas, la cual puede verse favorecida por la presencia de huecos, tiempo excesivo entre laminado y laminado, tiempo de curado inadecuado, etc.



## 9.7. MODELOS DE TABLAS

Es oportuno añadir un apartado para exponer los tipos de tablas que se van a fabricar en el presente, se ha realizado una selección según la demanda del mercado actual de tablas de surf, no obstante, que sean estas tablas las que se van a fabricar en mayor proporción, no significa que no se puedan fabricar otros tipos de tablas que no estén en la siguiente selección, como por ejemplo tablas tipos *retro*, *evolutiva*, *gun*, *etc*.

### · FISH

La *fish* es un tipo de tabla diseñada para olas pequeñas y medianas que tengan poca fuerza. Este tipo de tablas es ideal cuando las olas no son de buena calidad, esto es debido a que son tablas anchas y con poca curva que planean bien sobre las olas de calidad inferior. Son tablas muy maniobrables debido a que son cortas y tienen una cola de golondrina. Son mas gruesas que las *shortboard* por ello tienen mayor flotabilidad, lo que hace que la remada sea mas fácil. Son tablas que no funcionan bien en olas grandes o huecas. Las *fish* y *retro* pueden ser bastantes parecidas.



Fig.46. Tabla tipo fish

### · SHORTBOARD

La *shortboard* es el tipo de tabla más común y con el diseño mas evolucionado. Ofrecen un gran equilibrio entre velocidad y maniobrabilidad por tanto son muy versátiles, y valen para todas las condiciones de olas. Se necesita un nivel medio para sacarle partido, ya que es un tipo de tabla mas técnica.



*Fig.47. Tabla tipo shortboard.*

#### · **MALIBU O MINIMALIBU**

Tabla grande de punta redonda, algo más pequeña y maniobrable que un longboard. Debido a su buena flotabilidad hace que sea mas estable y la remada fácil. Es una buena opción para las personas que quieran iniciarse en este deporte o también son muy recomendables para los días en los que las condiciones no sean muy buenas y las olas sean pequeñas y fofas. Este tipo de tablas permite hacer las maniobras típicas del longboard.



*Fig.48. Tabla tipo malibu.*

## · **LONGBOARD**

Tabla grande de punta redonda, también recibe coloquialmente el nombre de tablón. Son tablas especializadas para olas pequeñas y medianas, y si el surfero tiene experiencia también valen para olas grandes. Se pueden hacer maniobras y un tipo de surf característico para este tipo de tablas. Son tablas fáciles de remar pero difíciles de remontar cuando las olas son un poco más grandes.



*Fig.49. Tabla tipo longboard...*

## · **PADDLE BOARD**

Son tablas diseñadas para poder desplazarse de pie en todo momento, tanto en la ola como fuera de ella. Para poder soportar a una persona de pie en ella es lógico pensar que son tablas anchas y bastante gruesas. Son las únicas tablas de surf que no se propulsan a nado, sino que hacen uso de un remo flexible que también sirve para maniobrar la tabla en la ola. Es una opción bastante buena y divertida para días en los que las condiciones de olas no son muy favorables y estas son pequeñas y con poca fuerza.



*Fig.50. Tabla tipo paddle board.*

## 10. INSTALACIÓN Y UBICACIÓN DEL PROYECTO

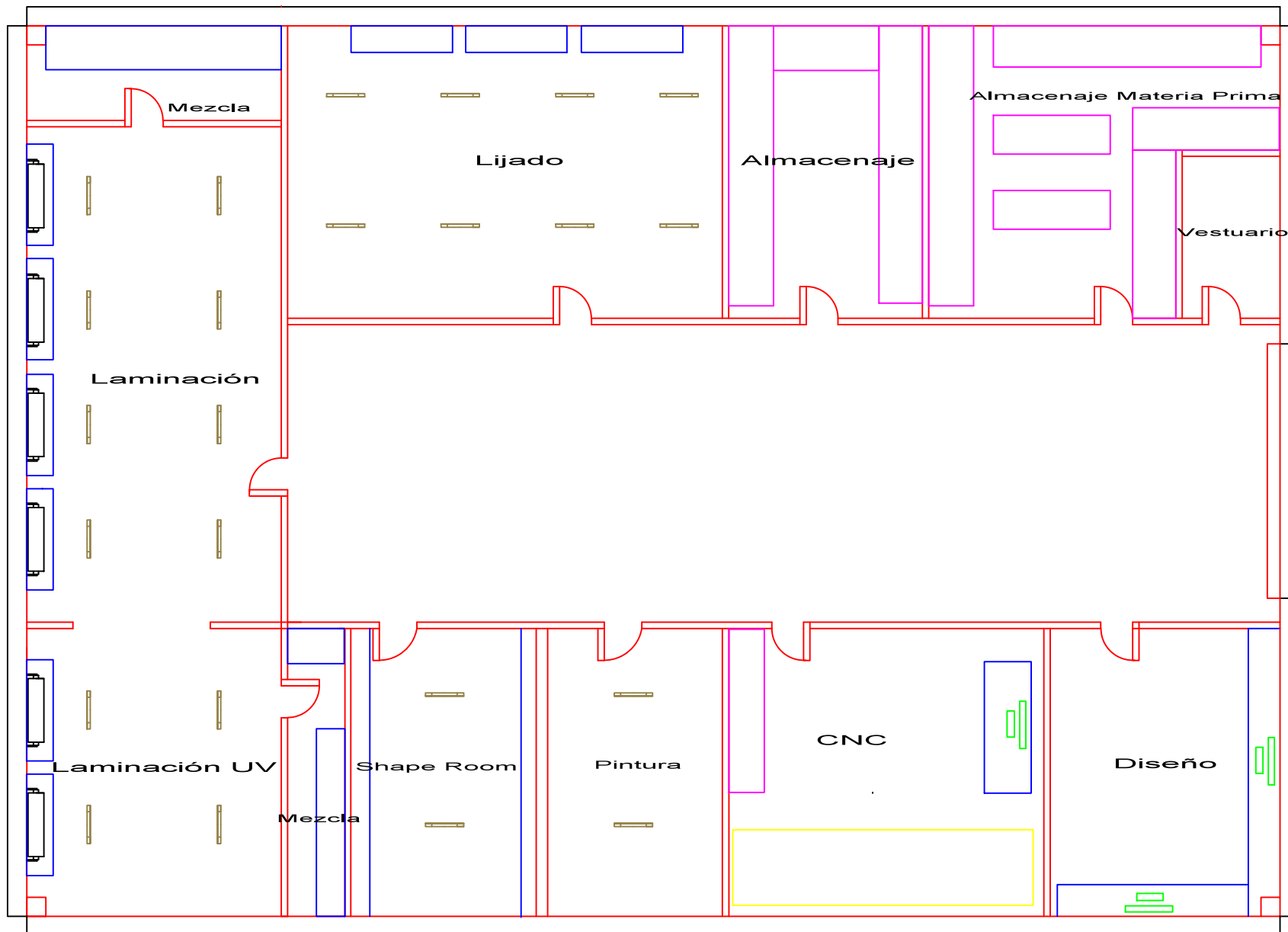
El proceso de fabricación de tablas se vincula con una fabrica donde estas se producirán, esta empresa será especialista en la construcción de tablas de surf que se llevara a cabo con fibra de vidrio, resina poliéster y resina epoxi. El nombre de la empresa es: “Cádiz Surf Factory” o “CSF” que serán las siglas que irán insertadas en cada tabla como logo.

La instalación constará de una superficie de 200m<sup>2</sup>, suficiente para el lay-out que se propondrá con posterioridad.

Se realizaran diferentes tipos de tabla según peticiones del cliente, ya que la empresa trabajara bajo pedido. Las tablas mas demandadas son los siguientes tipos:

- Fish
- Shortboard
- Malibu
- Longboard
- Paddle board

Por lo que se estima, debido a la demanda, que serán las que mas se realizaran en la fabrica y con las que se ha estimado nuestro estudio. Se suponemos que la empresa trabaja al 100% de su rendimiento para poder competir contra las mejores marcas del sector, proporcionando un producto de unas excelentes calidades con un equipo técnico con una solida experiencia en la fabricación de tablas.



### 10.1. UBICACIÓN

La empresa estará situada en el recinto Zona Franca de Cádiz, al sur de España, se trata de una nave de 200m<sup>2</sup>. Es una ubicación idónea debido al fácil acceso al encontrarse en la entrada de la ciudad. La Bahía de Cádiz cuenta con importantes y distintos medios para el transporte.

Que la empresa este ubicada en este recinto y localidad es algo estudiado, ya que Cádiz cuenta con una importante afición al surf, debido a que sus playas cuentan con spots muy importantes en el mundo de este deporte, por lo que es conveniente localizar dicha empresa en esta localidad costera.



## 10.2. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA

La empresa contara con un equipo tanto técnico como administrativo para realizar todas las labores correspondientes a llevar a cabo una producción excelente.

Se pueden dividir la empresa en tres áreas:

- **Fabricación** (3 turnos rotativos, mañana, tarde y noche)
- **Administración/Compras** (2 turnos de mañana y tarde)
- **Dirección:** director (propietario)

El personal de fabricación realizaran las siguientes tareas:

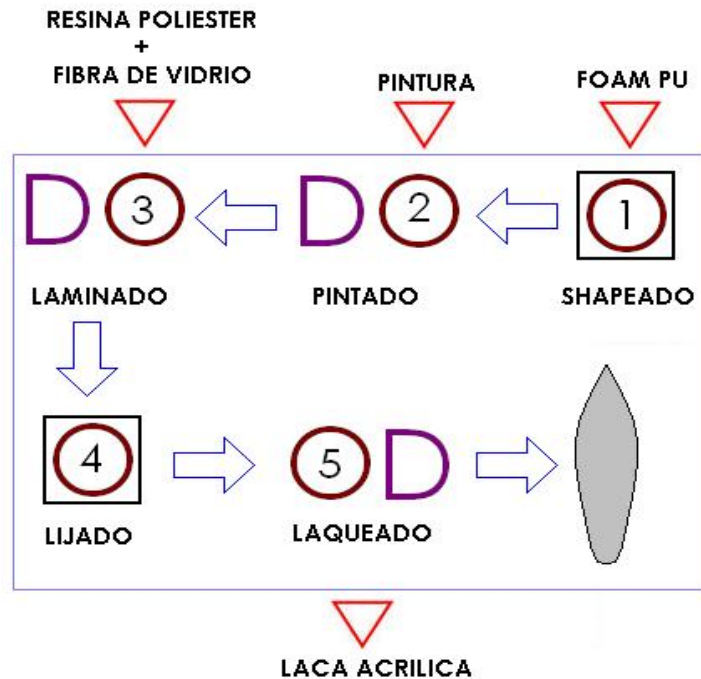
- Operario 1: Maquina Control numérico (Utilización y mantenimiento)
- Operario 2: Preshape
- Operario 3: Laminado
- Operario 4: Lijado
- Operario 5: Pintor (Este solo ira en turno de mañana para pintar las tablas que lo requiera, si fuera necesario aumentaríamos la plantilla con otro pintor mas en el turno de tarde.)

Para el personal de administración solo contaremos con una persona que llevara a cabo dos funciones:

- Administrativo: Se encargara de tomar nota a los pedidos de los clientes.
- Compras: Sera la encargada del aprovisionamiento del material y planificación.

### 10.3. DIAGRAMA DE FLUJO

A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso de fabricación de tablas de surf.



En la *tabla.7.*, adjunta se muestran los símbolos para describir las actividades del diagrama de flujo:

Símbolo	Definición
○	Operación
➡	Transporte
□	Inspección
▽	Stock
D	Demora

*Tabla. 7. Símbolos de las actividades del diagrama de flujo*



Se propone que en la fábrica de tablas de surf, la instalación física del diagrama de flujo sea la siguiente:

▪ **LAY-OUT**

La planta se distribuirá de la siguiente manera:

1. Zona de almacenaje materia prima
2. Zona de diseño
3. Zona pre-shape
4. Zona shape-rooms
5. Zona de mezcla
6. Zona de laminación
7. Zonas de curado
8. Zona de lijado
9. Cabina de pintado
10. Zona almacenaje de producto final.

**1. ZONA DE ALMACENAJE**

Zona destinada a la recepción del material y almacenamiento.

Esta zona estará destinada a la recepción del foam y almacenaje de este, este área se dispondrá de estanterías para colocar los foam de poliuretano que van llegando, la materia prima como la resinas o fibra de vidrio se guardaran en el almacén destinado para estas, ya que tienen que guardarse en unas condiciones adecuadas.

También se pueden almacenar material de seguridad en esta zona, aunque en cada zona de mezcla tengamos alguna cantidad para cualquier imprevisto rápido los operarios no tengan que ir hasta el almacén.

**2. ZONA DE DISEÑO**

Zona dedicada al diseño grafico y programación de la maquina CNC, que le dará la forma a la tabla según características del cliente.

Esta zona será la destinada a oficina, la cual estará dispuesta con todo el material de oficina necesario, 1 ordenador personal para el uso del personal administrativo, así como un segundo ordenador que se encargara de programar la maquina por control numérico o CNC. También se facilitara de una impresora para imprimir los logos.

La oficina se encontrara en la entrada de la instalación, por si algún cliente se presenta en la misma no tenga pasar por el taller.

La oficina dispondrá de una puerta secundaria que accederá directamente a la zona de preshape, para el operario que se encargue del diseño y de la manipulación de la maquina CNC tenga un acceso rápido a la misma.

Frente a la oficina se ubicarán los vestuarios, ataviados de aseos, duchas y taquillas individuales, para que los operarios se cambien y duchen al empezar y terminar su jornada laboral.

Si el personal de oficina quiere ir a alguna de las zonas destinadas a la fabricación deberá ir ataviado con los accesorios de seguridad apropiados, que serán facilitados a cada uno de ellos y deben utilizarlos si quieren ir a alguna zona del taller,

### **3. ZONA PRESHAPE**

Zona en la que se ubica la maquina CNC que se encarga del desbaste y de dar la forma aproximada a la espuma de poliuretano (foam), que usaremos como base para construir las tablas.

En esta zona se ubicara de la maquina por control numérico, CNC, esta maquina ocupa gran parte del habitáculo, en el que también se incluirá una mesa con un ordenador al lado de la maquina, para poder realizar algunas modificaciones, también se dispondrá de estanterías para colocar foam, tanto en bruto, para preshapearlo, como ya preshapeado esperando para ser recogido por el operario para ser afinado.

En esta zona hay que tener cuidado con la limpieza, ya que la maquina genera mucha suciedad cada vez que se usa.

#### 4. ZONA SHAPE-ROOMS

Zona en la que se afinará cada tabla a las medidas finales.

A esta zona vendrá la tabla una vez que la maquina de CNC le haya dado sus características y desbastado, el shaper le quitara a la tabla los canales realizados por la fresa para que esta quede lisa, este trabajo es muy importante ya que la tabla debe quedar perfecta, para ello se dispondrá de un par de caballetes en forma de U para apoyar la tabla a la altura de la cintura, se necesitaran unas barras de luz dispuestas a cada lado del shaper a la altura del pecho, con unas mamparas arriba para que la luz no cegué al operario y vaya directa a la tabla y este pueda ver los desperfectos. Encima de estas luces como pantalla se colocan unas estanterías de madera que hacen la función de estas, y donde se pueden apoyar los utensilios de trabajo.

El shaper tendrá que tener en esta zona y a mano, lijadoras, medidores de ángulo, cinta métrica, etc. Lo primero que se tiene que hacer es comprobar que la maquina ha hecho bien su trabajo, ya que debido al factor humano o por otros motivos ajenos al hombre puede fallar. También se deberá cortar, con la ayuda de una sierra de calar o serrucho, el sobrante de madera del alma, la maquina al desbastar el foam en bruto, deja desnuda la madera que antes cubría el foam desbastado y que la maquina no puede cortar, por tanto será el operario en el shaperoom el encargado de hacerlo.

Una vez comprobado se dispondrá a dejarla a punto para el laminado.

Materiales Shape-room
<b>Lijas</b>
<b>Calibrador para grosor</b>
<b>Medidor para ángulos</b>
<b>Cinta métrica</b>
<b>Lápices</b>
<b>Papel</b>
<b>Plantillas</b>

Utillaje Shape-room
Sierra de calar
Serrucho
Caballetes
Lijadora
Lijas

## 5. ZONA DE MEZCLA

Zona dedicada a la preparación de la pintura a aplicar y al mezclado correcto de las resinas.

Existirán dos zonas de mezcla y se encontraran contigua a la zona de laminación, cada zona de mezcla tendrá acceso a través de la zona de laminación, esta ubicación es debido a que los materiales necesitan ser utilizados casi a la vez de su mezcla, por ello tienen que estar si no en la misma zona de laminación lo mas cerca posible, el que se disponga de dos zonas de mezcla, es para cuando se aísle la zona de laminación para curar resina poliéster catalizada UV, se tenga una zona de mezcla en ese habitáculo.

En este almacén podrán encontrarse todos los compuestos necesarios para la laminación, resinas, parafina, catalizadores, etc., debidamente colocados y etiquetados para no dar lugar a equívocos, también deben de encontrarse los útiles necesarios para laminar, vasos de mezcla, agitadores, etc.

Los materiales de protección se encontraran en esta zona por si se rompen los de la zona de laminado: mascarar, guantes, monos de trabajo, etc.

Es en este almacén donde se tendrá que llevar a cabo la mezcla de sustancias, para que no se produzcan derrames y hacerlo de la forma mas segura posible, también se llevara a cabo la limpieza de los utensilios utilizados después de cada jornada de trabajo.

Los desechos se acumularán en los bidones adecuados, los cuales serán retirados por una empresa externa dedicada a tal fin. Si se realiza de esta forma, se evitaban extravíos y pérdidas de material por descuido, y así aumentamos el control sobre las materias primas.

Los logos también se pondrán en este punto, por tanto debemos disponer de ellos, impresos anteriormente

Enumeramos útiles y materiales que serán necesarios tener en la zona de curado:

Materiales mezcla
<b>Fibra vidrio</b>
<b>Resina poliéster</b>
<b>Resina epoxi</b>
<b>Acetona</b>
<b>Catalizadores</b>
<b>Gafas seguridad</b>
<b>Mascarilla</b>
<b>Guantes seguridad</b>
<b>Guantes de látex</b>
<b>Monos desechables</b>
<b>Parafina</b>
<b>Logos en papel Japón</b>

Útiles mezcla
Vasos para mezcla resina
Agitador
Mesa
Tijera
Caja herramientas (emergencia)

## 6. ZONA LAMINACIÓN

Existirán dos zonas de laminación contiguas, donde se laminaran las tablas mediante contacto manual, constara de 6 pares de caballetes en forma de U acolchadas donde se apoyaran las tablas para que puedan laminarse correctamente y con facilidad, los cuales estarán dispuestos uno al lado del otro. En los pies de cada par de caballete, se dispondrá, colgados en la pared el rollo de fibra de vidrio, uno para cada caballete, para que cuando se situé la tabla en su sitio sea sencillo la colocación la tela sobre la tabla, debajo de cada rollo ira una mesa de trabajo en la que se colocaran los utensilios necesario tanto para la aplicación de la resina, como para manipular la tela, se dispondrá también en cada mesa de unos guantes de seguridad y de látex para su correcta utilización según su uso y de demás accesorios necesarios para la seguridad o manufactura.

Existen dos zonas de laminado, se dividirán mediante unas puertas correderas dicha zona, una sería el habitáculo que queda a la izquierda el cual dispondrá de dos de los seis caballetes, y otra la contigua la cual dispondrá de cuatro caballetes, la de dos caballetes será destinada para laminar tablas con resina poliéster que catalice con UV, si se quisiera utilizar resina de ese tipo, se colocaran en dicha zona de manera adicional unas lámparas con fluorescentes UV para acelerar el curado y las tablas necesitan estar aisladas.

Contiguo a cada zona de laminación se encontraran dos zonas de mezcla, que ya hemos explicado anteriormente.

A continuación se detallan los útiles y materiales que se necesitaran:

Materiales laminación
Fibra de vidrio
Acetona
Foam afinado

Útiles laminación
Cúter
Tijera
Brochas planas
Juego de espátulas (squeegee)
Caballote

## 7. ZONA DE CURADO

Son necesarias dos zonas de curado según la resina que se utilice debido a que la resina de poliéster puede catalizar con rayos UV y la resina epoxi no, esta zona de curado no puede ser otra que la zona de laminación, ya que es en el mismo lugar en que se realiza la laminación donde se deja catalizar la resina, por tanto no se debe mover la tabla hasta que esto no se haya curado completamente.

## 8. ZONA DE LIJADO

Esta zona como su nombre indica esta destinada para lijar y dejar lista la tabla una vez laminada para dejarla acabada y lista para ser recogida por el cliente.

Es en esta zona donde se colocan los tapones y las quillas con la ayuda de una taladradora con broca de corona o una fresadora.

Se dispondrá de lijas de distintos tipos de granos para la lijadora, iremos aumentando el tamaño de grano a medida que se vaya avanzando en la operación de lijado para dejar un acabado excelente.

Para facilitar la retirada de la suciedad se hará uso de un compresor, para aspirar la suciedad generada en esta etapa, el polvo acumulado se aspirará una vez acabado el proceso para que este no se acumule, hay que tener muy presente este paso después de cada lijado para que no se produzca ningún accidente.

Se debe disponer de los siguientes útiles y materiales:

<b>Materiales lijado</b>
<b>Discos de Lija de distintos granos 400Grip a 600 Grip para lijado y 120Grip para pulido.</b>
<b>Crema de pulir</b>
<b>Laca acrílica</b>
<b>Brocas de corona</b>
<b>Papel de Lija para cantos</b>
<b>Tapones invento</b>
<b>Tapones quillas</b>
<b>Cajetín quilla longboard</b>
<b>Resina poliéster</b>
<b>Resina epoxi</b>
<b>Microesferas vidrio</b>



Utillaje lijado
Lijadora
Taladradora
Fresadora
Pulidora
Compresor
Aspirador
Caballote

## 9. CABINA DE PINTADO

En ella se pintara según especificaciones del cliente, aplicando la normativa de extracción de gases producidos.

Todos los clientes no quieren sus tablas pintadas, la mayoría son muy tradicionales y las prefieren blancas, no obstante si se pinta, se dispondrá de una zona destinada a tal fin.

La zona de pintado debe tener:

Materiales pintado
Pinturas acrílicas
Rotuladores especiales
Aerógrafo
Espray de colores
Cinta adhesiva
Lápiz
Papel
Caballote

## 10. ZONA ALMACENAJE

Zona destinada a colocar el material una vez se ha terminado, esperando que sea retirado por el cliente, también se podrá realizar la entrega a través de una empresa externa de transporte encargados de mandarlas a su destino.

Una vez acabado todo el proceso de fabricación y estando la tabla terminada, estas se colocan en estanterías con su correspondiente etiqueta con los datos del cliente, listas para ser entregadas.

\* En la siguiente tabla.8., se muestra la *leyenda de colores de la instalación*:

Color	Objeto	Color	Objeto
Azul	Mesa	Verde	Ordenador
Negro	Rollo fibra de vidrio	Amarillo	Maquina CNC
Rosa	Estantería almacenaje	Marrón	Caballote

#### **10.4. CONDICIONES ALMACENAMIENTO**

Es necesario garantizar unas condiciones que se han de llevar a cabo a consecuencia del laminado, como son las de presión, temperatura, humedad relativa, ventilación, etc.

Es importante dividir en estancias cada área de trabajo para minimizar los efectos de la contaminación y evitar así contaminaciones de productos residuales originados por la laminación.

Las zonas de almacenamiento deben cumplir unas premisas para que por ejemplo las fibras se mantengan limpias y libres de polvo, al mismo tiempo que deben ser protegidas de la humedad excesiva y lluvia.

Al igual se debe tener especial cuidado en el almacenamiento de las resinas, los depósitos en los que estas se encuentren deben estar equipados con sistemas que faciliten el volteo periódico de estos, se deben almacenar a una temperatura que no exceda de los 20°C, cuando la temperatura se encuentra por debajo de los 16°C, la resina se debe calentar antes de su uso, se le realizará un atemperamiento a esta resina no calentar directamente, lo que no se debe permitir nunca es que la resina baje su temperatura a 0°C..

Los catalizadores se deben almacenar en una temperatura fría, en una zona seca, limpia y bien ventilada. Se debe mantener una humedad ambiente entre 16°C y 25°C, para tener un control de la misma se deben instalar unos registradores de humedad (uno por cada 1200m<sup>2</sup>, para nuestra instalación con uno basta). No se deben permitir ni humos ni polvo en las zonas de laminado, prestando especial atención en las corrientes de aire para evitar una excesiva evaporación.

# ANEXO 1

## SEGURIDAD E HIGIENE

Se deben tener una series de precauciones debido a que en este proceso de fabricación se trabajaran con sustancias químicas peligrosas, por lo que es necesario realizar un estudio exhaustivo sobre los riesgos que conllevan el uso continuado de estas sustancias a los trabajadores, y sobre las acciones que se debe llevar a cabo en caso de que ocurra algún tipo de accidente.

Estas condiciones seguras requieren unas normas que hay que cumplir, estas son las siguientes:

- Los productos químicos en el proceso de laminación, solo pueden ser manipulados por operarios que conozcan los peligros que estos pueden acarrear para su salud, por tanto el operario debe estudiar los datos antes de usar los productos químicos.
- Debemos tener una zona destinada al laminado.
- Se debe hacer uso de los protectores adecuados, los operarios que trabajen en el proceso deben protegerse todas las partes del cuerpo que puedan estar expuestas a algún riesgo por los productos que se vayan a utilizar. Se deben de utilizar: mono de trabajo, guantes, botas de seguridad, gafas de seguridad, mascarillas para polvo y gases. Cada vez que un operario entre en alguna zona en la que haya que llevar algún tipo de atuendo de seguridad debe hacerlo.
- La zona de curado y lijado se realizara en un lugar con buena ventilación para favorecer la salida de los gases y partículas.
- Después de haber realizado cualquier manejo con productos o sustancia química, el operario tiene que lavarse la cara y las manos.
- La instalación de una ducha con lavajos para el caso que un operario tenga que hacerse un lavado de ojos.
- Queda terminantemente prohibido fumar, comer o beber en cualquier zona de la instalación, a excepción de la oficina, zonas de descanso y vestuarios.
- Los envases de productos químicos deben mantenerse cerrados, e mayor tiempo posible, para evitar una evaporación indeseada.

## **1. INFORMACION GENERAL DE LOS PRODUCTOS QUIMICOS.**

### **Fichas de Seguridad**

Cualquier producto químico que interviene en el proceso de fabricación, originan un cierto riesgo para la salud, por ello todas las personas implicadas en el proceso, tanto operarios como jefes, deben conocer el riesgo que estos productos tienen para la salud.

Lo ideal es tener un plan de prevención, para poder prevenir cualquier tipo de situación no deseada debida a el uso de estos productos, en el caso de que se produzca cualquier tipo de accidente o situación peligrosa, hay que saber como abordar dicho peligro para que nadie resulte dañado.

Se debe tener a disposición de cualquier persona implicada en la fabricación, toda la información relativa a los productos químicos, en este apartado se desarrollara toda esa información necesaria de cada producto a utilizar de la manera mas detallada posible con sus correspondientes fichas técnicas conforme a la directiva 91/155/CEE.

Los productos que intervienen en el proceso de fabricación, y que se definen como peligrosos son:

1. Acetona
2. Fibra de vidrio
3. Resina poliéster
4. Resina epoxi
5. Peróxido de MEK

Es cierto que existen mas sustancias que intervienen en el proceso, pero al no considerarse peligrosas o que se usan en cantidades mínimas, no supone un riesgo para la salud por lo que no se considera importante detallar sus fichas técnicas.

## **1. ACETONA**

### **1.1. Identificación del producto**

Nombre: Etil-metil-cetona

Fórmula química:  $\text{CH}_3\text{-CO-CH}_3$

Peso molecular: 58

Estado físico: Líquido

### **1.2. Información de composición del producto**

99'5% Acetona

### **1.3. Identificación de riesgos**

La acetona es un líquido fácilmente inflamable cuyos vapores son más densos que el aire, extendiéndose a ras de suelo con riesgo de ignición en punto distante.

Las mezclas de vapor / aire pueden generar explosión.

Los vapores irritan los ojos y las vías respiratorias.

La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

### **1.4. Información de primeros auxilios**

- Contacto con la piel:

En caso de contacto con la piel, lávese inmediata y abundantemente con agua y jabón al menos durante 20 minutos.

Quitarse la ropa manchada de producto.

- Ojos:

Lavar con agua abundantemente al menos durante 15 minutos.

Quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad.

- *Inhalación:*

Sacar al accidentado al aire libre.

En caso de asfixia, administrar oxígeno.

Si falla la respiración aplicar respiración artificial.

Recibir inmediatamente atención médica.

- *Ingestión:*

Lavado gástrico.

Avisar al Médico.

### **1.5. Medidas de lucha contra incendios**

- *Medios de extinción adecuados:*

Polvo químico seco en caso de fuegos pequeños.

En grandes fuegos se puede diluir con agua a niebla para atacar luego al fuego con espuma antialcohol.

Situarse en dirección contraria al viento.

- *Riesgos de exposición a los gases de la combustión:*

Debe evitarse la exposición a los gases de combustión.

*Equipo de protección para la lucha contra incendios:*

Utilizar equipo de respiración durante las operaciones de extinción.

### **1.6. Medidas en caso de vertido accidental**

- *Precauciones individuales:*

Prevención de contacto con la piel y los ojos.

Evitar la inhalación de los vapores.

Suficiente ventilación.

Eliminar las fuentes de inflamación cercanas.



- Precauciones para la protección del medio ambiente:

Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales y subterráneas.

- Métodos de limpieza:

Utilización de material absorbente, arena, tierra, serrín, etc. y terminar de limpiar la zona con gran cantidad de agua.

## **1.7. Manipulación y almacenamiento**

- Manipulación:

La Acetona es un líquido altamente inflamable y sus vapores pueden formar mezclas explosivas con el aire.

Alejar de toda fuente de ignición.

Evitar el contacto con la piel pues pueden aparecer problemas de engrasado que darían lugar a una menor defensa de la piel ante posibles infecciones.

Durante su manejo utilizar ropa protectora adecuada (de PVC o Neopreno), así como gafas de seguridad.

Es necesario mantener una buena ventilación en las áreas de trabajo, para mantener la concentración de vapor de acetona por debajo de su TLV.

- Almacenamiento:

La acetona ha de ser almacenada en áreas clasificadas fuera del alcance de cualquier tipo de ignición y manejada con equipos antideflagrantes.

Almacenar la acetona en recipientes libres de oxígeno.

Evitar el contacto con materiales oxidantes, ácidos y cloroformo.

- Materiales adecuados:

Tanques: Acero al carbono.

Mangueras: Polipropileno.

Juntas: Polipropileno.

Válvulas: Acero al carbono con elementos internos de acero inoxidable.

### **1.8. Controles de exposición y protección personal**

- Valores límites de la exposición:

VLA-ED: 500 ppm (INST. 2001)

TLV: 500 ppm. (ACGIH 2001)

TLV-STEL: 750 ppm. (ACGIH 2001)

IPVS: 2.500 ppm.

- Protección respiratoria:

En atmósferas donde exista Acetona, se utilizarán equipos de protección respiratoria de aire comprimido, con visor que cubra toda la cara.

- Protección de las manos:

Guantes de neopreno o PVC.

- Protección de los ojos:

Gafas protectoras o protección facial.

- Protección cutánea:

Traje resistente a las salpicaduras e impermeable y botas de caucho.

### 1.9. Propiedades físicas y químicas

Estado Físico:	Líquido.
Color	Incoloro
Olor	Picante, dulce y penetrante
Punto ebullición	56,2°C
Punto fusión	-95,3°C
Densidad	0.791 g/c.c. (a 20 °C)
Densidad de vapor	2 (aire=1)
Presión de vapor	226,3 mm Hg (a 25 °C)
Solubilidad	Completa en agua en todas proporciones
Tª de autoinflamación	537°C
Límites de inflamabilidad	Superior: 12,8% - Inferior: 2,6%
Inflamabilidad	-17,8°C

### 1.10. Estabilidad y reactividad

Evitar reacciones con materiales oxidantes, ácidos y cloroformo.

### 1.11. Información toxicológica

El contacto con el líquido o altas concentraciones de vapores, pueden causar irritación en la piel, mucosas, ojos y vías respiratorias. Sus vapores a altas concentraciones producen efectos narcóticos.

- Oral:

DL50 (rata): 5.800 mg/Kg.

DL50 (ratón): 3.000 mg/Kg.

DL50 (conejo): 3.940 mg/Kg.

- Inhalación:

CL50 (rata) 16.000 ppm (4 h).

- Contacto:

Ojos: Conjuntivitis, irritación de ojos.

Piel: Irritación, eczema.

Inhalación: Irritación de ojos, nariz, garganta. Dolor de cabeza, obnubilación, náuseas, síntomas de narcosis.

Ingestión: Irritación gastroenterítica y narcosis.

#### **1.12. Información ecológica**

- *Ecotoxicidad:*

Tóxico para organismos acuáticos.

Toxicidad para los peces: *Leuciscus idus* CL50: 7505 mg/l;

Artrópodos: *Daphnia magna* CL50: 12100 mg/l/48 horas.

- *Movilidad:*

Reparto: log P(oct): -0.24

- *Persistencia y degradabilidad:*

Degradabilidad: BOD5: 1.76 g/g; ThOD: 2.2 mg/l.

No deberían esperarse problemas ecológicos si se manipula el producto de manera apropiada.

- *Potencial de bioacumulación:*

Potencial bioacumulativo bajo.

- *Otros efectos nocivos:*

No deberían esperarse problemas ecológicos si se manipula el producto de manera apropiada.

#### **1.13. Consideraciones sobre la eliminación**

En caso de derrame, contenerlo y recogerlo mediante el empleo de material absorbente.

Eliminar todas las fuentes de ignición de las proximidades del derrame.

#### **1.14. Información reglamentaria**

SIMBOLO CE:

F; Fácilmente Inflamable.

Xi; Irritante

*Frases R:*

R11: Fácilmente Inflamable.

R36: Irrita los ojos.

R66: La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.

R67: La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.

*Frases S:*

S9: Consérvese el recipiente en lugar bien ventilado.

S16: Protéjase de fuentes de ignición. No fumar.

S26: En caso de contacto con los ojos lávese inmediata y abundantemente con agua y acúdase a un médico.

## **2. FIBRA DE VIDRIO**

### **2.1. Identificación del producto**

Fibras de vidrio: MAT, Spray rovings, Direct rovings, Woven rovings, Complex, Velos, Mallas.

### **2.2. Información de composición del producto**

Fibra de filamentos continuos de vidrio E 90% peso (min.)

Polímeros orgánicos < 3% en peso

Mezcla ligante (silanos y polímeros) 9.5% peso

### **2.3. Identificación de riesgos**

El producto es estable y no inflamable bajo condiciones industriales normales.

La exposición continua a filamentos de fibra de vidrio puede ocasionar irritación en la piel y, en menor medida, irritación en ojos, nariz o garganta.

### **2.4. Información de primeros auxilios**

- Contacto con la piel:

Lavar con agua corriente y jabón.

- Ojos:

Lavar los ojos con abundante agua corriente (durante 15 minutos), si es necesario acudir al oftalmólogo.

- Inhalación:

Si persiste la irritación, solicitar atención médica.

- Ingestión:

Consultar al médico.

## **2.5. Medidas de lucha contra incendios**

- Medios de extinción adecuados:

Material no inflamable.

- Riesgos de exposición a los gases de la combustión:

En fuegos de grandes dimensiones, los productos de ensamaje pueden liberar productos peligrosos por combustión. En cualquier caso, la mayor parte del producto es vidrio no inflamable.

- Equipo de protección para la lucha contra incendios:

En fuegos de grandes dimensiones, se recomienda el uso de equipos de respiración.

## **2.6. Medidas en caso de vertido accidental**

- Precauciones individuales:

No necesita.

- Precauciones para la protección del medio ambiente:

No aplicable.

- Métodos de limpieza:

No aplicable.

## **2.7. Manipulación y almacenamiento**

- Manipulación:

No se requieren medidas especiales.

- Almacenamiento:

No se requieren medidas especiales.

## **2.8. Controles de exposición y protección personal**

- Información para la configuración de plantas técnicas:

No se necesitan medidas especiales.

- Componentes con valores límites de exposición en el lugar de trabajo:  
Ninguno.
- Protección de las manos:  
Guantes de protección adecuados pueden reducir la irritación de piel.
- Protección de los ojos:  
Gafas de protección.
- Protección cutánea:  
Utilizar ropa de trabajo cerrada y ajustada al cuello y cintura.
- Protección respiratoria:  
No son normalmente requeridas, pueden ser utilizadas por conveniencia cuando el lugar de trabajo no disponga de ventilación.

## 2.9. Propiedades físicas y químicas

Estado físico	Sólido
Olor	Inodoro
Color	Blanco-amarillento a blanco
T	56,2 °C
Punto de fluidez	No aplicable
Punto de destello	No aplicable
Solubilidad	Insoluble en aguas y grasas

## 2.10. Estabilidad y reactividad

- Condiciones a evitar:  
No conocidas
- Materias a evitar:  
No conocidas
- Productos de descomposición peligrosos:  
En fuegos importantes, algunos polímeros orgánicos pueden descomponerse liberando productos de combustión peligrosos.



### **2.11. Información toxicológica**

No aplicable

### **2.12. Información ecológica**

En base a los componentes contenidos en el producto y/o a sustancias estructuralmente semejantes pueden estimarse los siguientes datos ecológicos.

- Persistencia y degradabilidad:

La fibra de vidrio es considerada como residuo sólido inerte no requiriendo procedimientos de recogida de residuos peligrosos.

- Toxicidad en aguas:

La fibra de vidrio es un sólido inerte insoluble en agua.

### **2.13. Consideraciones sobre la eliminación**

Eliminación de residuos sólidos de acuerdo a las regulaciones locales.

### **2.14. Información relativa al transporte**

No es material peligroso para el transporte según RID/ADR,GGVS/GGVE, ADN, IMDG, ICAO – TI/IATA- DGR.

### **2.15. Información reglamentaria**

Clasificación y etiquetado de acuerdo con el Reglamento sobre Clasificación, Envasado y Etiquetado de Preparados Peligrosos:

*Pictogramas:*

No está sujeto a las normas de identificación

*Frases R:* No aplicable

*Frases S:* No aplicable

### 3. RESINA DE POLIÉSTER

#### 3.1. Identificación del producto

Nombre: Resina de poliéster disuelta en estireno

Descripción química: Gel de resina isoftálica

#### 3.2. Información de composición del producto

Sustancia/preparado: Preparado

SUSTANCIA	COMPOSICION
Estireno monómero	17-27%
Tolueno (M-Cobalto 6%T)	0-0,6%

#### 3.3. Identificación de riesgos

La preparación está clasificada como sustancia peligrosa conforme ala Directiva 1999/45/EC y sus enmiendas.

· Clasificación:

Nocivo

· Inflamable:

Nocivo por inhalación

Irrita los ojos y la piel

· Efectos y síntomas:

*Inhalación*

Peligroso en caso de inhalación.

· Contacto con la piel:

Peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante).

La inflamación de la piel se caracteriza por la comezón, escamadura, enrojecimiento o producción ocasional de ampollas.

· Contacto con los ojos:

Peligroso en caso del contacto con los ojos (irritante).

· Órganos destino:

Contiene material que causa daño a los órganos siguientes: riñones, pulmones, el sistema reproductor, hígado, sistema respiratorio, piel, Sistema Nervioso Central (SNC), ojo, cristalino o cornea.

No causa daño a los órganos siguientes: suprarrenales.

### **3.4. Información de primeros auxilios**

· Contacto con la piel:

En caso de contacto, enjuague la piel inmediatamente con agua abundante.

Cubrir la piel irritada con un emoliente.

Quítese la ropa y calzado contaminados.

Lave la ropa antes de volverla a usar.

Limpie completamente los zapatos antes de volverlos a usar.

Obtenga atención médica.

· Ojos:

Verificar si la víctima lleva lentes de contacto y en este caso, retirárselas.

En caso de contacto, lave los ojos inmediatamente con mucho agua durante por lo menos 15 minutos.

Obtenga atención médica.

· Inhalación:

Si ha habido inhalación, trasladar al aire libre.

Si no respira, efectúe la respiración artificial. Si le cuesta respirar, suministrar oxígeno.

Obtenga atención médica.

· Ingestión:

No induzca al vómito a menos que lo indique expresamente el personal médico.

Nunca administre nada por la boca a una persona inconsciente.

Aflojar todo lo que pudiera estar apretado, como el cuello de una camisa, una corbata, un cinturón.

Consiga asistencia médica si aparecen los síntomas.

### **3.5. Medidas de lucha contra incendios**

- Medios de extinción adecuados:

*Incendio pequeño:*

Usar polvo químico seco o CO<sub>2</sub>.

*Gran incendio:*

Utilizar agua pulverizada o niebla de agua.

Nunca dirigir el chorro de agua directamente en el contenedor o recipiente para prevenir toda salpicadura del producto que pudiera provocar una propagación del incendio.

Enfriar los contenedores con un chorro de agua para evitar la sobrepresión, la autoinflamación o la explosión.

- Productos peligrosos de descomposición térmica:

Estos productos son óxidos de carbono (CO, CO<sub>2</sub>) y agua.

*Protección de bomberos:*

Los bomberos deben usar aparatos respiradores autónomos y equipo completo contra incendios.

### **3.6. Medidas en caso de vertido accidental**

- Precauciones individuales:

Lentes antisalpicaduras.

Ropa de protección completa.

Aparato de respiración antivapores.

Botas.

Guantes.

Un aparato de respiración autónomo debería ser utilizado para evitar cualquier inhalación del producto.

Las ropas de protección sugeridas podrían no asegurar una protección suficiente; consultar a un especialista antes de tocar este producto.

· *Precauciones para la protección del medio ambiente:*

Conservar alejado del calor.

Conservar a distancia de toda fuente de métodos de limpieza ignición.

Detener la fuga si esto no presenta ningún riesgo.

· *Métodos de limpieza:*

Absorber con tierra, arena o con algún otro material no combustible seco.

Impedir la entrada en las alcantarillas, los sótanos u otros lugares cerrados; hacer lo necesario para derivar la corriente del producto vertido si hay posibilidad.

Pedir ayuda para la eliminación.

### **3.7. Manipulación y almacenamiento**

· *Manipulación:*

Consérvese bajo llave.

Conservar alejado del calor.

Conservar a distancia de toda fuente de ignición.

Poner a tierra todo el equipo que contiene material.

No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles.

En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.

Si se ingiere, consultar inmediatamente a un médico y mostrarle el embalaje o la etiqueta.

Evítese el contacto con los ojos y la piel.

Conservar a distancia de materiales incompatibles tales como agentes oxidantes.

· Almacenamiento:

Almacene en un área separada y aprobada.

Mantenga el contenedor en un área fresca y bien ventilada.

Mantenga el contenedor bien cerrado y sellado hasta el momento de usarlo.

Evitar todas las fuentes posibles de encendido (chispa o llama).

### **3.8. Controles de exposición y protección personal**

· Medidas técnicas:

Asegure la ventilación exhaustiva u otros controles de ingeniería que mantengan las concentraciones del aire de vapores por debajo del límite de exposición laboral correspondiente.

Compruebe la proximidad de una ducha ocular y de una ducha de seguridad en el lugar de trabajo.

· Medidas higiénicas:

Lávese las manos, los antebrazos y la cara completamente después de manejar los compuestos y antes de comer, fumar, utilizar los lavabos y al final del día.

· Equipo de protección personal:

*Sistema respiratorio:* Portar un aparato de respiración apropiado cuando el sistema de ventilación sea inadecuado. Aparato de respiración antivapores.

· Piel y cuerpo:

Bata de laboratorio

· Manos:

Guantes impermeables.

· Ojos:

Lentes antisalpicaduras.

### 3.9. Propiedades físicas y químicas

Estado Físico:	Líquido.
Olor	Acre
Umbral olor	El valor conocido más bajo es 0.1 ppm (Estireno)
Punto ebullición	El valor conocido más bajo es 145 °C (293 °F)(Estireno)
Punto fusión	Puede comenzar a solidificarse en -30 °C (-23 °F) basado en los datos del estireno.
Densidad	1.1 a 1.2 g/cm <sup>3</sup> 25 °C / 77 °F)
Densidad de vapor	3.6 (Aire=1)
Presión de vapor	0.6 kPa (4.5 mm Hg) (a 20 °C)
Índice de evaporación	>1 comparado con Acetato de butilo
Solubilidad	Insoluble en agua fría
T <sup>a</sup> de inflamabilidad	Crisol cerrado: Entre 23 °C (73 °F) y 37.8 °C(100 °F) (Setaflash)
T <sup>a</sup> de autoignición	El valor conocido más bajo es 489.9°C (913 °F)(Estireno)
Límites de explosión	El rango más alto conocido es PUNTO MÍNIMO: 1.1% PUNTO MÁXIMO: 8% (Estireno)

### 3.10. Estabilidad y reactividad

· Estabilidad:

El producto es estable.

· Condiciones que deben evitarse:

Exposición al calor, la luz directa del sol, de luz UV, etc.

· Materiales que deben evitarse:

Reactivo con agentes oxidantes.

Ligeramente reactivo con ácidos, los álcalis. (Reacción exotérmica);

Reacciona violentamente con: peróxidos.

Productos de descomposición peligrosos: Estos productos son óxidos de carbono (CO, CO<sub>2</sub>) y agua.

### 3.11. Información toxicológica

#### Toxicidad aguda

Sustancia	Prueba	Resultado	Ruta	Especies
Estireno	DL50	2650 mg/Kg	Oral	Rata
	DL50	316 mg/Kg	Oral	Ratón
	DL50	1500 mg/Kg	Oral	Mamífero
	CL50	12000 mg/m <sup>3</sup>	Inhalación	Rata

Toxicidad crónica: La exposición repetida a un producto altamente tóxico puede provocar un deterioro general del estado de salud debido a una acumulación en uno o varios órganos humanos.

#### Efectos locales:

Irritación de la piel: Peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante).

Irritación ocular: Peligroso en caso de contacto con los ojos (irritante).

#### Efectos específicos:

Efectos cancerígenos:

Clasificado. 2B (Posible para el hombre) según IARC [Estireno].

Clasificado. A4 (No puede ser clasificado para el hombre o los animales.) según ACGIH [Estireno].

Efectos teratógenos: No disponible.



### 3.12. Información ecológica

Sustancia	Especies	Período	Resultado
Estireno	Selenastrum capricornutum (EC50)	48 horas	0.56 mg/l
	Daphnia magn (EC50)	48 horas	4.7mg/l
	Pimephales promelas(CL50)	96 horas	4.02 mg/l
	Pimephales promelas (CL50)	96 horas	10 mg/l
	Lepomis macrochirus (CL50)	96 horas	25.05 mg/l
	Pimephales promelas (CL50)	96 horas	29 mg/l

### 3.13. Consideraciones sobre la eliminación

· Métodos de eliminación:

Los desperdicios deben ser desechados de acuerdo con las regulaciones federales; estatales y de control ambiental local.

· Residuos Peligrosos:

La clasificación del producto puede cumplir los criterios correspondientes a los residuos peligrosos.

### 3.14. Información relativa al transporte

#### Reglamento internacional de transporte

Tierra – Carretera/Ferrocarril

Número ONU: 1866

Nombre de envío adecuado: RESINA DE POLIÉSTER ISOFTÁLICA

Clase ADR/RID: 3

Grupo de envasado : III

Etiqueta Peligro: INFLAMABLE (3)

Otra información: **Número de identificación de peligro 30**

Disposiciones particulares para el transporte: 640E

*Mar*

Número ONU: 1866

Nombre de envío adecuado: RESINA DE POLIÉSTER ISOFTÁLICA

Clase IMDG: 3

Grupo de envasado : III

Etiqueta Peligro: INFLAMABLE (3)

Otra información: **Planes de emergencia (“EmS”) 3-05**

### **3.15. Información reglamentaria**

#### **Reglamento de la UE**

*Símbolo(s) de peligro(s):* Nocivo

*Frases de riesgo(R):*

R10: Inflamable

R20: Nocivo por inhalación.

R36/38: Irrita los ojos y la piel.

*Frases de seguridad(S):*

S16: Conservar alejado de toda llama o fuente de chispas – No fumar.

S23: No respirar Los vapores.

S33: Evítese la acumulación de cargas electroestáticas.

S51: Úsese únicamente en lugares bien ventilados.

Contiene: Estireno

Uso del producto:

La clasificación y el etiquetado se han realizado de acuerdo con las normativas 67/548/EEC y 1999/45/EC de la UE, incluidas las enmiendas correspondientes y la información relativa al uso previsto. Aplicaciones industriales.

## 4. RESINA EPOXI

### 4.1. Identificación del producto

Nombre: Resina epóxica

Descripción química: Resina epoxi modificada y con carga

### 4.2. Información de composición del producto

Sustancia/preparado: Preparado

SUSTANCIA	COMPOSICION
Bisfenol-A=epiclorhidrina	>40%
Plastificante	>10%

### 4.3. Identificación de riesgos

Xi: Irritante

N: Peligroso para el medio ambiente

- Peligros para el hombre:

Irrita los ojos y la piel.

Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

- Peligros para medio ambiente:

Toxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

### 4.4. Primeros auxilios

- Instrucciones generales:

Facilitar siempre al medico la hoja de datos de seguridad.

- En caso de inhalación:

Si se sienten molestias, acudir al medico.

- En caso de contacto con la piel:

Lavar la zona afectada inmediatamente con agua y jabón.

Si persisten los síntomas de irritación, acudir al médico.

- En caso de contacto con los ojos:

Lavar los ojos inmediatamente con agua abundante durante 15 minutos.

Acudir inmediatamente al médico.

- En caso de ingestión:

No provocar el vómito.

Requerir inmediatamente ayuda médica.

#### **4.5. Medidas de lucha contra incendios**

- Medidas de extinción adecuadas:

Compatible con todos los agentes extintores habituales.

Riesgos específicos que resultan de la exposición a la sustancia, sus productos de combustión y gases producidos.

- En caso de incendio puede desprenderse:

Monóxido de carbono (CO)

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)

Óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>)

- Indicaciones adicionales:

Los restos del incendio así como el agua de extinción contaminada, deben eliminarse según las normas locales en vigor.

El agua de extinción debe recogerse por separado, no debe penetrar en el alcantarillado.

#### **4.6. Medidas a tomar en caso de vertido accidental**

- Precauciones individuales:

Levar ropa de protección suficiente.

Uso de protección respiratoria.

- Medidas de protección del medio ambiente:

Evitar que penetre en el alcantarillado o aguas superficiales.

En caso de penetración en cursos de agua, el suelo o desagües, avisar a las autoridades competentes.

- Método de limpieza:

Recoger con material absorbente.

#### **4.7. Manipulación y almacenamiento.**

- Manipulación:

Consérvese bajo llave. Conservar alejado del calor.

Conservar a distancia de toda fuente de ignición.

Poner a tierra todo el equipo que contiene material.

No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles.

En caso de ventilación insuficiente, úsese equipo respiratorio adecuado.

Si se ingiere, consultar inmediatamente a un médico y mostrarle el embalaje o la etiqueta.

Evítese el contacto con los ojos y la piel.

Conservar a distancia de materiales incompatibles tales como agentes oxidantes.

- Almacenamiento:

Almacene en un área separada y aprobada.

Mantenga el contenedor en un área fresca y bien ventilada.

Mantenga el contenedor bien cerrado y sellado hasta el momento de usarlo.

Evitar todas las fuentes posibles de encendido (chispa o llama).

#### 4.8. Controles de exposición y protección personal

· Medidas técnicas:

Asegurar una exhaustiva ventilación u otro control de ingeniería que mantengan las concentraciones del aire de vapores por debajo del límite de exposición laboral correspondiente.

Compruebe la proximidad de una ducha ocular y de una ducha de seguridad en el lugar de trabajo.

· Medidas higiénicas:

Lávese las manos, los antebrazos y la cara completamente después de manejar los compuestos y antes de comer, fumar, utilizar los lavabos y al final del día.

#### 4.9. Propiedades físicas o químicas

Estado Físico	Pastoso
Color	Gris
Densidad(a 20°C)	1,35 g/cm <sup>3</sup>
Presión de vapor(a 20°C)	0,2 hPa
Solubilidad	4%
PH	No aplicable
Punto inflamación	112°C
T <sup>a</sup> de autoinflamación	500°C

#### 4.10. Estabilidad y reactividad

- Estabilidad:

El producto es estable.

- Condiciones que deben evitarse:

Exposición al calor, la luz directa del sol, de luz UV, etc.

- Materiales que deben evitarse:

Reactivo con agentes oxidantes.

Ligeramente reactivo con ácidos, los álcalis. (Reacción exotérmica);

Reacciona violentamente con: peróxidos.

Productos de descomposición peligrosos: Estos productos son óxidos de carbono (CO, CO<sub>2</sub>) y agua.

#### 4.11. Información toxicológica

*Experiencia sobre personas:*

- Contacto con la piel:

Irritación

- Contacto con los ojos:

Irritación

- Inhalación:

Irritación

- Ingestión:

Una pequeña cantidad causa perturbaciones considerables en la salud.

#### **4.12. Información ecológica**

· *Indicaciones adicionales*

No intentar limpiar los bidones usados, ya que los residuos son difíciles de eliminar. La eliminación se llevara a cabo en vertederos controlados o por incineración.

No es biodegradable, evitar vertido al alcantarillado.

Evitar el vertido en las plantas residuales ya que pueden provocar la destrucción de los microorganismos.

· *Instrucciones generales:*

Los establecimientos y empresas que se dediquen a la recuperación, eliminación, recogida o transporte de residuos, deberán cumplir las disposiciones locales, regionales, autonómicas y nacionales en vigor.

#### **4.13. Información relativa al transporte**

##### **Reglamento internacional de transporte**

Transporte terrestre ADR/RID:

Clase ADR/RID: 9

Cifra:

Letra:

Grupo de embalaje: III

Número UN: 3082

Denominación de transporte: Sustancia líquida potencialmente peligrosa para el medio ambiente, n.e.p. (resina epoxi).

Transporte marítimo IMO:

Clase IMO: 9

Número UN: 3082

Grupo de embalaje: III

Número EMS:

MFAG:



Contaminante marino: No

Observaciones: ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS

Transporte aéreo ICAO/IATA:

Clase ICAO/IATA: 9

Número UN: 3082

Grupo de embalaje: III

Observaciones: ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS

#### **4.14. Información reglamentaria**

El producto está clasificado de acuerdo a la última versión vigente del procedimiento de cálculo de las directrices para preparaciones de la CEE.

*Símbolo peligro/nocivo*

Xi: Irritante

N: Peligroso para el medio ambiente

*Frases R:*

R36/38: irrita los ojos y la piel

R43: Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.

R51/53: Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

*Frases S*

S24: Evítese el contacto con la piel.

S37: Úsese guantes adecuados.

## 5. PERÓXIDO DE METILCETONA

### 5.1. Identificación del producto

Nombre: Peróxido de metiletilcetona (MEC)

Formula química:  $C_4H_8O_3$

Peso molecular: 104

### 5.2. Información de composición del producto

SUSTANCIA	COMPOSICION
Peróxido de 2-butanona	35-45%
Ftalato de di-isobutilo	45-50%
4-hidroxi-4-metilpentan-2-ona	10-15%
Butanona (Metil etil cetona)	<1%
Peróxido de hidrogeno	<5%

### 5.3. Identificación de riesgos

Puede originar fuego.

Nocivo por ingestión.

Corrosivo para la piel y los ojos.

Muy toxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo efectos negativos en el medio ambiente.

### 5.4. Información de primeros auxilios

· Contacto con la piel:

Quitar las ropas contaminadas y lavarlas para evitar el riesgo de incendio.

Lavar la piel con agua y jabón abundantes.

Solicitar atención médica si es necesaria.

· Ojos:

Lavar inmediatamente con gran cantidad de agua.

Quitar las lentes de contacto si puede hacerse fácilmente.

Solicitar atención médica si persiste la irritación de los ojos.

· Inhalación:

Trasladar al lesionado a una zona ventilada y mantenerlo quieto y abrigado.

Si no respira, practicarle la respiración artificial.

Solicitar atención médica si es necesaria.

· Ingestión:

Limpiar la boca y dar de beber agua abundante o leche si el accidentado está consciente.

Mantenerlo abrigado y quieto.

No provocar el vomito.

Solicitar atención médica inmediatamente.

## **5.5. Medidas de lucha contra incendios**

· Riesgos especiales de incendio:

Arde violentamente.

En caso de fuego circundante puede descomponerse originando gases inflamables.

Riesgo de explosión en los envases cerrados debido a la sobrepresión.

· Medios de extinción adecuados:

Aguas pulverizada.

Espuma.

Polvo seco (para pequeños fuegos).

- *Equipos de protección para la lucha contraincendios:*

Utilizar equipo completo de protección química (goma o PVC), incluidas botas y equipo de respiración autónomo.

- *Otras recomendaciones:*

En el caso de descomposición sin llamas existe riesgo de explosión debido a la mezcla gas / aire.

## **5.6. Medidas en caso de vertido accidental**

- *Precauciones individuales:*

Evitar contacto con el producto.

Utilizar equipo de protección

- *Precauciones para la protección del medio ambiente:*

Aislar el área, alejar al personal no necesario.

Suprimir todas las posibles fuentes de ignición y retirar los materiales inflamables.

Evitar que el derrame fluya al acantilado, a los sótanos o fosos, y a los cauces de agua.

- *Derrames:*

Si puede realizarse con seguridad, cortar la pérdida, embeberlo con un material inerte (arena limpia o vermiculita).

## **5.7. Manipulación y almacenamiento**

- *Manipulación:*

Mantener el producto alejado de las fuentes de calor y de las sustancias que pueden causar su descomposición.

Evitar su contaminación.

No retornar el producto sobrante a sus envases originales (incluso las muestras).

Evitar el contacto con los ojos y la piel.

Durante la manipulación utilizar el equipo de protección personal.

Dotar a las instalaciones con lavaojos y duchas de emergencia.

· Almacenamiento:

El producto debe almacenarse en los recipientes en que se suministra, cerrados y a temperatura inferior a 30 °C. Evitar la luz solar directa.

Almacenar separado de otros productos peligrosos. Los lugares de almacenamiento no deben utilizarse como zonas de mezclas o reacción.

· Materiales adecuados:

Acero inoxidable I304 o I316

Polietileno de alta densidad.

## **5.8. Controles de exposición y protección personal**

· Valores límites de la exposición:

TLV-C: 0.2 ppm / 1.5 mg/m<sup>3</sup>

MAK: SIN VALORES

Utilizar protección respiratoria si se detecta la presencia de vapores del peróxido en la atmósfera.

Como medidas generales de protección e higiene no comer, beber ni fumar mientras se manipula el producto.

· Protección de las manos:

Guantes de PVC, neopreno, nitrilo o goma natural. No utilizar cuero o algodón debido al riesgo de incendio.

· Protección de los ojos:

Utilizar gafas de seguridad o pantalla facial.

### 5.9. Propiedades físicas y químicas

Aspecto	Líquido
Olor	Picante, parecido a la acetona
Color	Incoloro
Temperatura ebullición	Descompone a >60°C
Temperatura inflamación	52°C
Temperatura autoignición	Descompone >60°C
Límites inflamabilidad en el aire	Descompone >60°C
Propiedades oxidantes	Oxidante energético
Presión de vapor (20°C)	No determina
Densidad (20°C)	1,062 g/cm <sup>3</sup>
Solubilidad en agua	Insoluble en agua
Viscosidad	13,69 Cp
Temperatura de autodescomposición	Descompone >60°C

### 5.10. Estabilidad y reactividad

- Estabilidad:

Producto inestable, sensible a la contaminación y a la temperatura.

En las condiciones de almacenamiento su velocidad de descomposición es muy lenta.

La descomposición autoacelerada comienza por encima de 60 °C.

- Condiciones a evitar:

El calor, la luz solar directa y la contaminación.

Temperaturas superiores a los 30 °C.

- Materiales incompatibles:

Aceleradores.

Ácidos fuertes, bases, sales de metales pesados y agentes reductores.

*Productos de descomposición:*

Se producen gases inflamables y tóxicos.

#### **5.11. Información toxicológica**

- Oral

LD50 > 1.017 mg/Kg. (rata)

- Inhalación:

LC50 = 17 mg/l (rata, 4 horas)

- Contacto piel:

LD50 /Dérmica = 4.000 mg/Kg (rata)

- Contacto ojos:

Corrosivo para los ojos

- Sensibilización:

No se conocen casos.

- Carcinogenicidad:

El producto no está reconocido como carcinógeno ni mutagénico por los organismos oficiales ni por los institutos de investigación.

#### **5.12. Información ecológica**

Basado en los componentes del producto y/o en sustancias estructuralmente similares, son de esperar los siguientes datos ecológicos:

- Consideraciones generales:

Producto clasificado como peligroso para el agua.

- Medio acuático:

Tóxico para los organismos acuáticos debido a la presencia en su formulación del ftalato de isobutilo.

Después de un vertido a un cauce deben tomarse medidas adecuadas inmediatamente.

### **5.13. Consideraciones sobre la eliminación**

Eliminación del producto de acuerdo con las leyes y reglamentos correspondientes.

### **5.14. Información reglamentaria**

Clasificación y etiquetado de acuerdo con el reglamento sobre clasificación, envasado y etiquetado de preparados peligrosos.

#### ***SIMBOLOS DE RIESGOS:***

O. Comburente

C. Corrosivo

XN. Nocivo

N. Peligroso para el medio ambiente

#### ***Frases R:***

R 7: Puede causar fuego

R 10: Inflamable

R 22: Nocivo por ingestión

R 34: Provoca quemaduras

R 50/53: Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.

#### ***Frases S:***

S3/7: Consérvese el recipiente bien cerrado y en lugar fresco.

S14: Mantener separado de ácidos fuertes, álcalis, sales de metales pesados y agentes.

S26: En caso de contacto con los ojos, lávese inmediatamente y abundantemente con agua y acúdase al médico.



S36/37/39: Llevar ropas protectoras adecuadas, guantes y protección de ojos / cara.

S45: En caso de accidente o malestar, acúdase inmediatamente al médico (si es posible, muéstrole la etiqueta).

S50: No mezclar con ácidos fuertes, bases, metales pesados y agentes reductores.

S61: Evítese su liberación al medio ambiente. Recábense instrucciones específicas de ficha de datos de seguridad.

## **2. RIESGOS ESPECÍFICOS DEL AREA**

### **2.1. LISTADO GENERAL DE LOS RIESGOS PRESENTES EN EL ÁREA**

- Explosiones e incendios.
- Contacto con la piel, inhalación de sustancias tóxicas e irritantes, salpicadura de disolventes.
- Es necesario el uso de guantes como protección personal por la sensibilización por contacto con materiales no curados e impregnados con resina.
- Se puede producir un vertido accidental de productos. Si no implica riesgo y es controlable se dará aviso del mismo a Medio Ambiente. Si se trata de una emergencia se utilizará el Teléfono de Emergencia Interior en la empresa.
- Se cuidará el tránsito de las tablas por los pasillos de un habitáculo a otro para continuar el proceso, para no entorpecer y que no se produzcan choques.
- Riesgo de caída de útiles en el manejo o control.
- Riesgos de corte por el uso de herramientas de corte, tijeras, cúteres, etc.,... Se utilizarán los guantes para el manejo y movimiento de dichos elementos.
- Proyección de fragmentos o partículas así como polvo procedente de la limpieza. Proyección de partículas en las proximidades de la limpieza de útiles. Riesgo ocular.
- Es necesaria la protección ocular y de las vías respiratorias en los trabajos que se realicen mientras los operarios trabajan en el lijado.
- Tropiezos con objetos salientes, o por no tener un orden adecuado y tropezar con algún elemento que se ha dejado mal colocado.
- Ruido.

### **2.2. MEDIDAS PREVENTIVAS EXISTENTES**

- La señalización de los riesgos presentes en las secciones se realizará de acuerdo con el REAL DECRETO 485/1997.

- Normas de prevención y protección contra incendios.
- Prohibición de ingerir alimentos en la zona.
- Se mantendrán siempre cerradas las puerta, así como portones de la nave mientras no se utilicen para carga/descarga de material o el acceso/salida de personal.
- Los materiales se apilarán y cargarán de manera segura, limpia y ordenada.
- Los pasillos y zonas de tránsito deberán estar libres de obstáculos.

### **2.3. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUALES EPI'S**

Los equipos utilizados para este fin serán:

- Gafas, calzado y guantes de seguridad.
- Protectores auditivos, protección de vías respiratorias y gafas panorámicas.

### **2.4. EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL**

Sera necesario realizar un estudio individual para cada equipo de protección individual.

Los equipos de protección personal están regulados por el Real Decreto 773/1997, de 30 de Mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual.

La ley 31/1995, de 8 de Noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales, determina el cuerpo básico de garantías y responsabilidades preciso para establecer un adecuado nivel de protección de la salud de los trabajadores frente a los riesgos derivados de las condiciones de trabajo, en el marco de una política coherente, coordinada y eficaz.

Las normas de desarrollo son con las que se deben fijar las medidas mínimas que deben adoptarse para una adecuada protección de los trabajadores, entre las que se encuentran las destinadas a garantizar la utilización de equipos de protección individual que garantice la salud o seguridad y que no puedan evitar o eliminar con medios de protección colectivos o adoptando medidas preventivas y organizativas en el trabajo.

Los EPI's se definen como equipos de protección individual, que protegen la salud e integridad física del trabajador, la función de estos no es reducir el riesgo o peligro, sino adecuar al operario al medio y grado de exposición.

Para la elección de estos equipos se basara en:

- Se analizaran y evaluarán los riesgos existentes que no puedan evitarse o limitarse suficientemente por otros medios.
- Se definirán las características que deberán reunir los equipos de protección individual para garantizar su función, teniendo en cuenta la magnitud y naturaleza de los riesgos de los que deban proteger.

Los EPI's que utilizaremos serán los siguientes:

### **Protección de la cabeza**

En función de la parte a proteger los equipos serán los siguientes:

- **Craneal:** Para esta parte del cuerpo serán necesario el uso los cascos, estos están hechos de una material resistente y su finalidad es proteger la cabeza de impactos, penetraciones o choques eléctricos.
- **Ocular:** Los ojos se protegerán con las *gafas de seguridad*, de obligado uso en lugares donde exista riesgo de proyección de partículas, por ejemplo en el proceso de lijado.
- **Auditiva:** Para proteger a los operarios del ruido se les abastecerá con *tapones*, es recomendable lavarse las manos antes de su colocación para evitar la posibilidad de infección. En el proceso de fabricación se utilizara obligatoriamente cuando se utilice la lijadora eléctrica.

### **Protección de las vías respiratorias**

Para este tipo de protecciones utilizaremos *mascaras*, que pueden ser de diferentes tipos dependiendo de su uso:

- *Máscaras respiratorias desechables:* Para proteger al operario frente a aerosoles sólidos basados en agua y líquidos.

Esta máscara además de garantizar una máxima seguridad, proporciona ajuste y comodidad al operario. Se utilizarán en la fase de laminación.

- *Máscaras de gases:* se utilizan para la aplicación del gelcoat, son máscaras que se pueden reutilizar. Presentan un borde de silicona para un confort y una estanqueidad sin igual. Forma en U del borde de la máscara que permite una colocación automática, que la máscara interior sea de silicona evita el empañamiento del visor, el material del visor es de policarbonato de calidad óptima (antiarañazos, resistencia a los golpes y proyecciones químicas). Los filtros incorporados son desechables y deben cambiarse asiduamente para que la máscara rinda de una manera óptima.

### **Protección de las manos y brazos**

- Se utilizarán *guantes de látex*, resistentes al ataque químico para evitar las agresiones químicas producidas por la acción de resinas, disolvente, etc.
- Para trabajos manuales que puedan ocasionar algún corte se proporcionará al operario *guantes de seguridad*.

### **Protección de pies**

Las *botas de seguridad* son importantes para cubrir distintos tipos de riesgos que pueden ocasionarse en el trabajo:

- **Caída por resbalón**
- **Riesgo salpicaduras**
- **Daño por caída de objeto pesado** (están provistos de puntera reforzada)

### **Protección total del cuerpo**

- Se les proporcionará al personal con unos monos de trabajo, para evitar cualquier contacto con los productos químicos utilizados como las resinas, pinturas, etc.

# ANEXO 2

## 1. MATERIALES COMPUESTOS

### 1.1. DEFINICIÓN

No existe una definición que acepte el concepto general de material compuesto.

Se define como aquellos materiales que se forman por la combinación o mezcla de dos o mas materiales que deben ser insolubles entre si, con diferente composición y forma. Estos materiales se unen (de forma no química) y dan lugar a un componente nuevo con características específicas, y siendo diferentes a las anterior de cada material por separado. Se obtienen unas propiedades que no es posible obtener en los materiales originales.

### 1.2. CONCEPTOS GENERALES

Estos compuestos pueden seleccionarse para lograr combinaciones poco usuales de rigidez, resistencia, peso, rendimiento a alta Temperatura, resistencia a la corrosión, dureza o conductividad.

Los materiales compuestos están formados con materiales continuos y discontinuos, al material continuo se le llama **matriz** y al medio discontinuo, que usualmente es el mas fuerte y duro, se le llama **refuerzo**.

Las propiedades de los materiales compuestos son dependientes de las propiedades de los materiales que los constituyen así como de su distribución e interacción entre otros. Formados por dos o más componentes distinguibles físicamente y separados mecánicamente, no deben disolverse ni fusionarse unos con otros.

La importancia principal que tiene para la es que supera las características de los materiales por separado.

### 1.3. INTRODUCCIÓN

Pese a lo que se pueda pensar, los materiales compuestos son muy antiguos, la madera es un buen ejemplo de material compuesto, ya que combinan las fibras de celulosa con una matriz de lignina.

En la industria aeroespacial se iniciaron en el uso de materiales compuestos a principios de los años 60 en Estados Unidos y Europa.

Los materiales compuestos, se crean ante la necesidad de obtener nuevas propiedades que sea una combinación entre las de diferentes materiales, como los cerámicos, plásticos y metales. A pesar de obtenerse materiales con unas propiedades excepcionales, en la aplicación práctica se ven reducidas por el alto coste que origina la fabricación o incompatibilidad entre materiales.

Están formados por una **matriz** (o base metálica, polimérica o cerámica) a esta matriz se le añade otro material el cual recibe el nombre de **refuerzo** (en forma de fibras o partículas) que se hace con el propósito de mejorar ciertas propiedades de la matriz. Se utiliza la combinación de una **matriz** dúctil y resistente con la dureza de fibras o partículas.

Hoy día las necesidades crecientes que se tiene de obtener materiales cada vez más livianos, resistentes y duros, han llevado al desarrollo de materiales compuestos.

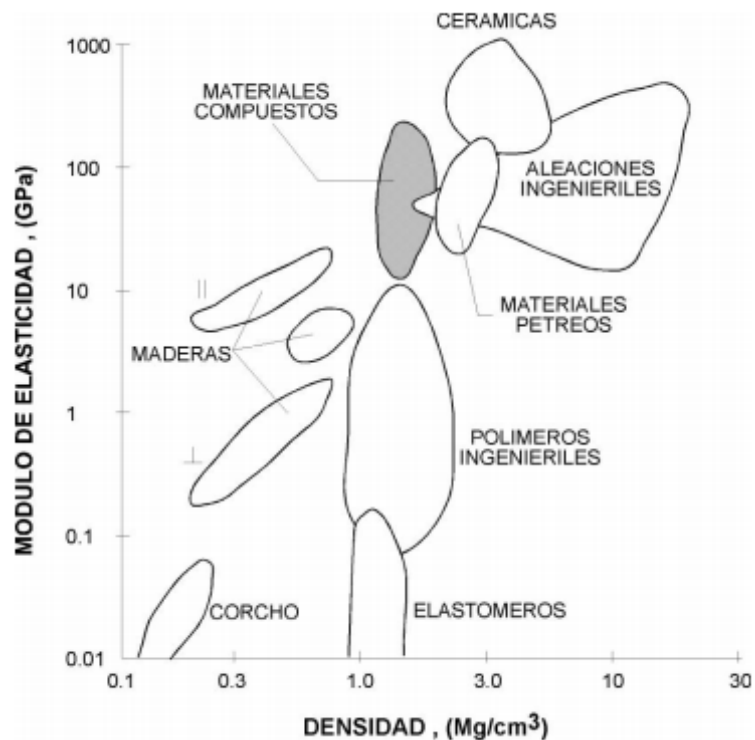
#### 1.4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES COMPUESTOS

Se distinguen una serie de características y propiedades que hacen que los materiales compuestos sean tan utilizados en la actualidad y que estén en constante desarrollo, entre ellas se encuentran:

- Están formados por la unión de dos o mas componentes distinguibles físicamente y separables mecánicamente.
- Presentan varias fases químicamente distintas, son completamente insolubles entre si y están separadas por una interfase.
- Sus propiedades mecánicas son superiores a la simple suma de las propiedades de sus componentes por separado, esta propiedad recibe el nombre de **sinergia**.
- Los materiales polifásicos no pertenecen a los materiales compuestos, como pueden ser las aleaciones metálicas, ya que estas pueden sufrir alteraciones mediante un tratamiento térmico y cambiar la composición de las fases presentes.
- La gran mayoría de los materiales compuestos, son creados artificialmente, aunque existen algunos materiales compuestos que aparecen en la naturaleza como pueden ser la madera y el hueso por ejemplo.



- Tienen una mejor relación resistencia/peso que los materiales homogéneos. en la *tabla 9*, que se muestran a continuación, relacionamos el modulo de elasticidad (una medida de rigidez) frente a la densidad, pudiéndose observar, por ejemplo, que los materiales compuestos ofrecen una rigidez similar a la de las aleaciones metálicas ingenieriles pero con menos peso. Otro aspecto importante a destacar es el caso de las maderas, el modulo de elasticidad aumenta en diez ordenes de magnitud si dicho parámetro se mide en la dirección de las fibras, respecto al obtenido en dirección perpendicular.



*Tabla 9. Módulo elasticidad vs densidad*

- Las obtención y desarrollo de los materiales compuestos se debe a la búsqueda de una o mas propiedades de la siguiente *tabla. 10*:

Respuesta química o comportamiento inerte	Resistencia
Aislamiento o conducción electromagnética	Dureza
Peso	Resistencia a la fractura
Respuestas a temperaturas extremas	Costo
Conducción o aislamiento térmico	Fabricación
Conducción o aislamiento acústico	

*Tabla 10. Propiedades de los materiales compuestos.*

Los materiales compuestos presentan una serie de ventajas y desventajas que adjuntamos en la siguiente *tabla 11*. a pesar de tener desventajas, son mas las ventajas que nos otorgan, debido a que se van ampliando sus aplicaciones, así como la comodidad que nos brindan, que hacen que el uso de estos materiales sean cada vez mayores, algunas de estas desventajas con el tiempo se podrán ir mejorando ya que estos materiales están en continuo estudio y mejora.

	Ventajas	Inconvenientes	Aplicaciones
<b>VIDRIO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Buena relación peso/prestaciones mecánicas.</li> <li>· Facilidad de aplicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Elevadas prestaciones mecánicas específicas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Automoción.</li> <li>· Construcción.</li> <li>· Aeronáutica.</li> </ul>
<b>CARBONO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Excelente resistencia a la rotura en la tracción y compresión.</li> <li>· Buena resistencia a la humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Peso elevado.</li> <li>· Escasa resistencia al choque.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Aeronáutica.</li> <li>· Automoción.</li> <li>· Biomédica.</li> <li>· Deporte.</li> </ul>
<b>ARAMIDA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Buen comportamiento al choque.</li> <li>· Buena resistencia a la humedad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Baja resistencia a la compresión.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Automoción.</li> <li>· Construcción.</li> </ul>
<b>BORO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Elasticidad elevada.</li> <li>· Buen comportamiento al choque</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Dificultad de utilización.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Aeronáutica militar.</li> </ul>

*Tabla 11. Ventajas y desventajas de materiales compuestos.*

## 1.5. ESTRUCTURA

Los materiales compuestos tienen la siguiente estructura:

**AGENTE REFORZANTE (fase discontinua):** la geometría del compuestos que se usara como agente reforzante es fundamental a la hora de definir las propiedades *mecánicas* del material.

**MATRIZ (fase continua):** Este segundo material que compone el material compuesto, es el responsable de las propiedades *físico-químicas* del mismo. Transmite los esfuerzos al **agente reforzante**, lo protege y da cohesión al material.

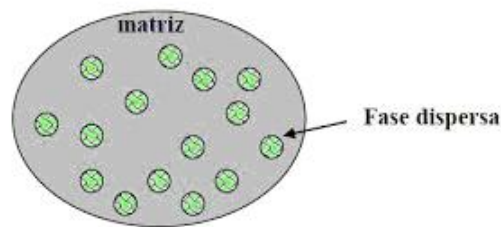


Fig.51. Esquema material compuesto donde se muestra fase dispersa y fase continúa

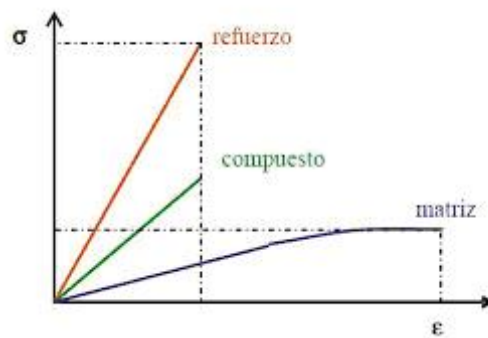
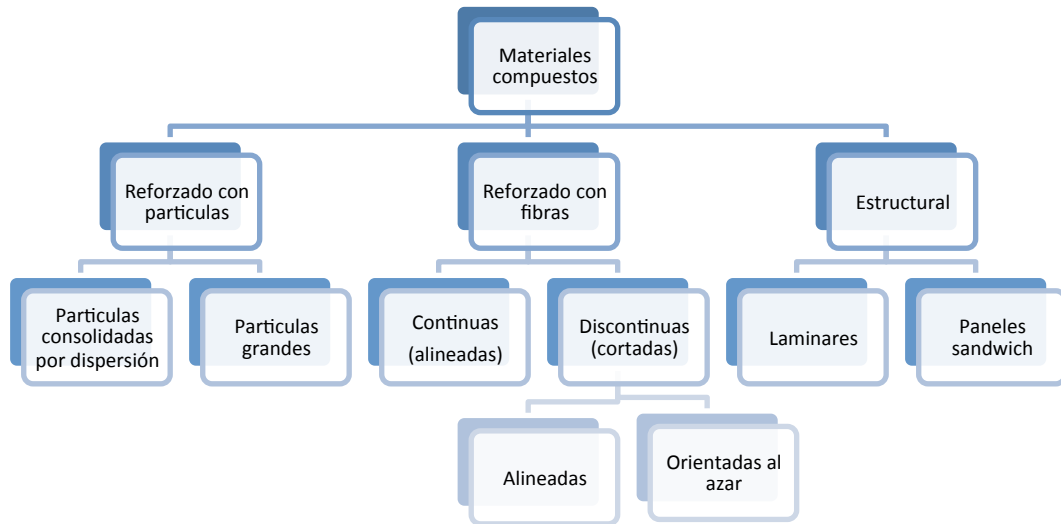


Fig. 52. En la grafica se observan las propiedades mecánicas de la matriz, del refuerzo y del material compuesto obtenido a partir de la combinación de ambos.

La orientación de las fibras es muy importante a la hora de analizar la resistencia de las fibras.

## 1.6. CLASIFICACIÓN DE MATERIALES COMPUESTOS

Podemos dividir los materiales compuestos en tres grandes grupos:

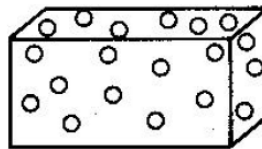


*Fig.53. Clasificación de materiales compuestos.*

Si se hace una clasificación desde el punto de vista del agente reforzante (fibras) los materiales compuestos se clasifican de la siguiente manera:

### 1.6.1. Materiales compuestos reforzados con partículas.

Están compuestos por partículas de un material duro y frágil dispersas, discretas y uniformemente, rodeadas por una matriz mas blanda y dúctil.



*Fig. 54. Estructura material compuesto reforzado con partículas*

Dependiendo del tamaño y la naturaleza de las partículas que influyen en las propiedades del compuesto, que se pueden clasificar de la siguiente forma:

## I. Compuestos endurecidos por dispersión.

En los *compuestos endurecidos por dispersión* el tamaño de las partículas es muy pequeño, con diámetros de 10-100nm. A temperaturas normales estos compuestos no resultan más resistentes que las aleaciones, pero su resistencia disminuye inversamente con el aumento de la temperatura.

Su resistencia a la termoinfluencia es superior a la de los metales y aleaciones. Las interacciones matriz/partículas se pueden describir a nivel atómico o molecular.

Las propiedades principales de estos compuestos son:

- La fase o matriz puede ser metálica o no metálica (generalmente un óxido y estable) que debe ser efectiva para evitar el deslizamiento.
- El agente reforzante debe tener propiedades físicas óptimas en cuanto a tamaño, forma, distribución y cantidad.
- El agente y la matriz no deben reaccionar químicamente por lo que el material disperso debe tener baja solubilidad en el material que refuerza.
- El incremento de la resistencia del compuesto, cuando las partículas son incoherentes con la matriz, está inversamente relacionado con el espaciado entre partículas ( $d_p$ ), el esfuerzo de corte necesario para que las dislocaciones se muevan a través de las partículas (Orowan) es función de este espaciado:  $\tau = (G_m b)/d_p$ ;  $G_m$  es el módulo de cizalla de la matriz y  $b$  es el vector de Burguer.
- Deben unirse correctamente los materiales. Deben tener una correcta interfase entre el refuerzo y el material.
- El endurecimiento de la matriz por dispersión es menor que por precipitación, pero se mantiene a elevadas temperaturas, en cambio la precipitación desaparece por tratamientos térmicos (crecimiento del precipitado o disolución de estas) y se produce debido a la interacción de las partículas con las dislocaciones (mecanismo de corte o de Orowan)

Se pueden encontrar materiales endurecidos por dispersión los cuales se muestran en la *tabla 13*. a continuación:

Sistema	Aplicaciones
<b>Ag-CdO</b>	Materiales para contactos eléctricos
<b>Al-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Posible uso en reactores nucleares
<b>Be-BeO</b>	Tecnología aeroespacial y nuclear
<b>Co-ThO<sub>2</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	Posibles materiales magnéticos resistentes a la termofluencia
<b>Ni=20) Cr=ThO<sub>2</sub></b>	Componentes para turbomotores
<b>Pb=PbO</b>	Parrillas para batería o acumuladores
<b>Pt=ThO<sub>2</sub></b>	Filamentos, componentes eléctricos
<b>W-ThO<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub></b>	Filamentos, calefactores

Tabla 13. Materiales endurecidos por dispersión

## II. Compuestos con partículas grandes.

Contienen grandes cantidades de partículas gruesas que no dificultan el movimiento de las dislocaciones de una manera efectiva. El término “grande” se utiliza para indicar las interacciones entre la matriz y las partículas a un nivel macroscópico ( $>1\mu\text{m}$ ).

Se incluyen numerosas combinaciones de metales, cerámicas y polímeros. El objetivo de estos radica en producir combinaciones de propiedades poco frecuentes y no en mejorar la resistencia.

En este grupo como ya se ha comentado se encuentran las partículas  $>1\mu\text{m}$ , cuyas características son las siguientes:

- Las interacciones matriz-partícula se describen mediante la mecánica continua y no a nivel atómico o molecular.
- El modulo elástico del compuesto,  $E_c$ , esta comprendido entre un mínimo y un máximo, según la regla de las mezclas, en función de la fracción de volumen disponible ( $V$ ),

$$\text{Máximo: } E_c = E_m V_m + E_f V_f; \quad m: \text{matriz fase dispersa}$$

$$f: \text{fase dispersa}$$

$$\text{Mínimo: } E_c = \frac{E_m E_p}{E_m V_f + E_f V_m}; \quad V_m = 1 - V_f$$

En la *tabla 14*.que adjuntamos a continuación podemos ver la relación que existe entre el Módulo de elasticidad y concentración, de partículas de W en una matriz de Cu.

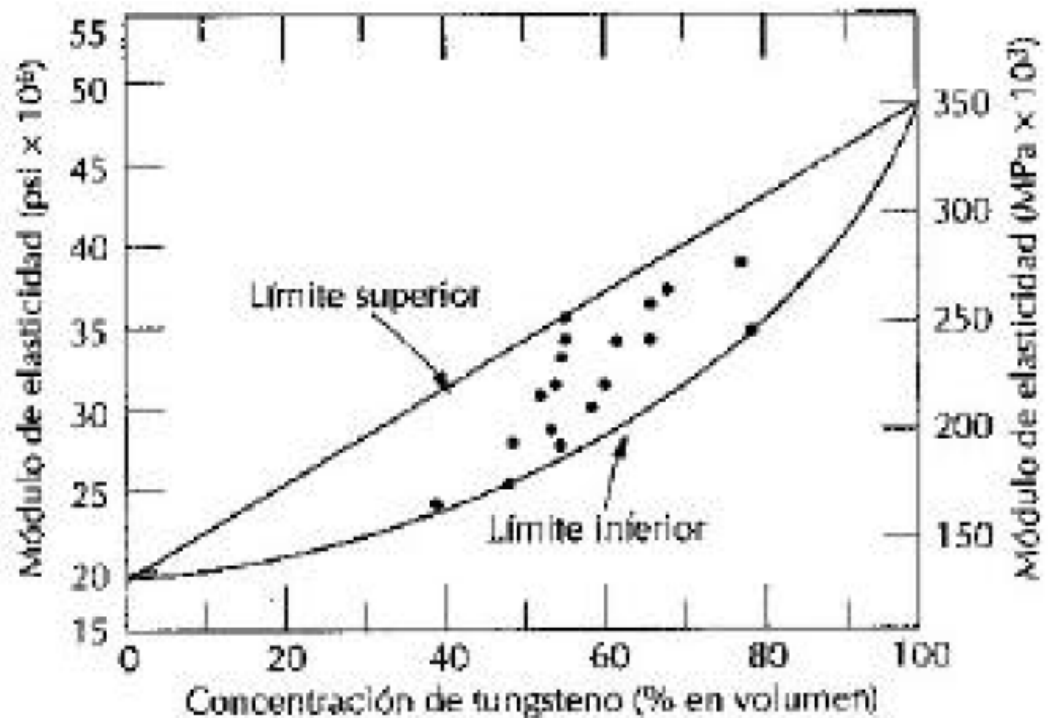


Tabla 14. Relación entre modulo elasticidad y concentración.

La densidad del compuesto la podemos medir de la siguiente forma cuando existen n constituyentes:

$$\rho_c = V_m\rho_m + V_{f1}\rho_{f1} + V_{f2}\rho_{f2} + \dots + V_{fn}\rho_{fn}$$

Un ejemplo de material compuesto reforzado con partículas grandes es el hormigón, la mezcla de cemento (matriz) y arena o grava (partículas gruesas, 60 a 80%), el cemento es clinker molido (calcinación de  $\text{CaO} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$ ) más 2 a 3 % de yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) y otros componentes(puzolana, escoria de alto horno, etc.).

El reforzante será mayor mientras mas pequeñas y uniformes sean las partículas, aunque la resistencia óptima (empaquetamiento denso del agregado y buen contacto de las intercaras) se logra con partículas de dos tamaños diferentes, las partículas finas de arena deben ocupar los espacios vacíos entre partículas de grava. Tanto el exceso como el defecto de agua son perjudiciales a la hora de fabricar el cemento:

- Deficiencia de  $\text{H}_2\text{O}$ : Esto origina que la unión entre el cemento y el agregado sea incompleta.

- Exceso de  $H_2O$ : El exceso de agua origina el aumento de la porosidad.

### 1.6.2. Materiales compuestos reforzados con fibras.

Están formados tanto por materiales compuestos como por materiales sencillos en los que sus propiedades dependen fundamentalmente de la geometría y de su diseño.

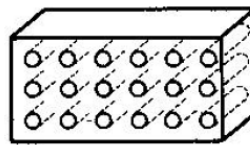


Fig.55. Estructura material compuesto reforzado con fibras

- Aumenta las propiedades mecánicas (resistencia al esfuerzo, fatiga, rigidez) y la relación resistencia-peso al introducir fibras fuertes, rígidas y frágiles.
- La matriz transmite la fuerza a las fibras, otorgando al compuesto ductilidad y tenacidad, donde las fibras soportan la mayor parte de la fuerza aplicada.

El **agente reforzante** de este grupo de materiales compuestos, suele ser una fibra fuerte: fibra de vidrio, cuarzo, kevlar, dyneema o fibra de carbono. Este tipo de fibra proporciona al material su fuerza a tracción.

Un mayor volumen de fibra incrementa la resistencia y la rigidez del compuesto. Sin embargo, la fracción máxima en volumen de fibras es aproximadamente del 80%, si esta cantidad es mayor las fibras ya no quedan totalmente rodeadas por la matriz, obteniéndose un material menos resistente.

Las fibras de refuerzo pueden introducirse en la matriz con orientaciones diversas:

- Las *fibras cortas* y con una orientación aleatoria se puede introducir con mayor facilidad en la matriz y dan al material un comportamiento isotrópico (propiedades homogéneas en el material)



- Las *fibras largas* y con orientación unidireccional, producen propiedades anisotrópicas, con resistencia y rigidez paralelas a las fibras. Cuando las orientaciones de las fibras son perpendiculares la resistencia es menor que si las fibras se orientan en paralelo, y también va disminuyendo dicha resistencia con el aumento del ángulo entre las fibras y la tensión aplicada.



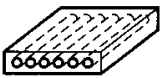

Estructura	Refuerzo	Material compuesto	Propiedades
	Partículas	Particulado	Isotrópico
	Fibras cortas	De fibra discontinua	Aleatorio - isotrópico alineado - anisotrópico
	Fibra continua	De fibra continua	Ortotrópico
	Láminas o capas	Laminados	Anisotropía en todo el espesor; isotropía/anisotropía en el plano

Fig. 56. Tipos de refuerzos.

Las propiedades de los materiales se pueden diseñar para soportar condiciones de carga diferentes; es decir, se pueden introducir fibras largas y continuas en varias direcciones, consiguiendo un compuesto casi isotrópico. Las fibras también se pueden organizar en patrones tridimensionales.

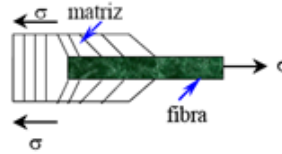
La **matriz** suelen ser resinas como **epoxi** o **poliéster**, que envuelve y liga las fibras transfiriendo la carga de las fibras rotas a las intactas y entre las que no están alineadas con las líneas de tensión. También evita el pandeo de las fibras por compresión (en caso de que la matriz no sea flexible).

Entre las aplicaciones de este grupo de fibras, se encuentran,

- Grafito-polímero: se utilizan en aplicaciones aeroespaciales.
- Vidrio-polímero: equipos deportivos.
- Aluminio bórico: aspas de ventiladores en motores, aplicaciones aeronáuticas y aeroespaciales.
- Kevlar-epóxido y Kevlar-poliéster: aplicaciones aeroespaciales, aviación, chamarras antifuego.
- Hormigón-varillas de acero y ladrillos-paja: construcción.

## I. Longitud de la fibra

La influencia de la longitud de la fibra es fundamental a la hora de obtener diferentes propiedades de los materiales.



Al aplicar un esfuerzo de tracción, en los extremos de la fibra no hay transmisión de carga desde la matriz, se genera un patrón de deformación.

Existe una longitud de fibra crítica ( $l_c$ ) para aumentar la resistencia y rigidez del compuesto:

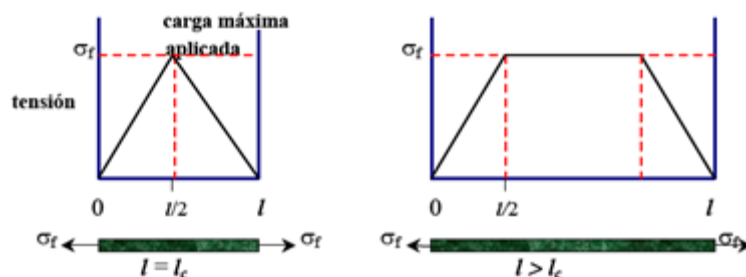
$$l_c = \frac{\sigma_f d}{\tau_c}$$

$\sigma_f$ : resistencia a la tracción de la fibra

$d$ : diametro de la fibra

$\tau_c$ : esfuerzo de corte de la matriz (resistencia de la union fibra – matriz)

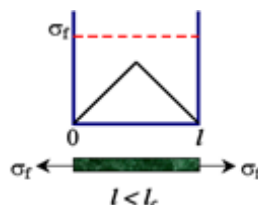
Los perfiles esfuerzo-deformación dependen si la longitud de la fibra es mayor o menor que la longitud crítica.



Si  $l = l_c$ : la carga máxima se consigue en el centro de la fibra

Si  $l > l_c$ : el reforzamiento es más efectivo

Si  $l < l_c$ : el reforzamiento es insignificante (la matriz se deforma alrededor de



La fibra, casi no existe transferencia del esfuerzo)

Si  $l \gg l_c$  (normalmente  $l > 15 l_c$ )  $\Rightarrow$  fibras continuas

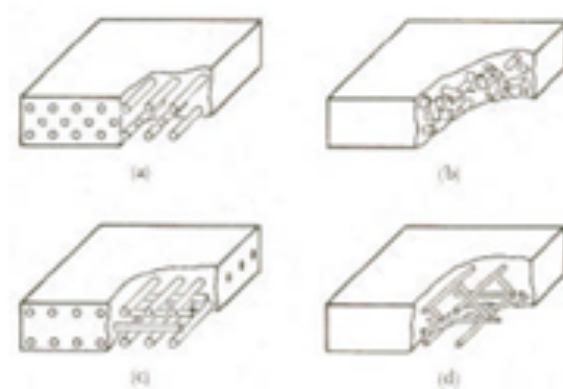
Si  $l < l_c \Rightarrow$  fibras cortas o discontinuas

## II. Orientación de la fibra

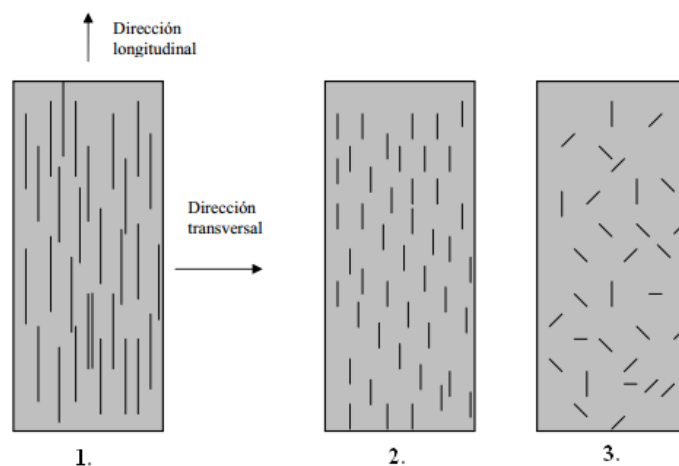
- Alineación paralela a los ejes longitudinales de las fibras.
- Alineación al azar.
- Las fibras continuas generalmente se alinean.
- Las fibras cortas pueden estar alineadas o al azar.

Se pueden disponer de las siguientes formas:

- a) Fibras continuas alineadas.
- b) Fibras cortas al azar.
- c) Fibras ortogonales.
- d) Fibras en capas múltiples.



Lo que podemos sacar en claro en cuanto a la orientación de las fibras se refiere, es que se consigue cuando las fibras están uniformemente distribuidas.



*Fig.57. Se muestra fibras con orientaciones diferentes, 1.Continuas y alineas, 2.Discontinuas y alineadas y 3.Discontinuas y orientadas al azar.*

### a. Fibras continuas

Las propiedades del compuesto se esquematizan como:

- Densidad :  $\rho_c = V_m \rho_m + V_f \rho_f$
- Conductividad eléctrica:  $\sigma_c = V_m \sigma_m + V_f \sigma_f$
- Conductividad térmica :  $k_c = V_m k_m + V_f k_f$
- Deformación, se puede considerar:  $\varepsilon_c = \varepsilon_m = \varepsilon_f$

#### **Con respecto al módulo de elasticidad:**

Si la carga se aplica paralelamente a las fibras continuas unidireccionales:

$$E_c = V_m E_m + V_f E_f$$

Si el esfuerzo aplicado es muy grande (la curva esfuerzo-deformación no es lineal)

$$E_c = V_f E_f$$

Si la carga se aplica perpendicularmente a las fibras continuas:

$$\frac{1}{E_c} = \frac{V_m}{E_m} + \frac{V_f}{E_f}$$

Para cargas longitudinales, la relación entre la fuerza soportada por la matriz ( $F_m$ ) y la fibra ( $F_f$ ) puede expresarse como:

$$\frac{F_f}{F_m} = \frac{E_f V_f}{E_m V_m}$$

### b. Fibras discontinuas

Fibras dispuestas al azar, es más difícil predecir las propiedades el compuesto.

Las propiedades pueden resumirse como:

- Resistencia a la fractura:  $\sigma_s = (l \tau_s V_f)/d + \sigma_m V_m$
- Módulo de elasticidad :  $E_c = K E_f V_f + E_m V_m$

*K: parámetro de eficiencia de la fibra*

### **1.6.3. Materiales compuestos estructurales.**

Es el grupo de materiales compuestos mas conocidos debido a sus altas prestaciones mecánicas y el alto valor añadido del material final. La fase dispersa se compone de fibras que es una microestructura muy anisotrópica, hilos o cilindros de  $\sim 2\text{-}10\ \mu\text{m}$  de diámetro y  $\sim 1\ \text{mm}$  de longitud, mientras que el modulo de elasticidad no cambia con el tamaño del material (ya que solo depende de la naturaleza de las fuerzas que unen los átomos), la resistencia mecánica si cambia con la forma de la muestra, es debido a que disminuye la probabilidad de encontrar defectos en la escala macro-microscópica que son los principales responsables que aparezca la grieta y la fractura, es por esa razón que las fibras presentan mejores prestaciones mecánicas porque la probabilidad de encontrar defectos disminuye y además se anclan a la matriz que rodea uniformemente la fibra.

Es aconsejable desde el punto de vista mecánico que las fibras tengan un diámetro lo menor posible, aunque esto no se puede llevar a cabo debido al elevado coste y seguridad (ya que el mecanizado de piezas, de un diámetro lo mas pequeño posible, puede originar partículas en suspensión, como los asbestos, que pueden causar problemas de salud, por ello se limita a  $\sim 1\ \mu\text{m}$  de diámetro. De forma general se puede decir que las matrices son resinas de epoxi y poliéster cuya propiedades mecánicas son generalmente anisotrópicas y varían mucho según el grado de ordenamiento de las fibras del material, ordenadas uniaxialmente, parcialmente ordenadas y desordenadas.

El alto valor añadido de estos materiales se comprueba en la siguiente *tabla 15*. donde se dan los valores por kilogramos de diferentes materiales, así como las variaciones del modulo de Young y de la resistencia a la tracción para los diferentes tipos de materiales.

Material	Precio ~ (€/Kg)	$\rho$ (g/cc)	E(GPa)	S(GPa)
<b>Hormigón Term.</b>	0.04	2.8	45	0.005
<b>Cemento, ladrillo</b>	0.07			
<b>Acero</b>	0.5	7.8	210	2.8
<b>(Acero 18/8)</b>	(5.0)			
<b>PVC-no plastif.</b>	0.7	1.3	0.4	0.035
<b>Aluminio</b>	1.3	2.7	70.5	0.045
<b>Vidrio E<sup>1</sup></b>	1.8	2.54	72	1.5
<b>Latón 70/30</b>	2.2	8.5	100	0.55
<b>Vidrio S<sup>2</sup></b>	18	2.48	82	3.0
<b>Carbono HS<sup>3</sup></b>	30	1.7	200	4-6
<b>Kevlar49<sup>4</sup></b>	30	1.5	140	3.0
<b>UHPE<sup>5</sup></b>	120	0.97	120	2.6
<b>LDPE</b>	0.7	0.92	0.2	0.001-0.016
<b>Carbono-UHM<sup>6</sup></b>	300	1.85	600	2

<sup>1</sup>Fibra de vidrio eléctrico normal. <sup>2</sup>Fibra de vidrio de alta resistencia. <sup>3</sup>Fibra de carbono de alta resistencia. <sup>4</sup>Fibra de poliaramida. <sup>5</sup>Polietileno de ultra-alto peso molecular. <sup>6</sup>Fibra de carbono de ultra-alto módulo.

*Tabla 15. Propiedades de algunos materiales compuestos.*

Las matrices poliméricas de los materiales compuestos reforzados con fibras suelen ser plásticos termoestables del tipo *resinas de poliéster insaturadas* o *resinas epoxi*.

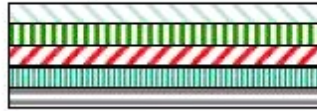
*(En los siguientes puntos se desarrollaran tanto las matrices de los materiales compuestos, materiales de refuerzo y materiales de núcleo.)*

Dentro del grupo de materiales compuestos estructurales, se pueden diferenciar dos tipos de materiales compuestos estructurales: los laminares y los paneles sándwich, cuyas propiedades dependerán de los materiales constituyentes y de la geometría de los mismos.

## I. Laminares

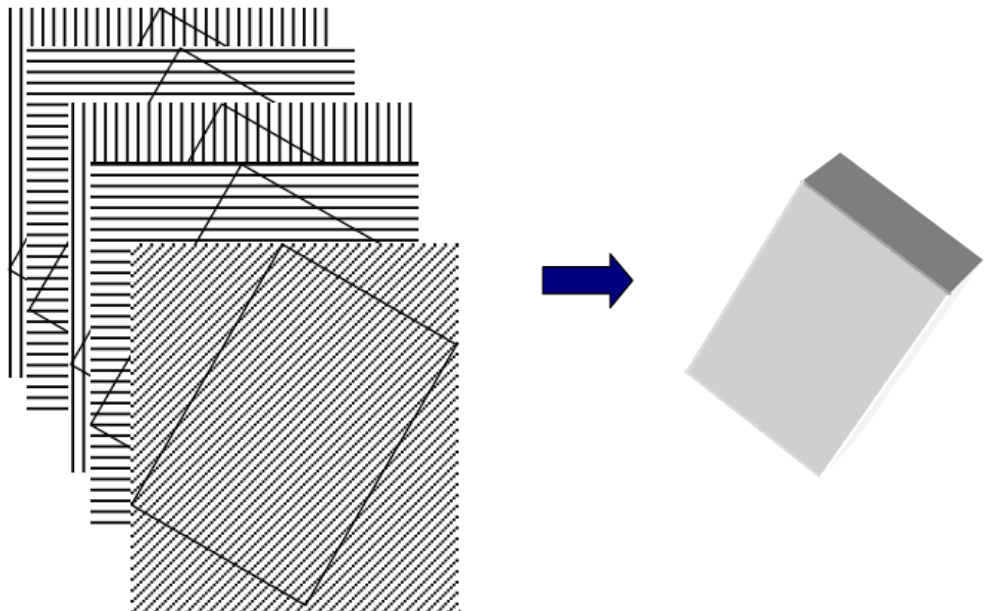
Están formados por paneles unidos entre si por algún adhesivo o por algún otro tipo de unión. Lo más usual que se puede encontrar que las láminas estén reforzadas con fibras y tengan una dirección preferente, ya que esta dirección es más resistente a los esfuerzos.

### Composite laminado



*Fig.58. Materiales compuestos disposición de laminado...*

- Se disponen los componentes en series de capas alternadas.
- Cuando se aplican cargas, los refuerzos resultantes son proporcionales a los módulos elásticos y de corte de los constituyentes.
- Pueden aparecer también refuerzos internos debido a las contracciones o expansiones de las diferentes laminas (diferentes relaciones de posición).
- En esfuerzos transversales, se producen esfuerzos de corte entre las superficies de contacto.



*Fig.59. Compuesto laminar por capas de maderas con las fibras alternadas.*

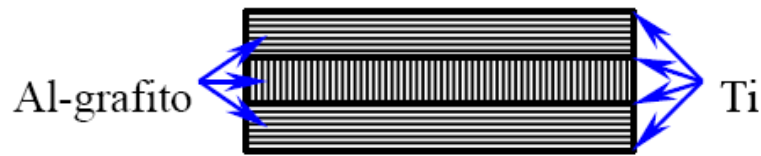


Fig.60. Compuesto de capas alternadas de aluminio con fibras de grafito, las cuales están orientadas a 90 ° una de otra.

Para calcular las propiedades del material laminado, tenemos que tener en cuenta la orientación del laminado:

• **Paralelo al laminado:**

- Densidad:  $\rho_c = \sum V_i \rho_i$
- Conductividad eléctrica:  $\sigma_c = \sum V_i \sigma_i$
- Conductividad térmica:  $k_c = \sum V_i k_i$
- Módulo de elasticidad:  $E_c = \sum V_i E_i$

• **Perpendicular al laminado:**

- Densidad:  $\rho_c = \sum V_i \rho_i$
- Conductividad eléctrica:  $\frac{1}{\sigma_c} = \frac{\sum V_i}{\sigma_i}$
- Conductividad térmica:  $\frac{1}{k_c} = \frac{\sum V_i}{k_i}$
- Módulo de elasticidad:  $\frac{E_c}{E_i} = \frac{V_i}{E_i}$  (V: fracción volumétrica)

## II. Paneles Sándwich

Este tipo consiste en dos láminas exteriores de elevada dureza y resistencia (normalmente plásticos reforzados, aluminio o incluso titanio), separadas por un material menos denso y menos resistente (polímeros espumosos, cauchos sintéticos,...)

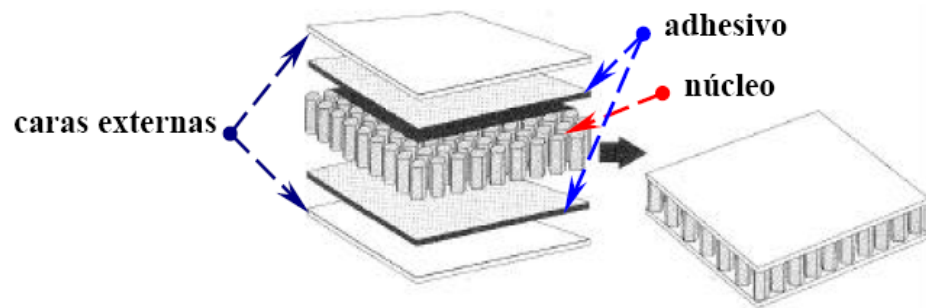
### Composite sandwich



Fig.61. Materiales compuestos disposición panel sándwich.



- Material compuesto por dos laminas externas o caras de mayor resistencia y entre ellas una capa de material menos denso (núcleo), de baja rigidez y baja resistencia.



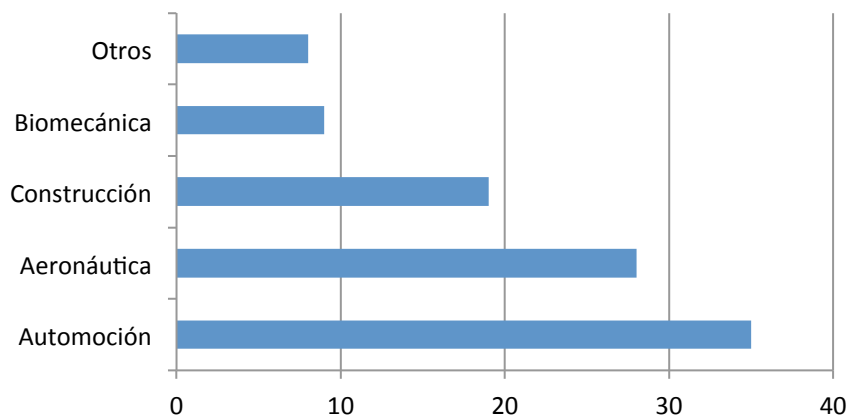
*Fig.62.Disposición paneles sándwich*

- Las laminas externas pueden estar constituidas por madera enchapada, aleaciones de aluminio, plásticos reforzados con fibras, titanio, acero, etc.,... y en el núcleo pueden usar polímeros espumosos, cauchos, sintéticos, cementos inorgánicos, madera, papel,...
- Las funciones del núcleo son: separar las caras externas, resistir la deformación perpendicular al plano de la cara, y dar cierto grado de resistencia a la cizalladura a lo largo de los planos perpendiculares a las caras.

## 1.7. APLICACIONES

Existen un amplio campo de aplicación de materiales compuestos, destacando el de la construcción de automóviles, construcción (mecánica y civil) y biomecánica, donde compiten diariamente con otros tipos de materiales obteniendo un resultado muy satisfactorio, y en algunos casos los materiales compuestos se utilizan de manera exclusiva.

En el campo de la aeronáutica, son muchos los componentes que se realizan exclusivamente de composite, esto es debido a que se obtienen unas propiedades que son únicas, además de una elevada resistencia y bajo peso.



*Tabla 16. En la tabla adjunta observamos el porcentaje del uso de materiales compuestos en diferentes sectores.*

Ha habido un amplio crecimiento de estos materiales en los últimos años, los cuales han ido reemplazando a otros materiales ya que los materiales compuestos, como ya se ha dicho anteriormente, tienen mejores propiedades.

Se pueden definir en cada sector, donde se usan los materiales compuestos:

**Aeronáutica:** Alas, fuselaje, tren aterrizaje, timones,...

**Automóviles:** Piezas de carrocería, alojamiento de faros, parrillas, parachoques, bastidores de los asientos,...

**Náutica:** Cascos, cubiertas, mástiles,...

**Química:** Conducciones, recipientes de presión,...

**Eléctrica:** Paneles, aislantes, cajas interruptores,...

**Mobiliario y equipamiento:** Estanterías, armazones, sillas, mesas,...

**Deportes:** Cañas de pescar, palos golf, piscinas, esquís, tablas de surf, canoas,...

## 1.8. MATRICES DE LOS MATERIALES COMPUESTOS.

La matriz de un material tiene como principales características:

- Elemento básico que conforma el material compuesto.
- Mantener las fibras en la posición correcta.
- Trasferir la carga en las fibras fuertes.
- Soportar la carga aplicada y transmitirla al refuerzo a través de la interfase.
- Proteger a las fibras de sufrir daños durante su manufactura y uso.
- Evitar propagación de grietas en las fibras a lo largo del compuesto.
- Matriz debe ser deformable.
- Proteger a las fibras del medio externos y mantenerlas unidas.
- Buena compatibilidad *matriz-refuerzo*.

La matriz es responsable del control principal de las propiedades eléctricas, el comportamiento y el uso a temperatura elevadas del compuesto. Transmiten los esfuerzos a las fibras a través de la interfaz o frontera entre matriz y refuerzo.

La matriz se selecciona en función de la aplicación, por ejemplo las matrices poliméricas son buenas ya que son moldeables, las matrices metálicas resisten altas temperaturas.

Las fibras deben estar firmemente unidas al material de la matriz, para que la carga se transfiera correctamente de la matriz a las fibras. Si la unión es pobre, las fibras pueden salir de la matriz durante la carga, reduciendo la resistencia y la resistencia a la fractura del compuesto. En algunos casos, para reforzar la unión se pueden utilizar recubrimientos especiales, por ejemplo las fibras de B se recubren de carburo de Si para mejorar con la matriz de Al. La matriz resguarda por tanto a las fibras de los ataques externos, ya sea químico o por ejemplo producido por la humedad.

Otra propiedad que debe tomarse en consideración al introducir fibras en una matriz es la similitud de los coeficientes de expansión térmica de ambos materiales (pues si se expanden o contraen de forma distinta, se pueden romper las fibras o su unión con la matriz). Protegen a las fibras de los esfuerzos por compresión.

En término de fuerza, las fibras, que serán las responsables de las propiedades mecánicas, y sirven para resistir la tracción, la matriz, que es la responsable de las propiedades físico-químicas, para resistir a las deformaciones, y todos los materiales presentes sirven para resistir la compresión, incluyendo cualquier agregado.

Los golpes o los esfuerzos cíclicos pueden causar que las fibras se separen de la matriz, lo que se llama delaminación (separación bajo carga).

Se pueden clasificar los materiales compuestos según la naturaleza de la matriz (resina) de la siguiente manera:

- ***Materiales compuestos de matriz metálica (aleaciones de aluminio, Titanio y Magnesio).***
- ***Materiales compuestos de matriz mineral (cerámica).***
- ***Materiales compuestos de matriz orgánica (polímeros).***

#### **1.8.1. Materiales Compuestos de matriz metálica**

Los materiales con matriz metálica tienen las siguientes propiedades:

- Elevada resistencia y módulo.
- Resistencia elevada a la temperatura.
- Conductividad térmica y eléctrica.

Los materiales con este tipo de matriz, se utilizan sobre todo en la industrial aeronáutica y aeroespacial debido a que en estas aplicaciones los materiales deben presentar resistencia elevada a la temperatura y la abrasión.

##### **❖ Tipos de matrices metálicas.**

Las matrices mas usadas son metales que tengan baja densidad ya que los materiales compuestos deben presentar propiedades elevadas. Los materiales mas utilizados son: Aluminio, Magnesio y Titanio. El Aluminio y Titanio tienen menos densidad que las matrices poliméricas.

- **Aluminio:** Es el metal mas usado debido a que es muy barato y ligero que el Magnesio y Titanio. Es una característica primordial su comportamiento frente a la oxidación que también es mejor que el Magnesio ya que oxida la superficie en el que el oxido impide que progrese la oxidación (pasivado).

- **Magnesio:** Destaca por ser el de menor densidad. Sus propiedades mecánicas son buenas pero es necesario protegerlo frente a la corrosión.
- **Titanio:** Tiene una densidad superior a la del Magnesio y el Aluminio pero su elevada temperatura de fusión permite utilizarlo a temperaturas mas elevadas. Es el que mejor relación resistencia/densidad de entre todos los metales llamados ligeros. Tiene buena resistencia a la corrosión y oxidación. La desventaja principal de este material encontramos su elevado precio.

Los materiales compuestos de matriz metálica se encuentran en un momento de maduración industrial de la tecnología, por ello que se debe esperar de ellos un importante crecimiento en su utilización y aplicaciones. Es importante tener en cuenta que se pueden usar técnicas baratas para la obtención de materiales compuestos con matriz metálica de aluminio, ya que asegura un futuro prometedor para esta familia de materiales.

#### **1.8.2. Materiales Compuestos de matriz mineral**

Los materiales compuestos con matriz mineral se caracterizan por las siguientes propiedades:

- Resisten elevadas temperaturas, por lo que se pueden utilizar como materiales refractarios (materiales que pueden soportar temperaturas extremadamente altas sin perder su solidez).
- Tienen elevada resistencia en compresión pero no en tracción.
- Puntos de fusión por encima de 1700°C.

Un aspecto importante a tener en cuenta en estos materiales son los diferentes coeficientes de expansión térmica de fibra y matriz.

- Si el coeficiente de expansión de la matriz es mayor que el de las fibras, puede tener lugar la rotura de la matriz durante el enfriamiento.
- Si el coeficiente de expansión de la matriz es menor que el de las fibras, disminuye la adhesión fibra-matriz debido a que las fibras encogen.

Los materiales compuestos con matriz cerámica se utilizan como aislantes térmicos, elementos estructurales en las turbinas de gas, frenos de vehículos de carreras,...

#### ❖ Tipos de matrices minerales (cerámicas).

La mayoría de las aplicaciones de los compuestos avanzados con matriz cerámica se basan en el Carburo de silicio, Nitruro de silicio, Óxido de silicio y Óxido de aluminio. Se clasifican en:

- **Vidrios:** Son silicatos amorfos.
- **Materiales cerámicos tradicionales:** Basados en silicatos, se utilizan en fabricación de productos de alfarería y cemento.
- **Nuevos materiales cerámicos:** Son los más utilizados en materiales compuestos.

Están basados en compuestos de Óxidos y Carburos entre los que destacan:

- **Alúmina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )** que se obtiene de la bauxita y se caracteriza por sus buenas propiedades mecánicas.
- **Carburo de Silicio ( $\text{SiC}$ )** que se obtiene a partir de arena y coque (tiene menor densidad que la alúmina).

#### 1.8.3. Materiales Compuestos de matriz orgánica

Las matrices poliméricas, en general, son compuestos orgánicos de elevado peso molecular, producto de reacciones de polimerización por adición o condensación de diferentes compuestos de base.

La longitud de la cadena de átomos que constituye cada uno de los polímeros determina una propiedad básica polimérica conocida como peso molecular y puede alcanzar varios cientos de unidades de longitud. Cuando el peso molecular aumenta, las propiedades mecánicas (como la tensión máxima a la tracción y tenacidad) mejoran, sin embargo el aumento de las propiedades mecánicas es menos acusado cuanto mayor es el peso molecular, y además la facilidad de procesar un polímero disminuye rápidamente debido a que el punto de fusión y la viscosidad de este aumentan.

Los materiales compuestos de matriz orgánica o polimérica se utilizan en la industria automovilística, naval, aeronáutica, aeroespacial, electrónica, de material deportivo y construcción, reemplazando a los metales en muchas aplicaciones.

Este grupo de materiales compuestos es el mas importante en el presente proyecto, ya que este se basa en el uso de la resinas de epoxi y poliéster, que se encuentran ubicadas en el grupo de materiales compuestos de matriz orgánica, por lo que se detallara mas minuciosamente.

✓ **Ventajas**

- Mejores propiedades específicas (dirección de la fibra)
- Tecnología muy desarrollada.
- Ausencia de corrosión.

✗ **Inconvenientes**

- Bajas propiedades transversales.
- Limitación térmica.
- Limitación ambiental.

Los nuevos métodos de producción hacen que hayan mejorado las propiedades de los polímeros aumentando la resistencia al calor de los materiales poliméricos, así como la deformación mecánica, pudiéndose alcanzar polímeros tan rígidos como el aluminio, por lo que se abre nuevos campos de aplicación que hasta ahora solo habían sido dominados por los metales, lo que obliga a un rediseño de los mismos ya que los plásticos son menos rígidos, menos fuertes y menos tenaces que la mayoría de los metales.

**a. Obtención de polímeros.**

Las macromoléculas se pueden unir entre si por fuerzas de diversa intensidad, podrán ser superadas con un simple calentamiento dando lugar a plástico fundido, los polímeros con estas características reciben el nombre de termoplásticos y se pueden fundir o plastificar con un incremento de temperatura, cuando las fuerzas de unión de estos filamentos entre si son tan intensas que llegan a igualar a las de construcción de ellos mismos, se romperán antes de separarse, lo que implica al incrementar la temperatura no podrán cambiar de estado solido a liquido denominándose a estos polímeros termoendurecibles o termoestables. Otro grupo que se destaca son los elastómeros que tienen un comportamiento totalmente diferente a los anteriores.

Sus propiedades difieren ampliamente entre un tipo u otro de polímeros, pero se puede generalizar y decir que todos los polímeros:

- Se obtienen a través de largas moléculas de carbono unidas mediante enlaces débiles tipo covalente.
- Las largas moléculas se unen además mediante fuerzas de Van der Waals y uniones a las que se denomina “puentes de Hidrogeno” cuyo punto de fusión es muy bajo y próximo a la temperatura ambiente.
- Al acercarse a su temperatura de fusión presentan una deformación elástica que con el tiempo cuando se encuentran sometidos a una carga, presentan un fenómeno de fluencia, que es una característica de los polímeros frente a los metales o cerámicas.

#### **b. Tipos de matrices orgánicas (poliméricas).**

Dentro del grupo de matrices poliméricas se pueden diferenciar cuatro tipos de materiales:

- ***Polímeros naturales***
- ***Elastómeros***
- ***Termoplásticos***
- ***Termoestables***

#### **Polímeros naturales.**

Se pueden destacar los siguientes polímeros naturales:

- Celulosa
- Seda
- Lana

Están constituidos por el polímero polisopreno que también se pueden obtener de forma artificial.

La celulosa que se obtiene de la madera se emplea para obtener papel o rollos de película mediante tratamiento con ácido nítrico.

La lignina, que también es un componente al igual que la celulosa se obtiene de la madera, no se puede procesar adecuadamente, lo que reduce considerablemente su campo de aplicación.



En la siguiente *tabla 17.* se muestran las familias de polímeros naturales.

POLIMERO NATURAL	COMPOSICION	APLICACIONES
Celulosa	$[-C_6H_9O_6-]_n$ , Cristalino	Estructura de las plantas
Lignina	Amorfa	Componente de las plantas
Proteínas	$[NH-CHR-C=O]_n$ , R=radical, Cristalino	Gelatinas, madera, lana

*Tabla 17. Familias polímeros naturales.*

### Elastómeros.

También llamados gomas, son polímeros casi lineales con algunas uniones ocasionales entre cadenas, estas uniones son las que aseguran una “memoria de forma” (el material recupera su forma después de cesar la carga aplicada) a temperatura ambiente ya que a esta temperatura las uniones entre moléculas de la cadena están fundidas.

Los elastómeros están constituidos por estructuras sencillas donde el radical puede ser H, CH<sub>3</sub> o Cl.

En la siguiente *tabla 18.* se muestran las familias de elastómeros.

ELASTÓMERO	COMPOSICION	APLICACIONES
Polisopreno	$[CH_2-CH=C.CH_3-CH_2]_n$	Corcho natural
Polibutadieno	$[CH_2-CHH_2]_n$	Gomas, ruedas
Policloropreno	$[CH_2-CH=C.Cl-CH_2]_n$	Anillo de cierre resistente al aceite.

*Tabla 18. Familias elastómeros.*

### Termoplásticos.

La mayor parte de este grupo son polímeros lineales de alto peso molecular, que poseen cadenas asociadas por medio de fuerzas de *Van der Waals* débiles (polietileno); fuertes interacciones *dipolo-dipolo* y *enlace de hidrogeno* o incluso anillos aromáticos apilados (poliestireno), los cuales a temperaturas relativamente altas se vuelve deformable o flexible, se derrite cuando se calienta y se endurece en un estado de transición vítrea cuando se enfría lo suficiente.

Los termoplásticos son polímeros lineales, normalmente sin uniones laterales entre cadenas, esta linealidad de cadenas, justifica porque se ablandan durante el calentamiento, esto es debido a que las uniones entre las moléculas desaparecen y el material fluye como un líquido viscoso, por lo que es fácil darle forma, a diferencia de los polímeros termoestables o termofijos este tipo de polímeros después de calentarse y moldearse pueden recalentarse y formar otros objetos.

Sus propiedades físicas cambian gradualmente si se funden y se moldean varias veces (histórico térmico) generalmente disminuyéndose estas propiedades al debilitar los enlaces.

Esta linealidad de cadenas justifica porque se ablandan durante el calentamiento entre las moléculas desaparecen y el material fluye como un líquido viscoso, por lo que es fácilmente conformable.

Las matrices termoplásticas tienen las siguientes características:

- Son más difíciles de procesar ya que deben tener un alto peso molecular para presentar buenas propiedades mecánicas.
- Se pueden reciclar ya que se reblandecen al calentar y vuelven a la forma sólida al enfriarlos.

Están constituidas por moléculas lineales unidas por enlaces sencillos. Tienen una temperatura por encima de la cual empiezan a fluir y al enfriarlos por debajo de esa temperatura vuelven a su estado sólido. El procesamiento de los termoplásticos consta de una fase de calentamiento para ablandar el material y realizar el moldeo y una fase de enfriamiento posterior para endurecerlo esta usualmente acompañado por el calentamiento del material para ablandarlo y efectuar posteriormente el moldeo. Una vez moldeado en su forma apropiada se enfría hasta el endurecimiento.

Las matrices termoplásticas se caracterizan por presentar las siguientes propiedades mecánicas:

✓ **Ventajas:**

- Buena resistencia química.
- Baja absorción de humedad.
- Velocidad de producción elevada debido a la menor duración del ciclo de moldeo.
- Las piezas se pueden reparar fácilmente al reblandecer las piezas por efecto del calor y unir las partes.

- Se pueden reciclar.
- Admiten el almacenamiento ilimitado frente a las termoestables que deben almacenarse en condiciones controladas de temperatura y humedad.

✓ **Inconvenientes:**

- Tendencia a la fluencia a temperaturas elevadas.
- Para tener buenas propiedades mecánicas el peso molecular debe ser elevado y por lo tanto, la viscosidad también, esto da lugar a que la impregnación de las fibras sea difícil.
- Requieren temperaturas y presiones elevadas para su moldeo.

A pesar de sus desventajas, en la actualidad las matrices termoplásticas están sustituyendo a las termoestables debido sobre todo porque se recicla.

Las moléculas en estos polímeros lineales tienen un intervalo definido de pesos moleculares y se empaquetan según diferentes configuraciones, algunas como por ejemplo el poliestireno son amorfas, otras como el polietileno con cristalinas, este amplio rango de pesos moleculares y geometría de empaquetamiento hace que los termoplásticos no presentan un punto definido de fusión, en su lugar su viscosidad cubre un intervalo de temperaturas, como sucede con los cristales inorgánicos.

Los termoplásticos se fabrican adicionando (polimerizando) monómeros para alcanzar largas cadenas, siendo muchos de ellos la repetición de una cadena o unidad varias veces, como podemos observar en la siguiente *tabla 19*.

TERMOPLASTICOS	COMPOSICION	APLICACIONES
Polietileno, PE	$-\text{[CH}_2\text{]}_n-$	Tuberías, planchas, botes, vasos, aislantes eléctricos, bolsas,...
Polipropileno, PP	$-\text{[CH}_2\text{-CHCH}_3\text{]}_n-$	Las mismas que el PE pero más resistente a la luz solar.
Politetrafluoroetileno, PTFE (TEFLON)	$-\text{[CF}_2\text{]}_n-$	Cojinetes, cierres estancos, recubrimientos antiadherentes.
Poliestireno, PS	$-\text{[CH}_2\text{-CHC}_6\text{H}_5\text{]}_n-$	Objetos moldeados de bajo coste. Tenaz si está aleado con butadieno (HIPS). Protección de objetos como poliestireno expandido.
Polivinilcloruro, PVC	$-\text{[CH}_2\text{-CHCl]}_n-$	Piezas estructurales. Plastificado para obtener cuero artificial, tejidos, ...
Polimetilmetacrilato, PMMA(PERPEX)	$-\text{[CH}_2\text{-C(CH}_3\text{)(COOCH}_3\text{)}]_n-$	Transparente. Laminado para hojas de ventanas, parabrisas,...
Nilón 66	$-\text{[C}_6\text{H}_{11}\text{NO]}_n-$	Tejidos, cuerdas,... parcialmente cristalino una vez estirado.

Tabla 19. Ejemplos de termoplásticos.

A continuación se clasifican y definen los termoplásticos más utilizados e importantes:

#### ❖ POLIETILENO(PE)

Es químicamente el polímero más simple, se representa como  $\{\text{CH}_2\text{-CH}_2\}_n$  de manera repetitiva. Es uno de los plásticos más comunes ya que su producción mundial es muy elevada y tiene un bajo coste, es químicamente inerte y posee buena tenacidad.

Se obtiene de la polimerización del etileno del que deriva su nombre, polímero de cadena lineal no ramificada, aunque las ramificaciones son comunes en los productos comerciales. Las cadenas de polietileno se disponen bajo la temperatura de reblandecimiento  $T_g$  (Temperatura de transición vítrea) en regiones amorfas y semicristalinas.

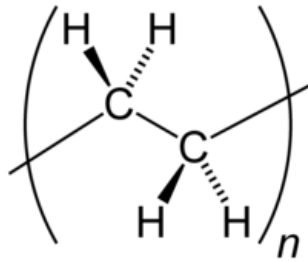


Fig.63.Estructura química del polietileno.

Este polímero puede ser producido por diferentes reacciones de polimerización, como por ejemplo: *polimerización por radicales libres*, *polimerización aniónica*, *polimerización por coordinación de iones* o *polimerización catiónica*. Cada tiempo de polimerización produce un tipo diferente de polietileno.

Envases obtenidos por soplado, depósitos de combustible y productos extruidos (tuberías y filmes). Debido a su gran facilidad de extrusión para films, los polietilenos son muy utilizados para recubrimientos de otros materiales, papel, cartón, aluminio,... y para embalajes (fundas de plásticos).

· **PE de Alta Densidad (PEAD o HDPE)(highdensitypoluethylene):**

Es un plástico incoloro, inodoro, no toxico, fuerte y resistente a golpes y productos químicos. Su temperatura de fusión es de 120°C. Se utiliza para fabricar distintos tipos de envases de fontanería, tuberías flexibles, prendas textiles, contenedores de basura,... todos ellos son productos de *gran resistencia y no atacables* por los agentes químicos. La resistencia térmica permite usarlo para envases que deban ser esterilizados en autoclave (leche, sueros,...).

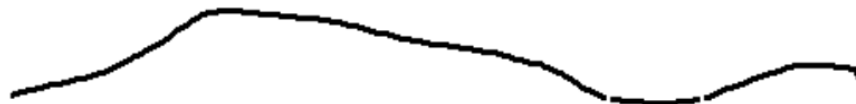


Fig.64. Molécula lineal de PE de Alta densidad o HDPE.

· **PE de Baja densidad (PEBD o LDPE)(lowdensitypolyethylene):**



Es un polímero con cadenas de moléculas *menos ligadas y mas dispersas*. Es un plástico incoloro, inodoro, no toxico, mas blando y flexible que el de alta densidad. Se ablanda a partir de los 85°C, por lo que se necesita menos energía para destruir sus cadenas, por tanto es menos resistente. Entre sus propiedades mas importante se encuentra que es un buen aislante. Se utiliza para bolsas en comercios, tuberías flexibles, aislantes para conductores eléctricos,...



Fig.65. Molécula lineal de PE de Baja densidad o HDPE.

· **PE Lineal de Baja Densidad (PELBD o LLDPE)(linear lowdensitypolyethylene):**

Se emplea en la fabricación de *tuberías* subterráneas de gas natural los cuales son fáciles de identificar por su color amarillo.

El polietileno con peso moleculares de tres a seis millones se denomina *polietileno de peso molecular ultra=alto, o UHMWPE*. El *UHMWPE* se puede utilizar para hacer fibras que son tan fuertes que sustituyeron al Kevlar para su uso en chalecos a prueba de balas. Grandes laminas de éste se pueden utilizar en lugar de hielo para pistas de patinaje.

Es posible obtener también polietileno reticulado, esto es, entrecruzado. Se emplean agentes de curado específicos, se reduce el grado de cristalinidad haciéndoles entonces menos rígidos, menos duros y con menor limite de fluencia. Sin embargo, aumenta, por su carácter termoestable, la resistencia térmica, se aplica a recubrimientos especiales de cable y en tuberías de suelo radiante o instalaciones geotérmicas.

## ❖ POLIPROPILENO(PP)

Es un polímero termoplástico parcialmente cristalino, el polipropileno se obtiene de la polimerización de propileno (o propeno). Pertenece al grupo de las poli olefinas y es utilizado en una amplia variedad de aplicaciones que incluyen empaques para alimentos, tejidos, equipo de laboratorio, componentes automotrices y películas transparentes. Tienen gran resistencia contra diversos solventes químicos, así como contra álcalis y ácidos.



Por su mecanismo de polimerización, el PP es un polímero de reacción en cadena y por su composición química es un polímero vinílico (cadena principal formada exclusivamente) y en particular una poliolefina.

Las moléculas de polipropileno se componen de una cadena principal de átomos de carbono enlazados entre si, de la cual cuelgan grupos metilos ( $-CH_3$ ) a uno u otro de la cadena.

Las propiedades de PP dependen enormemente del tipo de tacticidad o el orden en el que se presenten sus moléculas.

### · POLIPROPILENO (PP); 1950's.

Se usa para hacer jeringuillas médicas, parte interior de automóviles.

Posee alta lubricidad, alta resistencia a la flexión, buen dieléctrico y resistencia química, también poseen buena fuerza de impacto.

Es barato y difícil de pintar e imprimir, para ello tendrá que ser tratado superficialmente con ácido nítrico.

- **ISOCTANO:** Es el propileno que mas se utiliza, todos que los grupos metilos están en el mismo lado.

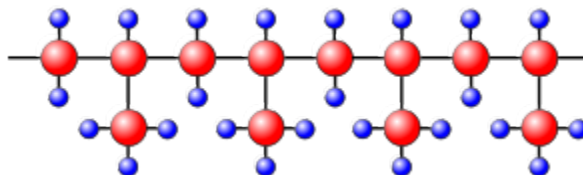
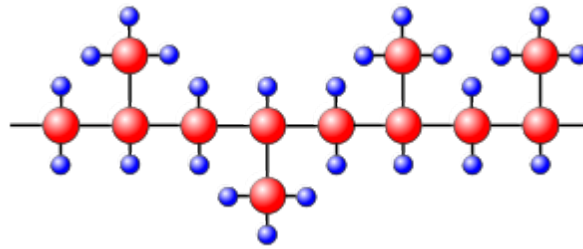


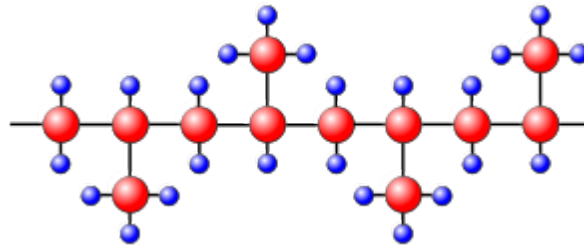
Fig.66. PP isotático.

- **ATÁCTICO:** Cuando el grupo metilo no tienen un orden aparente.



*Fig.67. PP atáctico.*

- **SINDIOTÁCTICO:** Cuando los grupos metilos están alternado cada uno a un lado del otro.



*Fig.68. PP sindiotáctico*

Según el grado del polipropileno podemos definir las siguientes propiedades:

- **HOMOPOLÍMEROS:** Se denominan a los polipropilenos obtenidos de la polimerización del propileno puro. Tienen en general una buena serie de propiedades mecánicas y por ellos se les suele emplear para fabricar objetos con densidad baja, alta rigidez, alto punto de fusión y por ello, temperatura de servicio altas.
- **COPOLIMEROS AL AZAR:** Se fabrican introduciendo simultáneamente propileno y etileno en un mismo reactor (el contenido en etileno suele ser bajo, entre 5%-30%). Tienen, como los homopolímeros, buenas propiedades en general, aunque destacan su mayor transparencia, su mejor resistencia al impacto y su menor punto de fusión. Estas propiedades condicionan las aplicaciones a las que están dirigidos, siendo una de las más conocidas los envases alimentarios.



- **COPOLIMEROS EN BLOQUE:** De esta manera se obtiene un producto mezcla (bloques de PP isotáctico y bloques de PP atáctico), donde se encuentran dos fases diferenciadas pero estrechamente unidas. Por sus buenas propiedades de resistencia al impacto se les denomina también *copolímeros de impacto*. Tiene una rigidez inferior a la del homopolímero y se les destina a aplicaciones como parachoques, maletas o contenedores.
- **CAUCHOS EPR- (Ethylene-PropyleneRubber):** los denominados cauchos etileno propileno son copolímeros con un alto contenido en etileno, que se caracteriza por su baja cristalinidad y por sus propiedades elastoméricas. Suele emplearse como mejoradores de impacto en mezclas con otros polímeros (FPM Y FPDM)

El polipropileno es un plástico muy versátil, lo que hace que sus aplicaciones sean numerosas y muy variadas en muchos campos de la industria, comercio y otros sectores.

#### ❖ POLIESTIRENO(PS)

Se obtiene de la polimerización del estireno, existen 4 tipos de PS principales:

- **PS cristal:** es transparente, rígido y quebradizo.
- **PS de alto impacto:** resistente y opaco.
- **PS expandido:** muy ligero.
- **PS extrusionado:** similar al expandido pero mas denso e impermeable.

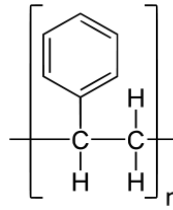


Las aplicaciones principales del PS de alto impacto y el PS cristal son la fabricación de envases mediante extrusión-termodeformado y de objetos diversos mediante moldeo por inyección, la forma expandida y extruida se emplean principalmente como aislantes térmicos en construcción y para formar coquillas de protección en los embalajes de objetos frágiles.

El PS se utiliza como empaquetado barato: bolígrafos, cuchillas de afeitar, cubiertos,...

En formato de espuma de poliestireno se utiliza para fabricar piezas de alto rendimiento, donde la estructura es primordial.

Es un material que no tiene una estructura fuerte pero es muy fácil de moldear, es barato y posee una excelente transparencia.



*Fig.69. Estructura química del monómero del poliestireno.*

Se usa para fabricar envases, tapaderas de bisutería, componentes electrónicos y otros elementos que precisan una gran ligereza, muebles de jardín, mobiliario de terraza de bares,...

El poliestireno es también un componente de un tipo de caucho llamado poliestireno-butadieno-estireno, o caucho SBS. El caucho SBS es un elastómero termoplástico.

La forma esponjosa se llama PS expandido (EPS) o corcho blanco (styrofoam), que se utiliza para fabricar embalajes y envases de protección, así como en aislamientos térmicos y acústicos en paredes y techos. También se emplea en las instalaciones de calefacción. Al plástico no-celular se le denomina a veces GPPS.

Las propiedades generales del poliestireno son:

- Baja densidad.
- Altamente lineal, atáctico, amorfo y transparente.
- Alto límite de Young. Aceptable resistencia mecánica. Resiste a los golpes si HIPS. Muy baja ductilidad. Dureza Shore D de 85 a 90, similar a la del policarbonato (PC).
- Buena resistencia al ataque químico.
- Fácil procesamiento (permite ser procesado en un amplio rango de temperaturas).
- Fácil coloración.
- Bajo costo.
- Buen brillo.
- Temperatura de transición vítrea alrededor de 102°C.
- Es el cuarto plástico más consumido tras PE, PP y PVC.

*El EPS es uno de los materiales que se pueden utilizar como núcleo en la fabricación de tablas.*

## ❖ POLICLORURO DE VINILO(PVC)

El PVC es el producto de la polimerización del monómero de Cloruro de vinilo o policloruro de vinilo. Es el derivado del plástico mas versátil. Este se pueden producir mediante cuatro procesos diferentes: *suspensión, emulsión, masa y solución*.



Se presenta como un material blanco que comienza a reblandecer alrededor de los 80°C y se descompone sobre 140°C. Es un polímero por adición y además una resina que resulta de la polimerización del cloruro de vinilo o cloroetano. Tiene una muy buena resistencia eléctrica y a la llama.

El átomo de cloro enlazado a cada átomo de carbono le confiere características amorfas principalmente e impiden su recristalización, la alta cohesión entre moléculas y cadenas poliméricas del PVC se deben principalmente a los momentos dipolares fuertes originados por los átomos de cloro, los cuales a su vez dan cierto impedimento estérico es decir que repelen moléculas con igual carga creando repulsiones electrostáticas que reducen la flexibilidad de las cadenas poliméricas, esta dificultad en la conformación estructural hace necesario la incorporación de aditivos para ser obtenido un producto final deseado.

El PVC se caracteriza por ser dúctil y tenaz, presenta estabilidad dimensional y resistencia ambiental. Además se puede reciclar por varios métodos.

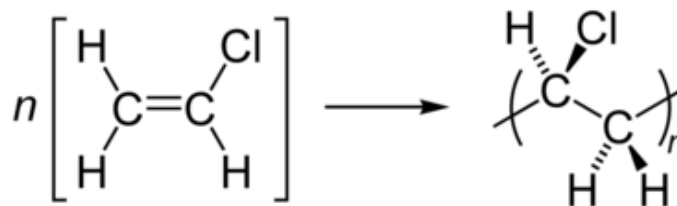


Fig.70. Molécula Cloruro de polivinilo.

Se utiliza en tuberías, aislamiento de cables, aplicaciones medicas,... es fácil de procesar, es un termoplástico que tiene una alta fuerza dieléctrica, estabilidad al aire libre, resistencia química, es estable a la humedad y tiene un coste bajo, además de resistencia a baja temperatura.

En la industria existen dos tipos:

- **PVC Rígido:** se le denomina también PVC sin plastificar (unplasticized PVC, cuyas siglas serían UPVC) se utilizan para la fabricación de envases, ventanas, tuberías las cuales han reemplazado en gran medida al hierro, ya que este se oxida más fácilmente.
- **PVC Flexible:** El contenido de plastificante puede llegar al 40% y poseer un comportamiento muy cercano al caucho. Este tipo de PVC se utilizan para la fabricación de cables, juguetes, calzados, pavimentos, recubrimientos, techos tensados,...

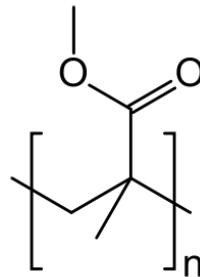
#### ❖ **POLIMETACRILATO DE METILO(PMMA)**

Este tipo de termoplástico compite en cuanto aplicación con otros como el policarbonato (PC) o poliestireno (PS), pero el acrílico se destaca frente a los otros plásticos, en que posee mayor resistencia a la intemperie, mayor transparencia y más resistencia al rayado.



PC, PMMA, PA, TPU,  
SAN, ABS, EVA ...

El PMMA es un polímero vinílico, formado por polimerización vinílica de radicales libres a partir del monómero metil metacrilato y es amorfo.



*Fig.71. Molécula de Polimetacrilato*

Las características del PMMA son las siguientes:

- Tiene buenas características mecánicas y se puede pulir con facilidad, por esta razón se utiliza para fabricar objetos de decoración. También se emplean como sustitutivo del vidrio por ejemplo para construir vitrinas, debido a su resistencia a los golpes también se utilizan para barreras de pistas de hielo por ejemplo.
- En su presentación translúcida o transparente se usa para fabricar letreros, paneles luminosos y gafas protectoras.

- También es usado en la fabricación de las ventanas de los aviones, piezas de óptica, accesorios de baño o muebles. Es muy práctico también en la industria del automóvil.
- Es fácil de mecanizar.
- No es tóxico si está totalmente polimerizado, su componente el MMA (monómero de metacrilato de metilo) si lo es en fase líquida.
- Su principal inconveniente es su elevado coste, pero es más barato que el policarbonato (PC) por ejemplo.

#### ❖ **POLICARBONATO(PC)**

Es un termoplástico fácil de trabajar, moldear y termoformar. Son utilizados ampliamente en la industria moderna.

Toma su nombre de los grupos carbonato de su cadena principal, polímeros que presentan grupos funcionales unidos por grupos carbonato en una cadena larga molecular. Teniendo en cuenta la síntesis del grupo carbonato, se puede dividir a los policarbonatos en *carbonatos poliaromáticos* y *carbonatos polialifáticos*, estos últimos son producto de la reacción del dióxido de carbono con epóxidos. Se requiere el uso de catalizadores debido a la estabilidad termodinámica del dióxido de carbono.

Sus principales usos y aplicaciones se citan a continuación:

- Se usa en electrotecnia gracias a su buen comportamiento eléctrico e inflamabilidad, aparatos electrodomésticos, piezas de automóviles, luminotecnia, cascos de seguridad,...
- El policarbonato, o específicamente el *policarbonato de bisfeno A*, es un plástico claro usado para hacer ventanas inastillables, lentes livianas para anteojos y otros.

#### ❖ **POLITETRAFLUOROETILENO(PTFE)(TEFLON)**

El teflón (PTFE) es un polímero similar al polietileno, en el que los átomos de hidrógeno, han sido sustituidos por átomos de flúor.

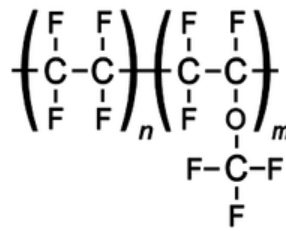


Fig.72. molécula tetrafluoroeteno

Es prácticamente inerte, no reacciona con otras sustancias químicas excepto en situaciones muy especiales. Esto se debe básicamente a la protección de los átomos de flúor sobre la cadena carbonada.

Tiene buenas propiedades mecánicas, aceptable resistencia a la tracción a muy baja y muy alta temperatura, buen comportamiento a la fatiga y a los choques, es flexible, con resistencia total al envejecimiento a la humedad y a los rayos ultravioletas. El PTFE esta clasificado entre los materiales "incombustibles" en el aire, es biocompatible, buen aislante eléctrico sobre un amplio rango de temperaturas y frecuencias. Tiene un coeficiente de rozamiento muy bajo y gran impermeabilidad manteniendo además sus cualidades en ambiente húmedo.

Un subproducto presente en el teflón, el *ácido perfluorooctanoico*, resulta además de contaminante (no biodegradable) es un componente potencialmente cancerígeno para el ser humano, incluso ha sido relacionado con la infertilidad, trastornos inmunitario y problemas de crecimiento prenatal.

Entre sus aplicaciones y usos se destaca:

- Es un gran aislante térmico y sumamente flexible, no se altera por la acción de la luz y es capaz de soportar temperaturas desde -270°C hasta 270°C, en este momento es cuando puede comenzar a agrietarse y producir vapores tóxicos. Su cualidad mas conocida es la antiadherencia.
- Material de laboratorio, juntas de membranas, segmentos, bombas, compresores, asientos de válvulas, manguitos, recubrimientos antiadherentes de sartenes,...

### ❖ POLITEREFTALATO DE ETILENO(PET)

El PET es un tipo de plástico muy usado en envases de bebidas y textiles. Es un poliéster saturado, ya que los insaturados son termoestables.

Químicamente el PET es un polímero que se obtiene mediante una reacción de policondensación entre el *ácido tereftálico* y el *etilenglicol*. Pertenece al grupo de materiales sintéticos denominados poliésteres.

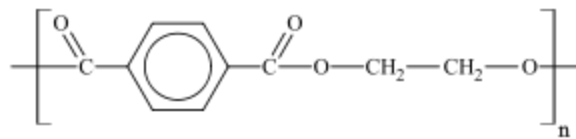


Fig.73. estructura química del PET.

Es un polímero termoplástico lineal, con un alto grado de cristalinidad. Como todos los termoplásticos puede ser procesado mediante extrusión, inyección, inyección y soplado, soplado de preforma y termoconformado. Para evitar el crecimiento excesivo de las esferulitas y lamelas de cristales, este material debe ser rápidamente enfriado. Con esto se logra una mayor transparencia esto es debido a que al enfriarse rápido consiste en que los cristales no alcanzan a desarrollarse completamente y su tamaño no interfiere con la longitud de onda de la luz visible de acuerdo con la teoría cuántica.

Entre sus propiedades destacamos:

- Alta rigidez y dureza.
- Altísima resistencia a los esfuerzos permanentes.
- Superficie barnizable.
- Gran indeformabilidad al calor.
- Muy buenas características eléctricas y dieléctricas.
- Alta resistencia a los agentes químicos y estabilidad a la intemperie.
- Alta resistencia a la flexión y baja absorción de humedad que lo hacen muy adecuado para la fabricación de fibras.
- Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica. Se funden cuando se calientan.

Se pueden definir diferentes aplicaciones en las que el PET forma parte ya que es un plástico técnico de gran calidad, entre las que destacan:

- Fabricación de piezas técnicas, envases, fibras de poliéster. Entre los materiales mas fabricados destacan: envases de bebidas gaseosas, jarabes, aceites, bandejas,...
- En forma de fibras, los poliésteres se usan, a partir de los años 70, para confeccionar ropa.

Las propiedades físicas del PET y su capacidad para cumplir diversas especificaciones técnicas han sido las razones por las que el material haya alcanzado un desarrollo relevante en la producción de fibras textiles y en la producción de una gran diversidad de envases, es especialmente en la producción de botellas, bandejas, flejes y laminas.

Es interesante saber porque las botellas plásticas no son retornables y si las viejas botellas de vidrio, y es porque el PET tiene una temperatura de transición vítrea demasiado baja, es decir, la temperatura a la cual el PET se ablanda. El hecho de reutilizar una botella, por ejemplo de refresco, requiere que la misma sea previamente esterilizada antes de que se utilice otra vez.

Esto significa lavarlas a temperaturas realmente altas, temperaturas demasiado elevadas para el PET.

### **Termoestables.**

Los polímeros termoestables son polímeros infusibles e insolubles, también llamados resinas. La razón de tal comportamiento estriba en que las cadenas de estos materiales forman una red tridimensional espacial, entrelazándose con fuertes enlaces covalentes. La estructura así formada es un conglomerado de cadenas entrelazadas dando la apariencia y funcionando como una macromolécula que al elevarse la temperatura de esta, simplemente las cadenas se compactan mas haciendo al polímero mas resistente hasta el punto en que se degrada, el calor no los funde si no que los carboniza.

El proceso de polimerización se suele dar en dos etapas:

- En la primera se produce la *polimerización parcial*, formando cadenas lineales mientras que en la segunda el proceso se completa entrelazado las moléculas aplicando calor y presión durante el conformado. La primera etapa se suele llevar a cabo en la planta química.



- La segunda etapa se realiza en la planta de fabricación de la pieza terminada.

La fabricación con ellos consiste en mezclar una sustancia base con un catalizador que provoca la reacción. Esta reacción recibe el nombre de curado de resina y después de producirse, la forma con la que se mezcle es inalterable. La reacción de curado es irreversible, de forma que el plástico resultante no puede ser reciclado, ya que si se incrementa la temperatura el polímero no funde, sino que alcanza su temperatura de degradación.

✓ **Ventajas:**

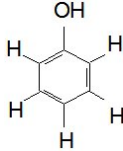
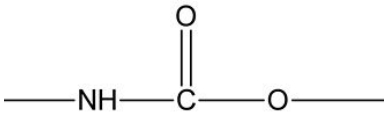
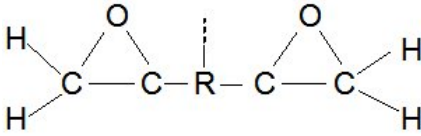
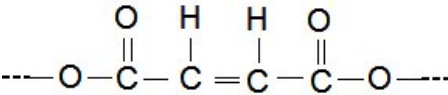
- Alta estabilidad termina.
- Alta rigidez.
- Alta estabilidad dimensional.
- Resistencia a la termofluencia y deformación bajo carga.
- Peso ligero.
- Altas propiedades de aislamiento eléctrico y térmico.

✗ **Inconvenientes:**

- Dificultad de procesamiento.
- Necesidad de curado.
- Carácter quebradizo del material (frágil).
- No pueden refundirse para darles una nueva forma. Admiten reciclaje químico.
- Son más frágiles que las termoplásticas.

Los termoestables que se presentan en resina, se puede reforzar en forma relativamente fácil con fibras, como las de fibras de vidrio, por ejemplo, formando así, los plásticos reforzados. Los termoplásticos también se pueden ocupar con esta técnica.

En la siguiente *tabla 20*. se clasifican los polímeros termoplásticos mas importantes y usados.

TERMOELASTICOS	COMPOSICION	APLICACIONES
Fenólicas		Industria electrónica, adhesivos, revestimientos, laminados.
Poliuretano		Fibras, revestimientos, espumas, aislantes.
Resina Epoxi		Adhesivos, moldeados eléctricos, matriz para laminados aeronáuticos, revestimientos de latas de alimentos y bidones.
Poliéster		Moldeados eléctricos, laminados decorativos, matrices para refuerzo con fibra de vidrio.

*Tabla 20. Tipos de termoelásticos*

Se va a estudiar la fabricación de surf definiendo lo termoeslásticos, centrando el estudio en las dos resinas fundamentalmente para este proyecto: Resinas epoxi y Resina poliéster.

### ❖ RESINAS FENÓLICAS (PF)

Es una resina sintética termoestable, obtenida como producto de la reacción de los fenoles con el formaldehído. A veces, los precursores son otros aldehídos u otro fenol. Las resinas fenólicas se utilizan principalmente en la producción de tableros de circuitos, son los mas conocidos sin embargo, para la producción de productos moldeados como bolas de billar, encimeras de laboratorio, revestimiento y adhesivos.

Existen dos tipos de resinas fenólicas, los *resoles* y el *novolac*.

- Los *resols* se obtienen cuando se usa un catalizador básico en la polimerización. El producto tiene uniones cruzadas entre las cadenas que permiten redes tridimensionales termoestables.

El alto entrecruzamiento da este tipo de resina fenólica que posee dureza, buena estabilidad térmica, química e impermeabilidad.

- El *novolac* se hace usando catalizadores ácidos. Aquí las cadenas no tienen uniones cruzadas por lo que el producto es permanentemente soluble y fundible.

Las propiedades más importantes de los termoestables fenólicos son su dureza, su rigidez y su resistencia a los ácidos. Tienen excelentes propiedades aislantes y se pueden usar continuamente hasta temperaturas de 150°C. Se usan para producir controles, manijas, aparatos, pegamentos, adhesivos, material aislante, laminados para edificios, muebles, tableros y partes de automóviles. Estas resinas son las mas baratas y las mas fáciles de moldear. Pueden reforzarse con aceites, aserrín de madera u fibras de vidrio.

Un ejemplo muy conocido de este tipo de resinas es la *baquelita*, el material industrial de polímeros sintéticos mas antiguos, el atractivo estilo *retro* de los viejos productos de baquelita y la producción masiva han hecho que, en los últimos años, los objetos de este material se lleguen a considerar de colección. Su amplio espectro de uso la hizo aplicable en las nuevas tecnologías como carcasas de teléfonos y radios, hasta estructura de carburadores.

#### ○ **Propiedades**

- Se fabrican en pocos colores, normalmente negro o marrón. Tienen buenas propiedades eléctricas, térmicas y mecánicas, por eso se emplean como aislantes.
- Elevada resistencia a la corrosión química.

#### ○ **Aplicaciones**

- Dispositivos eléctricos, conectores, botones, laminados para tableros contrachapados, colas, adhesivos, pomos y mangos de utensilios de cocina.

### ❖ **RESINAS POLIURETANO (PUR)**

Es un polímero que se obtiene mediante condensación de bases hidroxílicas combinadas con isocianatos. Los poliuretanos se clasifican en dos grupos, definidos por su estructura química, diferenciados por su comportamiento frente a la temperatura.

De esta manera pueden ser de dos tipos: *poliuretano termoestables* o *poliuretanos termoplásticos* (según si degradan antes de fluir o si fluyen antes de degradarse, respectivamente)

Los poliuretanos termoestables mas habituales son las espumas.

Dependiendo del grado de enlaces cruzados, los uretanos se comportan como polímeros termoestables, como polímeros termoplásticos o como elastómeros.

- **Propiedades**

- Se combinan con rellenos de celulosa, obteniéndose productos baratos con buena rigidez y resistencia al impacto.

- **Aplicaciones**

- Adhesivos, resinas de unión para tableros contrachapados, cascos de barcos, recubrimientos para papel.

## ❖ RESINAS EPÓXICAS

Este tipo de resina empieza a fabricarse en 1938 y constituyen el material de matriz mas utilizado en los composites avanzados.

Se basan en los llamados epóxidos (generalmente bisfenol A), que endurecen por poliadición al reaccionar con endurecedores polifuncionales como aminas, fenoles, poliácidos. El tipo de epóxido y endurecedor influyen en las características finales del sistema de resina como, por ejemplo, la resistencia térmica, la ductilidad y el modo de endurecimiento. Estas cadenas se polimerizan y a continuación se les hace reaccionar con agentes que aceleran el curado que proporcionan los enlaces cruzados.

Poseen las mejores características mecánicas y de mayor resistencia térmica, su estabilidad dimensional es otro punto fuerte de estas resinas, que se traduce en una ausencia de contracción durante el proceso de curado.

Como inconveniente principal se destaca su absorción a la humedad, su elevado costo y debido a su gran viscosidad, dificultad de impregnación de los refuerzos.

Son un polímero termoestable que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor.

○ **Propiedades**

- Adherencia optima.
- Buen aislamiento eléctrico.
- Buena resistencia mecánica.
- Resisten la humedad.
- Resisten el ataque de fluidos corrosivos.
- Resisten temperaturas elevadas.
- Excelente resistencia química.
- Poca contracción al curar.
- Excelentes propiedades adhesivas.

○ **Aplicaciones**

- Pinturas y acabados.
- Adhesivos.
- Restauración monumental.
- Revestimientos alimenticios e industriales.
- Arte.
- Pavimentos industriales-decorativos.
- Industria aeroespacial, etc.

La presentación de las resinas epoxi para su comercialización viene en una amplia gama, desde líquidos de baja viscosidad hasta sólidos de alto punto de fusión y polvos.

✓ **Ventajas**

- El grado de contracción durante el curado es bajo.
- Su resistencia térmica es elevada.
- Más resistentes al impacto.

✗ **Desventajas**

- Elevado precio.
- El curado de la resina es lento.
- Alta viscosidad.

❖ **RESINA DE POLIÉSTER**

Desde su descubrimiento en 1936 las resinas de poliéster insaturado han ido ganando terreno hasta ser en la actualidad el 75% del total de las resinas utilizadas en el mercado de los materiales compuestos de matriz termoestable.

Se producen a partir de reacciones de policondensación entre los monómeros diol + ácido dicarboxílico.

Según la naturaleza de sus monómeros se dividen en:

- Ortoftálicas
- Isoftálicas

Cuando la reacción de condensación entre dos monómeros ha finalizado, la resina poliéster formada, se disuelve en un medio reactivo, generalmente estireno. El estireno ayuda a fluidizar el conjunto disminuyendo la viscosidad de la resina, con lo que facilita la impregnación del refuerzo.

El monómero será el medio promotor de la estructura reticulada rígida, una vez se haya realizado la reacción de endurecimiento pasando de una solución de baja viscosidad a un polímero termoestable tridimensional.

Las resinas de poliéster presentan una baja temperatura de transición vítrea, y su resistencia y rigidez no son elevadas. Como principal inconveniente podemos mencionar que tienden a contraerse durante el endurecimiento (hasta 7% en volumen) pero aun así se encuentra entre los sistemas de matriz mas económicos.

Para que se produzca la polimerización de la resina se le debe añadir un sistema catalítico o de curado comprendido de un iniciador y de un acelerador, que se elige en función del iniciador (fundamentalmente peróxidos).

En función de la temperatura de curado de la resina y de la exoterma de la reacción de reticulación se emplean diferentes tipos de peróxidos, los cuales difieren básicamente en los tiempos de gel y de endurecimiento y en la vida de la resina una vez catalizada.

El curado de la resina de poliéster tiene lugar por polimerización a través de grupos insaturados en la cadena del poliéster y en el estireno u otro monómero. Se podría afirmar que las resinas poliéster, empiezan su curado tan pronto como se le añade el catalizador.

Las características principales de las resinas suelen suministrarse en forma de hojas técnicas en las que se brindan información de una serie de parámetros como:

- Tiempo de gelificación.
- Tiempo de curado.
- Temperatura máxima.

Una vez pasado el punto correspondiente a la temperatura máxima o pico exotérmico, la resina se enfría lentamente mientras la reacción química aminora. Cuando se llega a este punto la mayor parte del catalizador ya ha sido empleado en la reacción.

El curado de la resina de poliéster se puede considerar que se lleva a cabo en tres etapas:

- **Gelificación**, etapa en la que la resina cambia de líquido fluyente a un gel blando.
- **Endurecimiento**, donde la resina cambia de un gel blanco a un material endurecido que se puede extraer del molde.
- **Curado final**, en donde la resina adquiere sus propiedades mecánicas y químicas completas. Este proceso puede durar varias horas a temperatura elevada hasta varias semanas a temperatura ambiente.

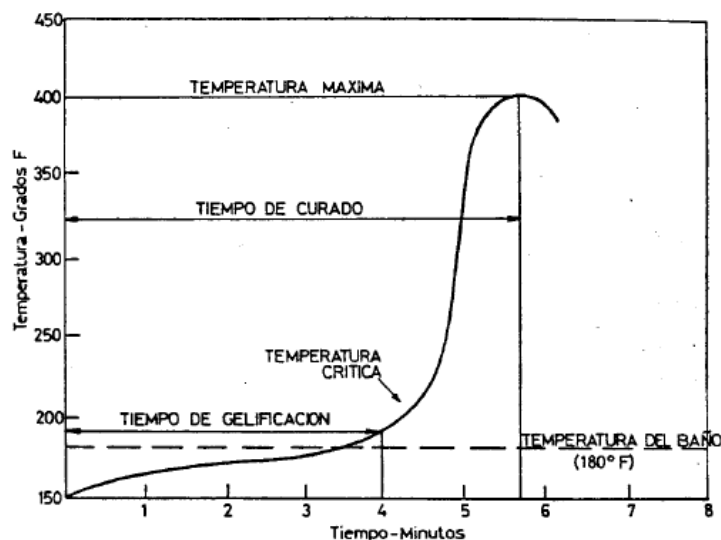


Fig.74. Curado poliéster en función del tiempo y temperatura.

Debido a que las resinas de poliéster son cuerpos inestables y tienen tendencia a polimerizar y gelificarse, deben conservarse en recipientes cerrado para evitar la acción del oxígeno y la evaporación de los productos, así como en un sitio oscuro, para evitar la acción de la temperatura y la luz.

La temperatura de trabajo ideal para esta resina es entre los 15 y 20°C. Por debajo de los 10°C las resinas de poliéster no endurecen o lo hacen muy lentamente.

Este tipo de resina contiene un grupo funcional éster en su cadena principal. Los poliésteres que existen en la naturaleza son conocidos desde 1830, pero el término poliéster generalmente se refiere a los poliésteres sintéticos (plásticos), provenientes de fracciones pesadas del petróleo. Las resinas de poliéster (termoestable) son usadas también como matriz para la construcción de equipos, tuberías anticorrosivos, fabricación de pinturas. Para dar mayor resistencia mecánica suelen ir reforzados con cortante o también llamados endurecedor o catalizador sin purificar.

Las resinas de poliéster con filtro UV son aquellas que se utilizan en todas las aplicaciones en las que se requiera una exposición prolongada al exterior y a los rayos UV. De esta manera, los productos fabricados con este tipo de resinas, no sufrirán ningún tipo de amarilleamiento. Normalmente, no será necesario aplicar ningún gelcoat ni barnices posteriores, ya que la propia resina está protegida contra los rayos solares.

Cuando se habla de laminación se hace referencia al proceso que representa la impregnación de una resina sobre un tejido de vidrio, carbono, aramida o similar. Las resinas de poliéster para laminar, por lo general, ya vienen aceleradas (contienen octoato de cobalto en su formulación), por lo que únicamente necesita la adición de un catalizador (peróxido de mec) para conseguir su endurecimiento a temperatura ambiente. Las resinas se pueden encontrar sin filtro y con filtro UV, las segundas se utilizan cuando se quiere evitar su amarilleamiento con la exposición a la luz solar y al exterior.

- **Propiedades**

- Se combinan con la fibra de vidrio formando materiales compuestos de gran resistencia.
- Tienen un color que puede variar desde el gris pálido hasta blanco diluido y apagado.

- **Aplicaciones**

- Reforzado con fibra de vidrio para tableros contrachapados, cascos de barcos, recubrimientos para papel. También usadas en otras industrias como la automotriz como adhesivo e incluso como relleno de madera.



### ✓ Ventajas

- Las resinas poliéster son resistentes al agua y a los rayos UV.
- Rápido tiempo de curado.
- Son maleables hasta que se calientan, entonces quedan permanentemente endurecida que no cambian su estado incluso si se le somete el mismo calor por segunda vez.

### X Desventajas

- Son generalmente viscosas. Si se quiere reducir esta viscosidad se le agrega estireno, sin embargo como contrapartida al añadir este, pueden generar humos tóxicos que va en contra de la salubridad de las personas que trabajen con las resinas.
- Pueden ser ligeramente frágiles por su resistencia a ser doblada o cambiada, cuando se les aplica suficiente presión pueden resquebrajarse.

### ○ Tipos de resina poliéster

Esta clasificación se basa en la aplicación final de las resinas y de los monómeros de los cuales parten:

- *Poliéster de uso general (GP)*
- *Poliéster con propiedades específicas.*

Las *resinas de poliéster de uso general*, son productos de bajo coste, buenas propiedades mecánicas y buen comportamiento eléctrico, se mantienen con viscosidad media y baja y solo requieren la adición de acelerador y catalizador.

Es la resina mas utilizada en moldeo por contacto y por proyección utilizándose en la industria naval, transporte, industria del mueble, etc.

Las *resinas de poliéster con propiedades específicas*, son formulaciones con fines determinados, y existe un amplio rango, se pueden destacar resinas de poliéster flexible, para aplicaciones eléctricas, resistentes al calor, autoextinguibles, resistentes a los rayos ultravioletas, etc.

### 1.8.5. MONÓMEROS.

Las funciones principales del monómero son dos: Actuar como disolvente de la resina, para que presente un aspecto líquido, para entrecruzar las cadenas de poliéster y así obtener una estructura cruzada de

termoestable. El estireno es el monómero mas utilizado debido a su baja viscosidad, facilidad de obtención y bajo coste.

#### **1.8.6. INHIBIDORES.**

Las funciones principales que desarrolla un inhibidor es las resinas poliéster se podría resumir en:

- Regularizar la fabricación de la resina para evitar que la reacción de polimerización no venga a complicar la reacción de policondensación.
- Asegurar una conservación suficiente cuando la resina este almacenada.
- Retardar la polimerización de la resina catalizada el tiempo suficiente para permitir las operaciones de moldeo.
- Limitar la elevación de la temperatura provocada por la reacción exotérmica de polimerización prolongando la duración de la reacción.

Entre los diferentes tipos de inhibidores se pueden diferenciar:

- *Estabilizantes*: evitan la polimerización.
- *Retardadores*: retardan el comienzo de la polimerización.
- *Para monómeros*: son diferentes respecto de los de resinas.

#### **1.8.7. CATALIZADORES.**

Los catalizadores de polimerización se añaden a la resina de poliéster solo en el momento de la preparación que precede al moldeo. El papel de los catalizadores es el de producir radicales libres que provoquen la iniciación de la reacción de polimerización necesaria para el endurecimiento de la resina. Existen varios tipos en el mercado que deben escogerse de acuerdo a las características del curado.

Los catalizadores basados en peróxidos orgánicos son altamente inflamables y en algunos casos sin la presencia del aire.

#### **1.8.8. ACTIVADORES.**

Los activadores o aceleradores, refuerzan la acción de los catalizadores y permiten polimerizar a temperaturas menos elevadas.

Ejercen una acción violenta sobre todo con los peróxidos con los que se recomienda no mezclar jamás el acelerador y el catalizador bajo la pena de provocar una explosión.

El activador se puede añadir a la resina antes de que se proceda la canalización. Existen activadores formados de compuestos metálicos (cobalto, manganeso y vanadio) de aminas terciarias y mixtas (sales metálicas y aminas)

Cada activador actúa sobre un grupo de catalizadores.

### **1.8.9. RECUBRIMIENTOS**

Los recubrimientos son una fina capa exterior, que se le aplica a la tabla para aumentar su resistencia al rayado, a la abrasión, intemperie, etc. Así como para decorarlas, ya sea con diferentes texturas, colores, etc.

Según su utilización posterior o anterior a la fabricación de la pieza, estos recubrimientos se dividen en:

- **Gelcoat**
- **Topcoat**
- **Cargas y aditivos**

#### **Gelcoat**

Gelcoat o hotcoat, consiste en aplicar una gruesa capa de resina de poliéster con estireno parafinado (5%) o resina epoxi, para darle engrose a la tabla una vez esta está laminada y seca, por consiguiente se adquiere mayor dureza en el tejido.

La forma de aplicarla es con una brocha dando trazadas largas desde el “Nose” hasta el Tail cubriendo toda la tabla, de manera que la resina quede distribuida uniformemente por toda la tabla.

Si se usa la resina solar UV espera 5 min antes de poner la tabla al sol, con esto consigue que el estireno parafinado pueda subir a la superficie.

El gelcoat es la primera capa de resina que protege al laminado del ataque químico y medioambiental, es la primera capa que se aplica sobre la tabla, constituye la superficie que estará en contacto con el exterior, actuando como barrera de desgaste de la misma.

La duración de la pieza estará íntimamente ligada a la calidad de esta barrera que es el *gelcoat*, el *gelcoat* oculta y protege las fibras de refuerzo del ataque de la humedad y del medio exterior, proporcionando una superficie mas atractiva, puede proporcionar las propiedades estéticas de la pieza como color brillo, proporciona resistencia al calor y brinda resistencia a la abrasión, todo ello con una total ausencia de porosidad superficial.

Los *gelcoat* son formulados a partir de resinas a las cuales se le añaden pigmentos y aditivos en suspensión, se diferencian por colores, sistema de curado y viscosidad.

Las funciones del *gelcoat*, o primera capa de resina en contacto con el exterior, se resumen en:

- Proporcionar a la fibra la protección adecuada de las influencias externas.
- Ocultar la fibra y presentar una superficie mas suave y atractiva.
- Proporcionar las propiedades de superficie requeridas: color, resistencia, abrasión, etc.
- Da engrose con su correspondiente dureza.

Los principales defectos debido a las capas de *gelcoat* son, la formación de un laminado desequilibrado, y, el que esta capa de resina este casi sin soporte, originando grietas, especialmente a tracción. Para evitar esto, se suele reforzar la capa de *gelcoat* con un velo de superficie.

Se pueden distinguir diferentes tipos de *gelcoats* de resina poliéster:

- *Para moldes*: deben tener características de rayado y flexibilidad superiores a los normales.
- *Industriales*: Buenas propiedades mecánicas, aunque generalmente no son aptos al ataque de agentes atmosféricos.
- *Isogeles*: a base de resinas isostáticas: Excelente flexibilidad y brillo, resistentes a los agentes atmosféricos, agua de mar, etc.
- *Gelcoats especiales*: con propiedades especificas según el uso de las piezas a los que se destinen (ignífugos, para alimentos, para prensa, serigrafía, resistencia química, etc.)

La presentación comercial de los *gelcoats* se produce fundamentalmente de dos formas: diluidos (en acetona o estireno), para su aplicación con pistola y con elevada tixotropía para aplicación con brochas.

## Topcoat

Topcoat, podemos decir que es la ultima parte del proceso de fabricación, consiste en aplicar con una brocha la resina de poliéster parafinada o epoxi, dejando una fina capa con el fin de dejar un buen acabado.

Cuando se concluye un laminado, la capa última de resina no tendrá un curado completo por encontrarse su superficie de interfase en contacto con la humedad presente en el aire, dicha humedad actúa como un inhibidor, para evitar este hecho, se debe aplicar sobre esta última capa algún recubrimiento que la preserve de la influencia de la humedad y le asegure un curado al completo.

El *topcoat* o ultimo revestimiento es un producto similar al *gelcoat*, pero a diferencia de este, contiene en su composición una pequeña cantidad de parafina.

Durante el proceso de curado, la parafina emigra hacia el exterior, conformando una delgada película que impide el contacto de la resina con la humedad ambiente, así el *topcoat* facilita y garantiza el curado de la ultima capa.

Los *topcoats* actúan también como compensadores del laminado, equilibrando en la cara rugosa la presencia del *gelcoat* en la cara buena, sirven para presentar una superficie mas decorativa y protegen a las fibras del laminado del ataque de agentes externos.

Las resinas topcoat contiene cera y se utiliza en las partes exteriores del laminado (cara rugosa) con la finalidad de:

- Facilitar el curado de la última capa evitando el contacto con el aire que perjudique el curado.
- Proteger el laminado y presentar una superficie mas decorativa.
- Equilibrar el laminado para compensar la presencia del gelcoat.

Cuando se desea realizar un laminado sobre una superficie pintada con *topcoat*, debe eliminarse esta película de parafina por medio de abrasivos para garantizar así una buena adhesión al laminado base.

## **Cargas y aditivos**

Las cargas y los aditivos son una serie de productos que pueden ser añadidos a las resinas con la finalidad de aportarles características particulares. Estas sustancias pueden proporcionar mejoras al proceso de moldeo o mejoras a la pieza acabada, entre sus principales aportaciones se mencionan las siguientes:

- Reducir costes.
- Aumentar la rigidez.
- Reducir la contracción de las piezas.
- Controlar la viscosidad de la resina durante el proceso de moldeo.
- Mejorar los acabados superficiales, dejando superficies más lisas.
- Disminuir el peso de la pieza.
- Modificar las propiedades reológicas.

## **Cargas**

Existen dos tipos de cargas:

- *Cargas reforzantes:* debido a su particular geometría, reparten regularmente los esfuerzos en la pieza moldeada, evitando que se produzcan concentraciones de tensiones, y pueden ayudar a la reducción del peso final de la pieza. Las más usadas son las microesferas de vidrio, ya que al no tener una influencia significativa sobre la viscosidad de la resina, se suelen utilizar en porcentajes elevados. Dentro de este grupo se destacan las microesferas huecas y las macizas, en las que los diámetros oscilan por lo general entre 10 y 150 micras.
- *Cargas no reforzantes:* se añaden para conseguir una disminución del coste del material compuesto, sin sacrificar las propiedades finales de la pieza. Por lo general son de origen minera, entre las que se destacan los carbonatos, silicatos y sílices.

También existen otras cargas no reforzantes que persiguen características particulares, como las cargas ignífugas y las cargas conductoras de calor o electricidad.

La incorporación de cargas debe hacerse de manera razonada y siguiendo las recomendaciones del fabricante de la resina, porque en general disminuyen sus propiedades físicas y mecánicas.

Con su incorporación en la matriz se aprecia una reducción de la resistencia a la tracción y a la flexión, en contrapartida, se produce un aumento de la densidad y viscosidad de la resina, y un aumento en la dureza, el modulo de elasticidad y en la estabilidad dimensional del laminado.

### **Aditivos**

Los aditivos son una serie de productos que se añaden a las resinas para aumentar o mejorar sus cualidades, pero en porcentajes mas bajos que las cargas. Son aditivos:

- *Sistemas catalíticos:* productos necesarios para curar las resinas. Comprenden el inhibidor, el endurecedor, los estabilizantes termicos y los antioxidantes.
- *Lubricantes:* pueden ser internos o externos. Los lubricants internos modifican las fuerzas de cohesion inermolecular de la resina, provocando una disminicion de la viscosidad y ayudando a la procesabilidad de la misma. Los lubricantes externos afloran a la superficie de la resina durante el proceso de moldeo y disminuyen la tendencia natural de éstas a adherirse al molde, a estos ultimos se los conoce tambien con el nombre de agentes de desmoldeo.
- *Agentes tixotropicos:* se utilizan para evitar que las resinas se escurran en zonas verticales o con cierto grado de inclinacion, el mas utilizado es el polvo de silice.
- *Colorantes:* sustancias solubles en disolventes organicos o agua, poseen una baja rsistencia quimica y termmica, por lo que se utilizan esporadicamente.
- *Pastas colorantes:* son dispersiones de pigmentos en un soporte pastoso que se incorporan a las resinas a efectos de coloracion, se emplean porcentajes de 2% para colorear masas y entre 10 y 20% para colorear gelcoats.
- *Pigmentos:* son sustancias solidas de origen mineral u organico que se utilizan como colorante.
- *Agentes antiultravioleta:* son aditivos que se utilizan para proteger al material compuesto de los efectos de la radiacions ultravioleta.

- *Agentes antirretracción:* se emplean en procesos de moldeo en caliente y persiguen mejorar el aspecto de la superficie del material compuesto.
- *Parafinas:* se añaden a las resinas o gelcoats que se utilizan en la última etapa del laminado, para favorecer su curado. Dosificación entre 2 y 3%.



## 1.9. MATERIALES DE REFUERZO.

El segundo componente del material compuesto es el refuerzo. Este componente tiene como función principal transmitir las cargas a la matriz, por lo tanto define la mayor parte de las características mecánicas del material como la resistencia y la rigidez. El porcentaje, en volumen, que puede suponer la presencia del refuerzo en el material compuesto es desde un 20-80% del material compuesto. Las fibras son los refuerzos mas utilizados en los materiales compuestos de matriz polimérica.

### 1.9.1. Fibras inorgánicas.

#### ❖ FIBRA DE VIDRIO

El vidrio esta formado por sílice ( $\text{SiO}_2$ ) y óxidos ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ , etc.). la fibra de vidrio se obtiene mediante la fusión de sus componentes en un horno y posterior estiramiento del material a su salida por una serie de hileras.

Es un material que consta de numerosas y extremadamente finas fibras de vidrio. La fibra de vidrio es muy utilizada por las siguientes características:

#### ○ Tipos de fibra de vidrio en función de su composición química.

- *Tipo E* (eléctrico) (vidrio-E): es el más utilizado por su buena relación propiedades/precio.
- *Tipo R* (resistance) y *tipo S* (strength): destaca por sus buenas propiedades mecánicas.
- *Tipo C* (chemical): destaca por su buena resistencia química. Se puede utilizar en las capas superficiales de estructuras sometidas a atmósferas agresivas.
- *Tipo D* (dielectric): tiene excelentes propiedades dieléctricas y se utiliza en circuitos electrónicos.

#### ○ Aplicaciones

- Construcción para tejidos para decoración en locales públicos, aislantes.
- Automoción: composites para componentes de vehículos.
- Deporte: composites para utensilios o aparejos para la practica de deportes, como esquís, tablas de surf, canoas, pérticas, etc.

- Usos industriales: para todo tipo de composites para usos industriales, como refuerzo, productos de alta resistencia, composites permeables, etc.
- **Propiedades**
  - Su resistencia mecánica específica (resistencia tracción/densidad) superior a la del acero.
  - Estabilidad dimensional.
  - Facilidad de fabricación.
  - Buena resistencia térmica.

### ❖ FIBRA DE CARBONO

La fibra de carbono es una fibra sintética constituida por finos filamentos de 5-10 micras de diámetro compuesto principalmente por carbono. Se fabrica a partir del poliacrilonitrilo (PAN). Es tan ligera como la madera o el plástico, debido a su dureza tiene una mayor resistencia al impacto que el acero.

Tiene una estructura atómica parecida al grafito, consistente en láminas de átomos de carbono ordenados en un patrón regular hexagonal, la diferencia está en la manera en que esas hojas se entrecruzan, la fibra de carbono es un material amorfo: las láminas de átomos de carbono se colocan al azar, apretadas o juntas. Esta integración de las láminas de carbono es responsable de su alta resistencia.

Los materiales realizados con fibras de carbono, tienen un elevado coste y esto es debido a varios factores:

- El refuerzo o fibra, es un polímero sintético que requiere un caro y largo proceso de producción. Este proceso se realiza a alta temperatura, entre 1100-2500 °C, en atmósfera de hidrógeno durante semanas o incluso meses dependiendo de la calidad que se desee obtener, ya que pueden realizarse procesos para mejorar algunas de sus características una vez se ha obtenido la fibra.
- El uso de materiales termoestables dificulta el proceso de creación de la pieza final, ya que se requiere de un complejo utillaje especializado, como el horno autoclave.

Dependiendo de la temperatura de tratamiento se pueden obtener fibras con diferentes propiedades mecánicas: a mayor temperatura, mayor coste de tratamiento y mayor modulo elástico.

- **Tipos de fibra de carbono.**

- *Fibras HT* (High Toughness, alta tenacidad=: tienen mejores propiedades mecánicas que la fibra de vidrio, pero peores que el otro tipo de fibra de carbono. Su ventaja es su precio económico.
- *Fibras HM* (High Modulus) tienen las mejores propiedades mecánicas, su desventaja recae en su alto precio.

- **Aplicaciones**

- Medios de transporte.
- Construcciones.
- Material deportivo.
- Joyería.
- Fibra de carbono se desarrollo principalmente para la industria espacial, pero ahora, al bajar el precio, se ha extendido a otros campos: la industria del transporte, aeronáutica, al deporte de alta competición y últimamente se encuentran este tipo de fibra hasta en carteras de bolsillo y relojes.

- **Propiedades**

- Resistencia química, con módulo de elasticidad elevado.
- Baja densidad comparado por ejemplo con el acero.
- Propiedades específicas elevadas.
- Elevado precio de producción.
- Gran capacidad de aislamiento térmico.
- Resistencia a variaciones de temperatura conservando su forma, solo si se utiliza matriz termoestable.

### **1.9.2. Fibras orgánicas.**

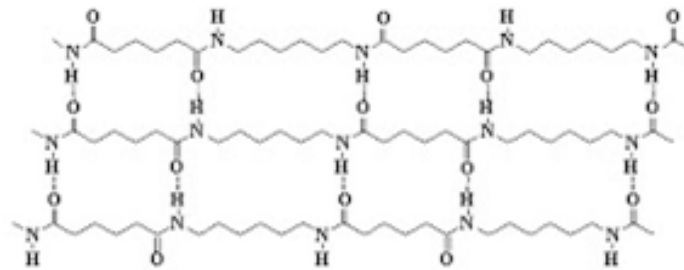
#### **❖ FIBRAS POLIMÉRICAS**

Una fibra polimérica es un polímero cuyas cadenas están extendidas en línea recta (o casi recta) una al lado de la otra a lo largo de un mismo eje, como podemos observar en la figura siguiente.



*Fig.75. Disposición de cadenas poliméricas en las fibras.*

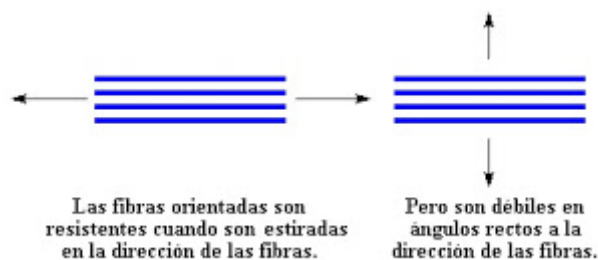
Las fibras están constituidas por polímeros dispuestos en cristales, tienen que ser capaces de poder empaquetarse según un ordenamiento regular, a los efectos de alinearse en forma de fibras, de hecho, las fibras son cristales, esto se demuestra observando detenidamente la forma en la que, por ejemplo, el Nylon-6.6, se empaqueta formando fibras cristalinas, los oxígenos del carbonilo y los hidrógenos de la amida, pueden unirse mediante puentes de hidrogeno, lo que permite una ordenación de las cadenas del Nylon-6.6.



*Fig.76.Cadenas Nylon 6.6*

Los enlaces por puente de hidrogeno y otras interacciones secundarias entre cadenas individuales mantienen fuertemente unidas las cadenas poliméricas, esta interacción es tan elevada que las cadenas prácticamente no se deslizan una sobre otra, esto significa que cuando se estiran las fibras de nylon, no se extienden casi nada, por tanto las fibras son ideales para emplearlas en hilos y sogas.

Las fibras son muy resistentes cuando se las estira, por lo general tienen baja fuerza de compresión, es decir que son débiles cuando aprietan o se comprimen. Las fibras además tienden a ser resistente a una dirección, en la cual están orientadas, si se les estira en ángulos rectos a la dirección de su orientación tienden a debilitarse.



*Fig.77. Orientación de las fibras.*

- **Aplicaciones**

- Industria textil.

- **Tipos de fibras poliméricas**

- *Poliamida*: son las más utilizadas (por ejemplo Nylon 66 y Kevlar). Las poliamidas son polímeros, donde las unidades de repetición se mantienen unidos por enlace amida, por ejemplo:
  - *Nylon-6.6, las unidades de repetición contienen cadenas de átomos de carbono, se hace a partir de dos monómeros de cada uno de los cuales contienen un átomo de carbono.*
  - *Kevlar: similar al Nylon-6.6, excepto que en lugar de los enlaces amida unir cadenas de átomos de carbono, unen anillos bencenos. Se obtienen por hilado de poliamidas aromáticas. Para ello una disolución de polímero se extruye en un baño que contiene agua fría y se le añade un coagulante. Tienen un modulo elástico superior a la fibra de vidrio pero inferior a la de carbono. Se utiliza cuando se necesita buenas propiedades mecánicas y ligereza*
- *Fibras de polietileno*: se obtienen por extrusión en estado solido o por hilado de una solución de polietileno de alto peso molecular. Sus propiedades son similares a las de las fibras de aramida, pero su bajo punto de fusión hace que sus propiedades disminuyan rápidamente con la temperatura. Además tiene poca adhesión a la matriz.

- **Propiedades**

- Alta resistencia mecánica, rigidez, dureza y tenacidad.
- Buena resistencia a la fatiga.
- Alto poder amortiguador.
- Buenas propiedades de deslizamiento.
- Resistencia sobresaliente al desgaste.

### **1.9.3. Fibras cerámicas**

#### **❖ CARBURO DE SILICIO (SiC)**

La estructura de este tipo de fibras, es similar a la del diamante, es un material semiconductor y refractario que presenta muchas ventajas para ser utilizado en dispositivos que impliquen trabajar en condiciones extremas temperatura, voltaje y frecuencia.

- **Propiedades**

- Baja densidad.
- Alta resistencia y rigidez.
- Buena conductividad y estabilidad térmica.

- ❖ **ALÚMINA Y ALUMINOSILICATOS**

La alúmina es el óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), junto con la sílice es el componente más importante en la construcción de arcillas y los esmaltes, confiriéndoles resistencia y aumentando su temperatura de maduración.

El ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) existe en la naturaleza en forma de corindón (en forma de cristales) y de esmeril (El Esmeril sintético es un óxido de aluminio con un bajo contenido de óxido férrico, dando como resultado un mineral de alta durabilidad y resistencia en comparación del Esmeril tradicional, se utiliza básicamente para pulidos manuales de materiales ferrosos y no ferrosos).

- **Aplicaciones**

- Aislante térmico y eléctrico.
- Revestimiento de protección para evitar oxidación de los ánodos de carbono.
- Absorción de las emisiones provenientes de las cubas.

#### **1.9.4. Fibras metálicas.**

Como desventaja se destaca su elevado costo.

- **Tipos de fibras metálicas y propiedades:**

- Hierro y aleaciones: alta resistencia.
- Aceros inoxidables: resistencia a la corrosión.
- Titanio, tantalio, níquel, refractario: resistencia a la corrosión y alto punto de fusión.
- Cobre y aleaciones: baja densidad, conductor térmico y eléctrico.
- Plata, oro, metales preciosos: conductor térmico y eléctrico. No se corroen.

#### **1.9.5. Combinación de fibras**

Formados por la conjunción de dos o mas tipos de fibras, la combinación más utilizada esta formada por fibras de vidrio y carbono en matriz polimérica. el compuesto obtenido tiene mejores propiedades que si solo tuviera fibra de vidrio y es mas barato que si estuviera formado únicamente por fibras de carbonos. Las fibras se pueden alinear y mezclar íntimamente o se pueden laminar en capas alternadas.

### 1.10. MATERIALES DE NUCLEO

Las primeras estructuras de materiales compuestos fueron de “tipo sándwich” y se obtenían ensamblando las denominadas pieles y una placa gruesa de material ligero llamada núcleo de bajas características mecánicas.

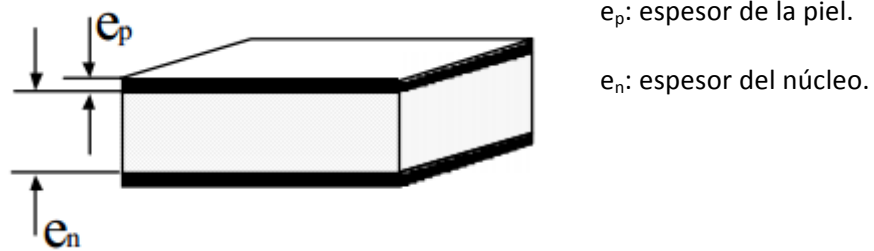


Fig.78. Esquema de una estructura tipo sándwich.

El material que vaya a conformar el núcleo, deben cumplir una serie de propiedades específicas:

- Baja densidad.
- Resistencia a la cortadura.
- Rigidez perpendicular a las caras.
- Aislamiento térmico.

#### ❖ NIDO DE ABEJA

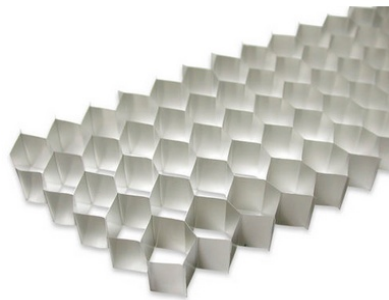


Fig.79. Nido de abeja

Están formados por celdas que pueden tener diferentes formas pero la mas frecuente es la celda hexagonal.

Como características se destacan:

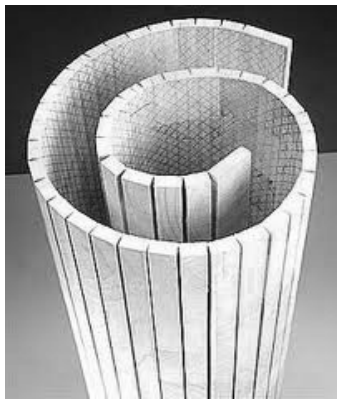
- Elevadas propiedades mecánicas.
- Elevado precio.



Para la producción de los núcleos de abeja se pueden utilizar diferentes materiales:

- *Aluminio*: se han utilizado mucho en la industria aeroespacial debido a sus elevadas propiedades específicas a pesar de su alto costo.
- *Papel Kraft*: es papel impregnado con resina, este tipo de núcleo es barato, pero presenta aceptables propiedades mecánicas.
- *Papel reforzado con fibra*: se utilizan fibras de vidrio, aramida o carbono impregnadas en una matriz fenólica. Se caracteriza por presentar menor densidad que el aluminio pero peores propiedades mecánicas.

#### ❖ NIDO DE Balsa



*Fig.80.Madera de balsa.*

Se caracteriza por una estructura de celdas cerradas. Este tipo de núcleo se caracteriza por:

- Facilidad de uso.
- Excelente durabilidad.
- Propiedades mecánicas.

El material utilizado es el tipo de madera de balsa.

#### ❖ ESPUMAS

Las espumas son dispersiones de grandes volúmenes de gas en pequeños volúmenes líquidos con burbujas que crecen mucho, quedando muy cerca unas de otras con delgadas capas de líquido entre ellas que solidifica.

Estos núcleos tienen como característica:

- Capacidad de aislamiento térmico y acústico.
- Transparente al radar.

Las propiedades de la espuma dependen de una serie de factores como:

- Estado del polímero (orientación, cristalinidad, etc.)
- Densidad de la espuma.
- Estructura de las celdillas.
- Composición del gas espumante.

Una propiedad importante de estos materiales en cualquiera de sus aplicaciones es la resistencia a la llama es problemática debido a que su estructura celular permite que la combustión pueda progresar rápidamente, para mejorar la resistencia a la llama, se suelen incorporar a la espuma aditivos que contienen bromo, cloro y fosforo.

En las espumas de tipo rígido que actúan como núcleo de una construcción sándwich las propiedades mecánicas a tener mas en cuenta son la resistencia y modulo en compresión, que a su vez están fundamentalmente afectadas por la composición y densidad de la espuma, así como por la estructura de las celdillas. En general, dicha resistencia crece de forma aproximadamente lineal con la densidad de la espuma.

Las espumas de tipo flexible tienen aplicaciones muy diferentes a las anteriores, dependiendo de su comportamiento en compresión (fundamentalmente del polímero), de la densidad de la espuma y de la morfología de celdillas.

Para la producción de los núcleos con espumas se pueden utilizar diferentes materiales:

### ➤ **PVC**

Es una espuma de altas prestaciones, utilizada sobre todo en aplicaciones marinas, se comercializa en paneles prefabricados. Para que el PVC tenga utilidad una vez que sale de la planta de polimerización, es necesario añadirle una serie de aditivos, el PVC admite una gran variedad de aditivos: plastificantes, cargas, otros polímeros, etc., esto lo que lo hace popular y apreciado, ya que en razón del numero y proporción de aditivos que contenga el PVC da lugar a materiales aparentemente muy diversos y con características muy particulares.

Se pueden encontrar como material rígido, mas o menos flexible o hasta casi como caucho, se puede decir que el PVC es el plástico mas versátil de todos los conocidos.

### ➤ **Poliuretano**

Es un material plástico poroso formado por una agregación de burbujas, se conoce coloquialmente como foam.

Se forma por la reacción química de dos compuestos, un poliol y un isocianato, aunque su formulación necesita y admite múltiples variantes y aditivos. Dicha reacción libera CO<sub>2</sub>, gas que va formando burbujas.

#### ○ **Tipos de poliuretano:**

- *Espuma en caliente:* son las espumas que liberan calor durante su reacción, fabricadas en piezas de gran tamaño, destinadas a ser cortadas posteriormente. Son las mas baratas, mas utilizadas y conocidas.
- *Espuma en frío:* aquellas que apenas liberan calor en la reacción, se utilizan para crear piezas a partir de moldes, como unos rellenos de otros artículos, como aislantes, etc. Suelen ser de mayor calidad y duración que las espumas en caliente, aunque su coste es bastante mayor.

#### ○ **Características:**

- Material versátil según los aditivos y sistemas de fabricación, desde los conocidos bloques de espuma elástica hasta espumas casi rígidas para juguetería, automoción o calzados.
- Para comparar las distintas espumas se utiliza la *densidad* cuando se trata de espumas con la mismas composición, ya que distintas formulas dan características diferentes.
- En unas espumas se busca la mayor duración posible, en otras el precio mas económico, capacidad aislante,...

#### ○ **Aplicaciones:**

- Construcción
- Automoción
- En colchones
- En muebles

### ➤ **Poliestireno**

Este tipo de material se explico anteriormente en el apartado de matriz termoplásticas y el cual solo se puede utilizar con tablas laminadas en epoxi, por lo que se va a proceder a explicar los tipos de espuma de poliestireno mas importantes:

#### ○ **Tipos**

- *Poliestireno Expandido*: es el popular “corcho” con múltiples aplicaciones para embalajes, aislamientos térmicos, etc. Se trata de un material que resulta muy difícil de trabajar para los *shapers* y de escasa resistencia. El principal problema a la hora de fabricar tablas y venderlas, es que si estas, debido a una rotura al ser utilizadas, entran en contacto con el agua, absorberá agua como una esponja lo que haría casi imposible su reparación. Es el material empleado en las tablas de epoxi mas baratas.
- *Poliestireno Extruido*: mas reciente que el EPS, es una espuma resultante de la extrusión y debido a su estructura interna de celdas cerradas, no absorberá agua en caso de rotura. Es un material con el que resulta mas fácil de trabajar. Este tipo de material se puede denominar como XPS o XTR, dependiendo de las marcas.

## **2. PROCESOS DE FABRICACIÓN**

### **2.1. Introducción**

Un proceso de fabricación es el conjunto de operaciones unitarias necesarias para modificar las características de las materias primas. Estas características pueden variar de muchas maneras, como por ejemplo su densidad, resistencia, tamaño, etc.

Cuando se pretende obtener un determinado producto, serán necesarias numerosas operaciones individuales, que dependiendo de la escala de observación, se pueden denominar procesos o no. La producción, transformación industrial, distribución, comercialización y consumo, son las etapas del proceso productivo.

Al igual que ocurre con los materiales, los procesos han proliferado extraordinariamente en los últimos años con la aparición de nuevos procedimientos para elaborar nuevos materiales con mas eficacia y menos desperdicio. Las mejoras de productividad, en un 40%, es responsabilidad de los adelantos en las técnicas de fabricación.

Las materias primas y los medios humanos y materiales son factores imprescindibles en todo proceso de fabricación, los cuales deben combinarse correctamente si se desea producir económicamente.

La misión de la mayoría de los ingenieros consiste en proyectar artículos que han de convertirse en realidades a través del tratamiento y manufactura de materias primas. Los ingenieros constituyen un factor vital en el proceso de elección de materias primas y su manufactura.

De forma general, es bueno puntualizar que el moldeo de un material compuesto consta de tres fases, estas pueden ser simultáneas o separadas en función de procedimiento que elija:

- Impregnación del refuerzo por la resina, que corresponde a la constitución de un material compuesto exento de inclusiones de aire.
- Adaptación de dicho material compuesto a las formas y dimensiones deseadas, con la ayuda de un molde.
- Endurecimiento del material y desmolde de la pieza final.

## **2.2. Clasificación de los procesos de fabricación.**

No existe una formula matemática que dictamine cual es el mejor proceso de fabricación de materiales compuestos en función de la producción de tablas de surf, lo que implica un grado de arbitrariedad en la selección a tomar.

Después de realizar un estudio de las clasificaciones se considera que la clasificación que mejor se ajusta a nuestro proceso es la *clasificación de procesos de fabricación para la industria naval*, la clasificación para la industria aeronáutica también se podría ser útil, pero utilizan métodos mas sofisticados, y al fin y al cabo la construcción de tablas de surf se hace de manera muy tradicional, se pueden introducir mejoras en la fabricación, pero como se ha comentado se ha comentado en alguna ocasión.

### **2.2.1. MOLDEO POR CONTACTO**

Todas las técnicas de laminado por contacto, tanto la manual como la de proyección simultánea, aprovechan las ventajas de los sistemas de matrices poliéster y viniléster en su procedimiento de curado, no necesitan la aportación de calor externo para su polimerización al completo ni de la alta presión de moldeo para su estratificación.

#### **Laminación por contacto**

La técnica de laminado por contacto es la mas antigua de todas las técnicas conocidas en la fabricación de piezas con materiales compuestos.

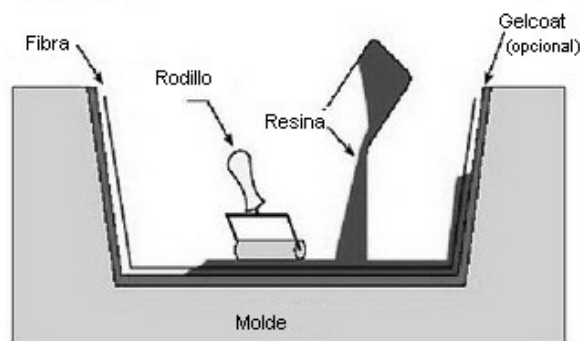
A pesar de ser una técnica sencilla y artesanal con mucha dependencia de la habilidad de operario, continua siendo a lo largo de los años, la mas difundida por su bajo coste como por su adecuación a piezas de diferentes tamaños y formas sin excesivos problemas.

El proceso de laminado manual consiste en la aplicación de sucesivas capas de material (fieltros, tejidos y ensamblados) impregnadas con una resina y consolidadas mediante la acción de un rodillo o brocha.

La acción de pasar el rodillo tiene dos razones fundamentales:

- Ayudar a la impregnación del refuerzo.
- Intentar evitar que queden burbujas de aire atrapadas entre las capas del estratificado.

La presión de compactación no será otra, que la que ejerce la mano sobre el rodillo.



*Fig.81. Esquema proceso laminado manual.*

#### ○ **Ventajas**

- Método de enorme simplicidad, no conlleva mano de obra cualificada.
- No existen límites respecto del tamaño de la pieza a producir.
- Los equipos necesarios son de extrema simplicidad y su coste es relativamente bajo.
- Debido al bajo coste del método, es ideal para producciones cortas, ya que no requiere una elevada inversión económica.
- Estructura sándwich y monolíticas.

#### × **Desventajas**

- Dependiendo del tamaño de la pieza, la mano de obra puede resultar numerosa.
- Productividad baja, debido a lo artesanal del proceso.
- La calidad del estratificado dependerá de la habilidad del operario, condicionando el producto final.
- A igualdad de piezas, este método proporciona menores propiedades mecánicas que las obtenidas por otros métodos.
- Se producen emisiones de COVs.
- Gran cantidad de desperdicios.

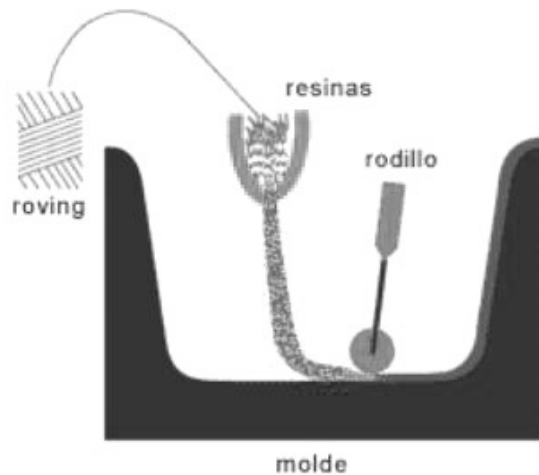
#### **Proyección simultánea**

Supone la primera evolución del moldeo por laminación manual, la diferencia básica entre ambos métodos reside en que con este procedimiento, la fibra y la resina se aplican a la vez sobre un molde convenientemente preparado, por medio de un equipo de proyección.

Los materiales que se necesitan para este método son, maquina de proyección, un compresor y las mismas herramientas del moldeo por contacto a mano (rodillos, brochas, tijeras para cortar la fibra,...)

Las pistolas de proyección están equipadas por una cabeza mezcladora (en caso de mezcla interna) o con dos boquillas de proyección (en el caso de mezcla externa), además del dispositivo del corte de la fibra.

En la mayoría de los casos, el sistema de corte de la fibra consiste en dos rodillos móviles, uno de ellos de acero provisto de cuchillas y el otro de caucho. El rollo de hilos de fibra (roving) pasa entre ambos y es cortado a la longitud establecida por el diámetro y numero de cuchillas.



*Fig.82. Esquema moldeo por inyección simultánea.*

#### ✓ **Ventajas**

- Mas productivo que el laminado manual.
- Estructura sándwich y monolíticas al igual que el laminado manual.
- Apto para todo tipo de resina, (para resina epoxi equipos especiales)
- Coste refuerzo menor (hilos roving)
- No requiere proceso de postcurado (al igual que laminado manual)

#### ✗ **Inconvenientes**

- Coste mantenimiento del equipo elevado.
- Calidad laminado muy irregular y bajo contenido de refuerzo.
- No se pueden utilizar estructuras textiles.
- Mano de obra numerosa.
- Grandes emisiones de COVs: Método fabricación + contaminante.



## **Impregnadores**

Esta técnica también se conoce como Wet-preg, y fue desarrollada para satisfacer las necesidades de los constructores de grandes embarcaciones en materiales compuestos, se necesitan transformar elevados volúmenes de material con una alta velocidad de proceso.

Esta técnica se encuentra a mitad de camino entre los laminados manuales y los preimpregnados, constituyendo laminados de mejor calidad, uniformidad y contenido de matriz, sin las limitaciones de material que poseen los sistemas de proyección simultáneas.

Consiste en sumergir la estructura textil en un baño de resina catalizada, para luego extraer el exceso de la misma mediante la compresión del material a través de diversos rodillos de compactación. Se puede regular el porcentaje de matriz separando los rodillos, puede variar entre 35% hasta 55%.



*Fig.83.Proceso laminado con impregnadores.*

### **✓ Ventajas**

- Reducciones de tiempos de trabajo (se realiza in situ, se disminuye tiempos de desplazamientos).
- Ahorro sustancial de material (no exceso de resina ni refuerzos).
- Laminados de buena calidad e uniformidad.
- Bajas emisiones de COVs.
- Método apto para todos los tipos de resina.
- Alta velocidad de producción.

### **✗ Desventajas**

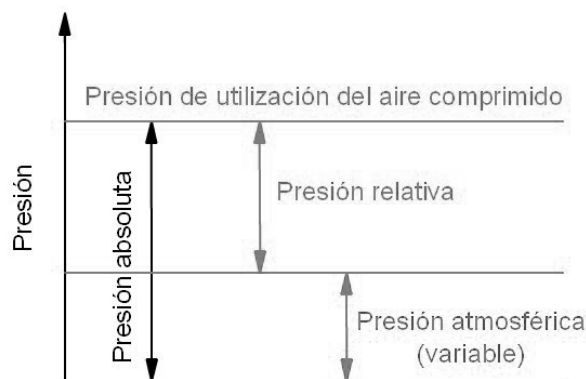
- Elevado coste del equipo impregnador.
- Elevada capacitación por parte del equipo operario que controla el equipo impregnador.

- Limitaciones en cuanto al espesor de la estructura textil que se quiere procesar.
- Limitaciones de viscosidad de la resina.
- El equipo requiere una limpieza minuciosa al final de cada jornada laboral.
- La implantación de este método requiere generalmente modificaciones de la distribución en planta.

### 2.2.2. MOLDEO ASISTIDO POR VACÍO

Este método combina técnicas de inyección de resina a baja presión con técnicas de vacío, la particularidad de este proceso consiste en separar las funciones de cierre del molde y el flujo de resina, el cierre del molde es llevado a cabo por un circuito periférico con alto nivel de vacío. El flujo de resina se obtiene con la inyección a baja presión o aplicando la resina manualmente dentro del molde. Las resinas aplicadas mas comúnmente son los poliésteres con baja viscosidad que pueden ser combinados con cargas minerales.

El vacío es el estado en el cual existe una ausencia total de presión, a efectos prácticos se define como vacío a los estados de presión que posee valores inferiores a la presión atmosférica, que es la que se utiliza como referencia.



*Fig. 84. Presiones absolutas o relativas.*

### Laminación por contacto asistido por vacío.

Es una extensión del moldeo por contacto manual, en este caso se aplica al laminado una vez éste se ha realizado al completo pero encontrándose todavía en un estado previo al gel, para su consolidación.

El vacío se consigue con una bolsa plástica colocada sobre el laminado, el aire del interior de la bolsa es extraído mediante un sistema de vacío, consiguiendo así presiones de hasta casi una atmosfera para la consolidación del laminado.

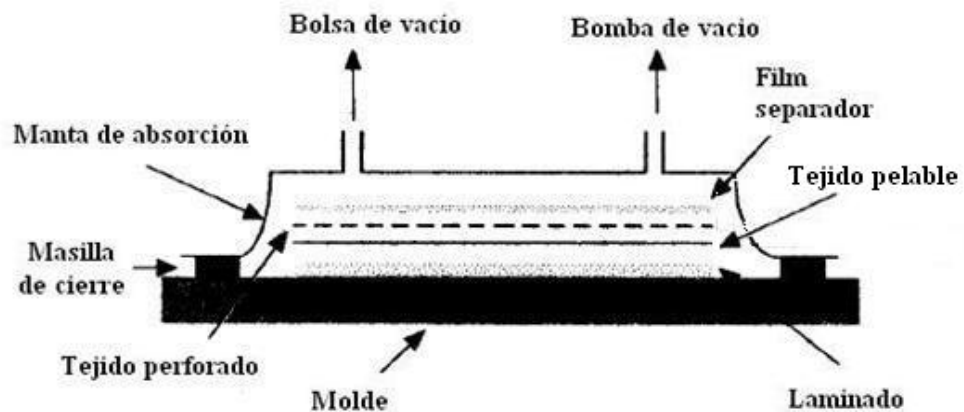


Fig.85. Esquema proceso moldeo asistido por vacío

Este método surgió como una mejora del proceso de laminado manual, se buscaba solucionar los problemas de bajos contenidos de refuerzos en su composición, esta técnica es la preferida para la construcción naval que buscan estructuras livianas y con unos elevados requerimientos estructurales.

#### ✓ Ventajas

- Obtención de altos porcentajes de refuerzo comparado con los métodos tradicionales.
- Mayor densidad del laminado.
- Baja tasa de porosidad (contenido de burbujas).
- Mejor impregnación de las fibras debido a la presión y al flujo de resina a través de las fibras, con excesos retenidos en los materiales fungibles.
- Reducción de las emisiones de elementos volátiles emitidos durante el curado.
- Inversión relativamente baja en equipos.

- Las superficies interiores del laminado presentan mejor acabado superficial, con lo que se ahorra tiempo para operaciones posteriores.

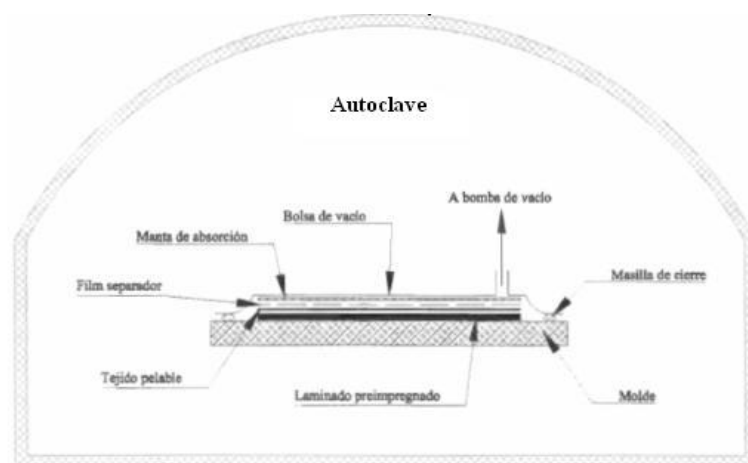
### **X Inconvenientes**

- El coste de los materiales fungibles y mano de obra extra.
- Alta cualificación de operarios y mas cantidad de mano de obra.
- Pueden presentar problemas de tiempo dependiendo del tamaño de la pieza y del sistema de matriz usado.
- Un exceso de estireno, modificara las propiedades físicas del laminado, por lo que se le debe de prestar atención.
- Necesitan procesos térmicos posteriores.

### **Preimpregnados**

Este método consiste en la preimpregnación de los tejidos por parte del fabricante, con una resina pre-catalizada. El catalizador se mantiene latiente de forma prolongada a temperatura ambiente proporcionando al material muchas semanas de vida útil.

Estos tejidos preimpregnados se colocan a mano en la superficie del molde, donde se hace el vacío y después se calienta a 80-150°C bajo una presión externa de 6 bares en un autoclave, esto permite que la resina primeramente fluya cobre las fibras y finalmente tome las propiedades mecánicas.



*Fig.86. Proceso de vacío con impregnadores.*

✓ **Ventajas**

- Reducción de costes al utilizar tejidos preimpregnados.
- Buen control de la proporción volumétrica entre fibra y matriz.
- Método con garantías mecánicas del laminado.

✗ **Desventajas**

- Requiere uso de autoclave para el curado del composite.
- El uso de autoclave hace que se encarezca el proceso.
- Proceso lento en su funcionamiento.
- Tamaño limitado por el autoclave.

**Preimpregnados parciales**

La ventaja principal que tiene este proceso respecto al preimpregnado clásico radica en que no es necesario realizar las compactaciones intermedias cada determinado número de capas de material, la ventaja radica en que se reduce el tiempo del proceso de una manera importante. Sin renunciar a características físicas y mecánicas similares a los preimpregnados tradicionales.

En esencia los *preimpregnados parciales* son muy similares a los preimpregnados clásicos. Las resinas y las estructuras textiles que se utilizan en su confección solo tienen pequeñas modificaciones respecto de las utilizadas en los tradicionales.

La diferencia entre los dos tipos de preimpregnados se basa en que las fibras son impregnadas solo parcialmente, mediante un preimpregnado selectivo o películas de resina preimpregnada, esta característica permite a las fibras secas actuar como una gran membrana porosa, facilitando la salida del aire que pudiese quedar atrapado entre capas del laminado antes del curado.

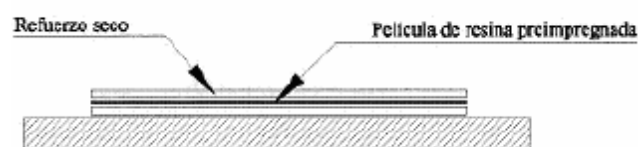
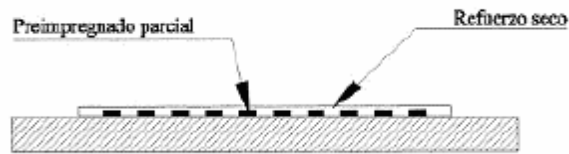


Fig.87 .Preimpregnado parcial por película de resina.



*Fig.88.Preimpregnado parcial selectivo*

Esta característica de los preimpregnados parciales, nos permite realizar estructuras laminadas con diferentes espesores de una sola vez, no por etapas.

#### ✓ **Ventajas**

- Elevado porcentaje de refuerzo en su composición.
- Coste inferior al preimpregnado clásico.
- Coste material fungible menor, al reducir las etapas del proceso.
- Composición matriz homogénea, con bajo contenido en aire en su composición una vez procesado.
- Manipulación de material sencilla y limpia.
- Reduce emisiones COVs.
- Para estructura sándwich o monolíticas.

#### ✗ **Desventajas**

- Coste material superior a métodos tradicionales.
- Existe riesgo de aparición de defectos superficiales.
- Equipos e infraestructura específica (horno, autoclave, congeladores, zona laminado,...)
- Procesos de curado posterior para adquirir propiedades físicas y mecánicas.
- Productividad menor que otros métodos.
- Tamaño pieza condicionado por horno curado.
- Se garantiza buen acabado superficial solo por una de las dos caras.

### **2.2.3. MOLDEO POR VIA LÍQUIDA**

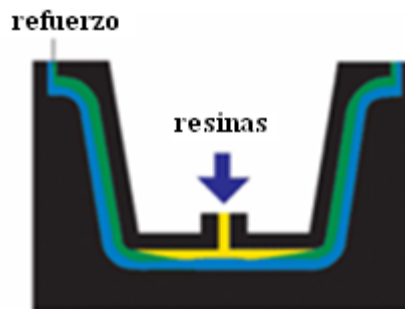
#### **Moldeo por transferencia de resina (RTM)**

Este proceso consiste en llenar la cavidad del molde, rígido y cerrado, inyectando la resina a través de uno de los puntos dependiendo del tamaño del componente. Los refuerzos son previamente depositados en el interior del molde, antes de cerrarlo y trabajarlo firmemente.

Normalmente se utilizan resinas de poliéster, epoxi, fenólicas y acrílicas, las cuales pueden ser cargadas si es necesario.

Es posible utilizar diferentes tipos de moldes, y dependiendo del nivel de producción esperado se podría aplicar calor al molde antes de cerrarlo y trabarlo firmemente. Normalmente se utilizan resinas de poliéster, epoxi, fenólicas y acrílicas, las cuales pueden ser cargadas si es necesario. Es posible utilizar diferentes tipos de moldes y dependiendo del nivel de producción esperado, puede ser aplicado calor al molde para disminuir el tiempo de polimerización, en algunos casos, pueden ser necesarios moldes de acero.

Las resinas de baja retracción pueden ser utilizadas en esos moldes para mejorar el acabado de la superficie y la apariencia.



*Fig.89.Proceso inyección de resina (RTM)*

✓ **Ventajas**

- Garantiza proporción de fibra muy elevada.
- Buen acabado de todas las caras garantizado.
- Ideal para piezas de pequeño tamaño y de gran complejidad.

✗ **Inconveniente**

- Alta inversión, superior a los métodos anteriores.
- Difícil puesta a punto del utillaje, para garantizar que no queden zonas secas o con poca impregnación de resina.
- El uso de núcleos muy porosos, dificulta el uso de esta técnica, por la tendencia de llenar las celdas de resina.

### **Moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM) “*Vacuum Assited Resin Transfer Molding*”**

Es una variante simplificada del método RTM, la diferencia radica en que la resina es introducida por la parte baja del molde a través de bajas presiones o incluso por gravedad.

En las partes mas elevadas del molde existen orificios conectados a un sistema de vacío, lo que establece un flujo de resina entre la parte alta y baja que hace que se impregne todo el laminado.

Los moldes deben de ser herméticos para garantizar el éxito del proceso.

#### **✓ Ventajas**

- Buen acabado superficial en ambas caras.
- Productividad elevada.
- Laminados con buenas propiedades mecánicas.
- La utilización de preformas reduce coste y tiempo de proceso.
- Se reduce emisiones COVs al ser proceso cerrado.
- Estructura monolítica o sándwich.

#### **X Desventajas**

- Elevado coste.
- Se limita para realizar formas de grandes dimensiones.
- No apto para producciones medias/bajas.

### **Infusión**

El problema de las emisiones de estireno, es un tema actual para los materiales compuestos, la normativa europea obliga a reducir drásticamente los niveles de emisiones al ambiente, por lo que se intenta buscar soluciones.

Existen dos métodos para disminuir las emisiones del estireno:

- El primero consiste en modificar los valores de estireno en la resina.
- El segundo consiste en modificar el proceso, migrando de los métodos de molde abierto a los de molde cerrado.

Este proceso consiste en varias etapas:

1. Se dispone de las fibras de refuerzo secas sobre el molde, si la pieza lo precisa, se puede pintar el molde previamente con gelcoat.



2. Todo el conjunto es compactado mediante presión de vacío a través de una bolsa.
3. Una vez compactado el laminado seco, se permite el paso de resina catalizada, a través de una manguera. La distribución de la resina del laminado es ayudada por la tela del refuerzo, ya que actúa como una gran membrana porosa.
4. Una vez lleno de resina todo el conjunto se mantiene bajo depresión hasta que catalice la resina.

#### **2.2.4. MOLDEO CON AUTOCLAVE**

Un autoclave de materiales compuestos es un recipiente (normalmente en forma cilíndrica) con un sistema de temperatura y presurización, que es utilizado para curar y consolidar materiales compuestos. El tamaño y el diseño del autoclave depende de la aplicación, o lo que es lo mismo, del tipo de piezas a procesar. Uno de los sectores que mas utiliza esta técnica es el aeronáutico, por lo que en ocasiones estos sistemas tienen dimensiones muy grandes.

Los autoclaves funcionan mediante aire calentado en el interior del equipo bien mediante resistencias eléctrica y/o mediante vapor y/o aceite térmico a través de un intercambiador. Un potente ventilador se encarga de poner en movimiento el aire interior haciendo que la circulación forzada permita obtener valores de temperatura en el interior del equipo con variaciones mínimas entre unos puntos y otros.

El proceso de enfriamiento se consigue haciendo circular agua fría, o fluidos refrigerantes, a través de un intercambiador que diseñado al efecto permite mediante circulación forzada del aire entre sus placas, disminuir la temperatura interior del equipo hasta los valores deseados.

El autoclave se utiliza en el proceso de moldeo para consolidar y curar componentes realizados con materiales compuestos, mediante el uso de temperatura y presión.

Las variables de las que dependen principalmente este procesado son de temperatura y presión aplicadas, y vienen definidas por el tipo de material a procesar.

Los requerimientos de temperatura de materiales termoplásticos son diferentes a los materiales termoestables, debido a que no existe reacción química para activar el curado.

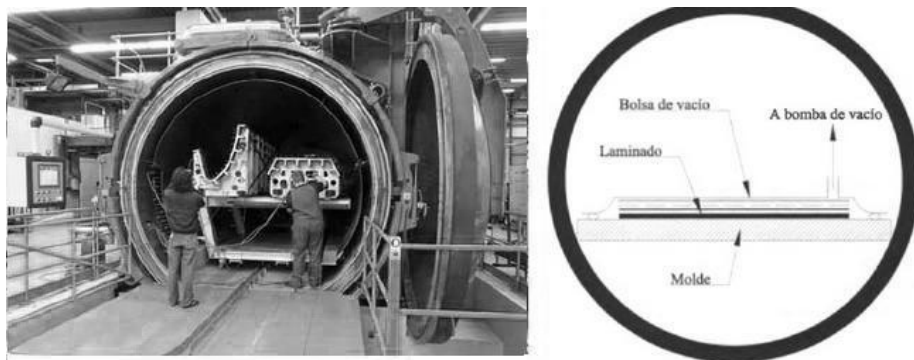
El uso de la presión es necesario para mantener en todo momento las laminas juntas y eliminar posibles defectos que pudieran formarse (poros, delaminaciones)

✓ **Ventajas**

- Gran flexibilidad para procesar diferentes familias de materiales.
- Laminados de altas propiedades físicas y químicas.
- Piezas mejor curadas, mas densas y homogéneas y con menos porosidad.
- Moldeo de piezas complejas.
- Reducción de COVs.

✗ **Inconveniente**

- Elevado coste de equipos, tanto de adquisición como de mantenimiento.
- Puede tener problemas de tamaño.
- Baja producción.
- Herramientas y útiles son específicos.
- Mano de obra altamente cualificado.



*Fig.90. Proceso fabricación con Autoclave*

### 3. TAMAÑO FOAM

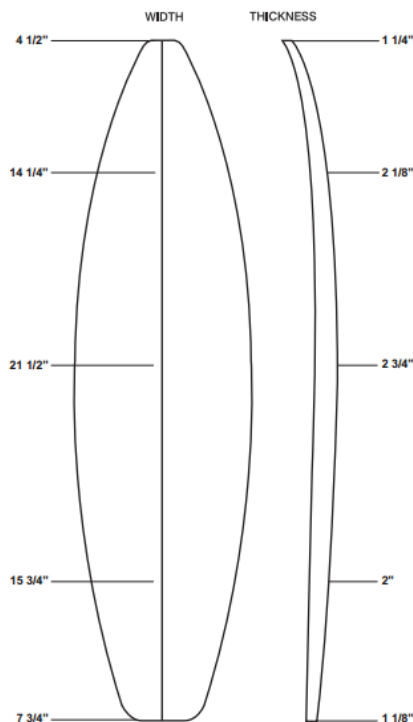
Para la fabricación de las tablas de surf en el presente proyecto, se tiene que disponer de unos foam de espuma de poliuretano que con la ayuda de la maquina asistida por control numérico llamada CNC, se afinara según pedido.

Los foam deben ser siempre mayores que los tamaño de las tablas a fabricar, debido al desbaste que realizara la maquina al darle las dimensiones programadas a cada tabla.

Las tablas que se realizaran en este proyecto serán las mas comercializadas, aunque se podrán realizar otros tamaños de tablas distintos a los que se expondrán a continuación si el cliente así lo requiere.

A continuación se muestran los diferentes tipos de tablas y medidas estándar de espuma de poliuretano que se tendrán que adquirir para producir esos tamaños y con los que se va a proceder a su fabricación:

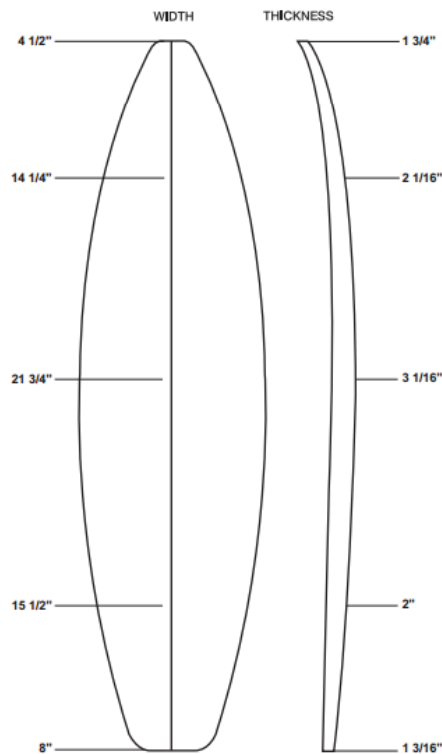
*Se utilizaran foam de 6'4" para fabricar shoartboard inferiores a 6'4" .*



#### SHORTBOARD (6'4")

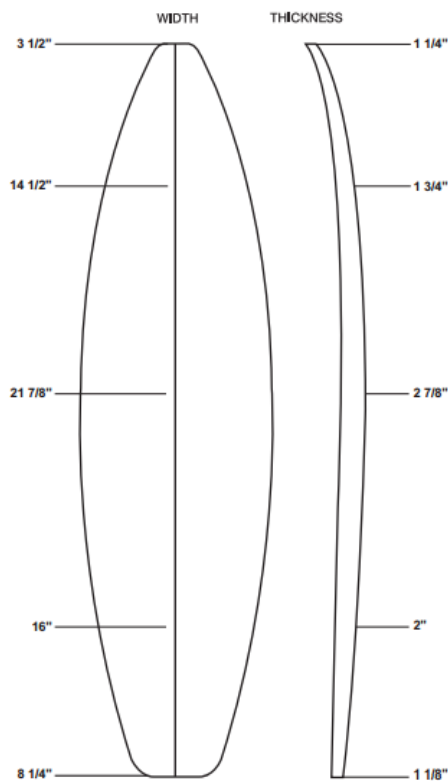
<b>Longitud (ft)</b>	6,4
<b>Max. Ancho (pulg)</b>	21 1/2
<b>Max. Espesor (pulg)</b>	2 3/4

*Este tamaño de espuma de poliuretano se utilizara para realizar tablas tipo shortboards inferiores a 6'8''.*



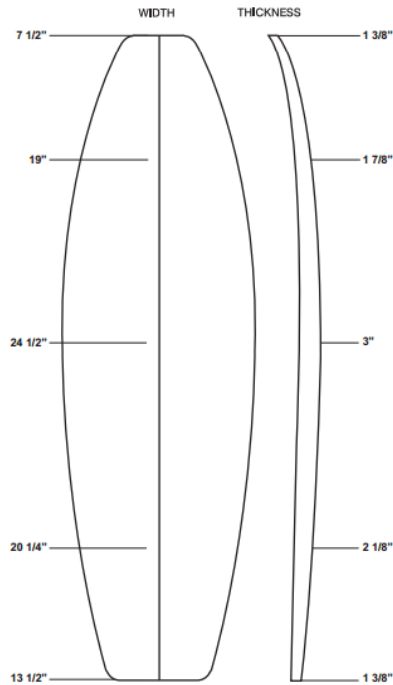
SHORTBOARD (6'8'')	
Longitud (ft)	6,8
Max. Ancho (pulg)	21 3/4
Max. Espesor (pulg)	3 1/16

*Para shortboard inferiores a 6'11'', se utilizara estas planchas de poliuretano.*



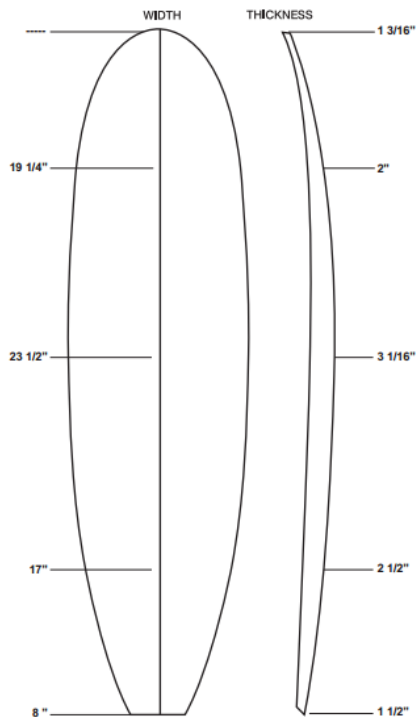
SHORTBOARD (6'11'')	
Longitud (ft)	6,11
Max. Ancho (pulg)	21 7/8
Max. Espesor (pulg)	2 7/8

*Tamaño de espuma de poliuretano utilizada para realizar tablas tipo fish inferiores a 6'5".*



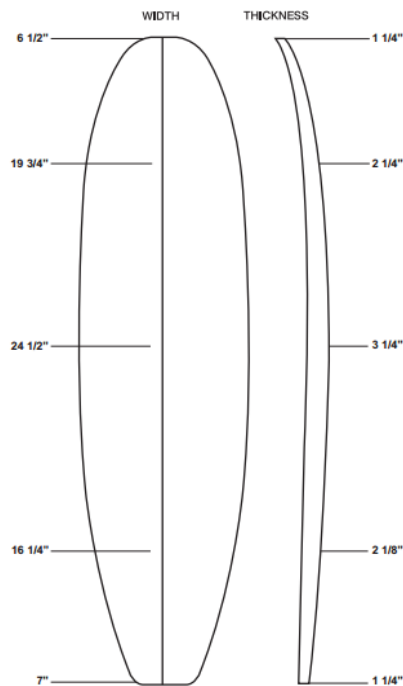
FISH (6'5")	
Longitud (ft)	6,5
Max. Ancho (pulg)	24 1/2
Max. Espesor (pulg)	3

*Este tamaño de espuma de poliuretano se utilizara para fabricar tablas tipo malibu inferiores a 7'2".*



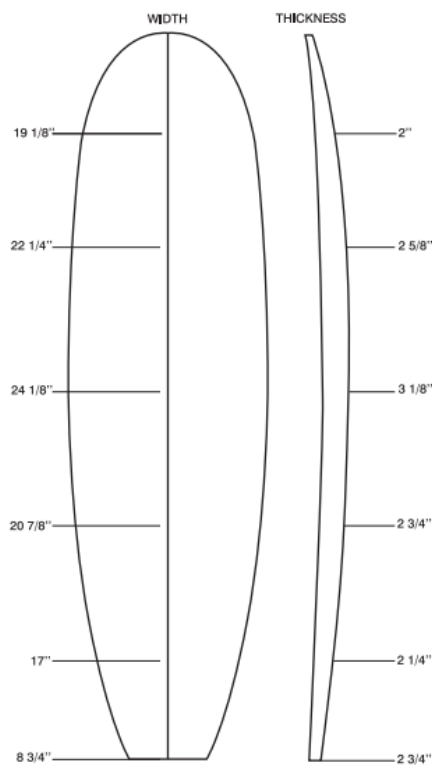
MALIBU (7'2")	
Longitud (ft)	7,2
Max. Ancho (pulg)	21 7/8
Max. Espesor (pulg)	3 1/16

*Para tablas tipo malibu e inferiores a 7'10" se utilizará el siguiente foam.*



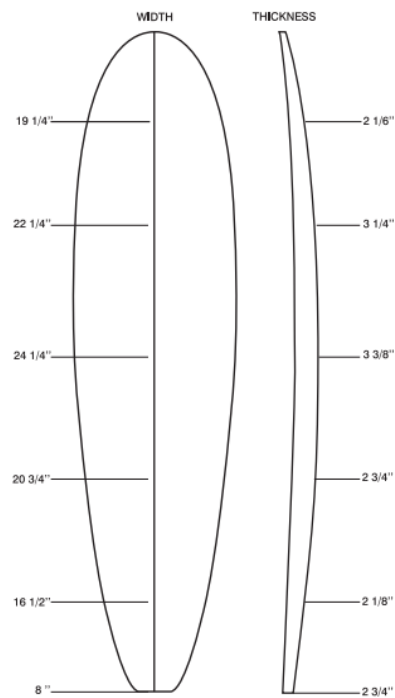
MALIBU (7'10'')	
Longitud (ft)	7,10
Max. Ancho (pulg)	24 1/2
Max. Espesor (pulg)	3 1/4

*Tablas tipo malibu que sean inferiores a 8'3" serán fabricadas con el siguiente foam.*



MALIBU (8'3'')	
Longitud (ft)	8,5
Max. Ancho (pulg)	24 1/8
Max. Espesor (pulg)	3 1/8

*Este tamaño de espuma de poliuretano será utilizada para la fabricación de tablas tipo longboard inferiores a 9'5".*

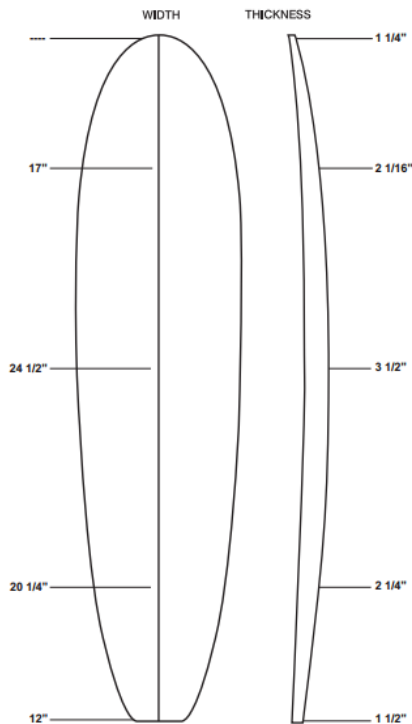


#### LONGBOARD (9'5")

##### Noserider

Longitud (ft)	9,5
Max. Ancho (pulg)	24 1/4
Max. Espesor (pulg)	3 3/8

*Una espuma de 10'3" se utilizará para la fabricación de tablas inferiores a esa medida.*

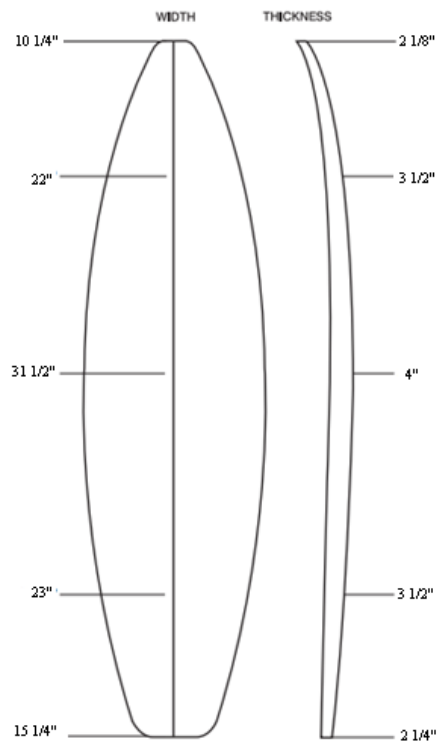


#### LONGBOARD (10'3")

##### Noserider

Longitud (ft)	10,3
Max. Ancho (pulg)	25 1/2
Max. Espesor (pulg)	3 1/2

*Se hará uso de este tamaño de espuma de poliuretano para realizar tablas tipo paddle board inferiores a 9'6''.*



PADDLE BOARD (9'6'')	
Longitud (ft)	9,6
Max. Ancho (pulg)	31 1/2
Max. Espesor (pulg)	4

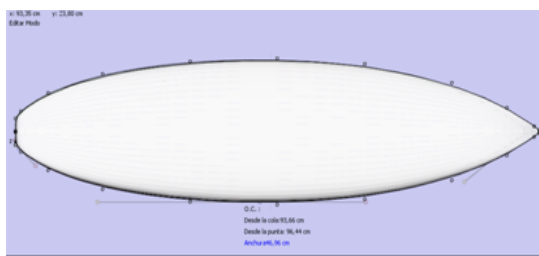


#### 4. DISEÑO ASISTIDO POR ORDENADOR DE TABLAS DE SURF

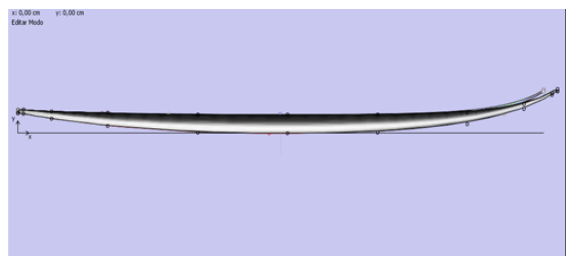
Para poder diseñar la forma de las tablas de surf, se hará uso de un programa de software libre llamado “*BOARD CAD*”, en el que se puede diseñar las tablas, es de manejo sencillo, solo introduciendo el tipo de tabla y medida de esta, diseña la tabla de una manera sencilla, luego se pasara a lenguaje G (formato con el cual la maquina de CNCNC trabaja), para que la maquina por control numérico lo reconozca, el siguiente paso será afinar el programa de diseño de la propia maquina CNC.

##### SHORTBOARD 6'4"

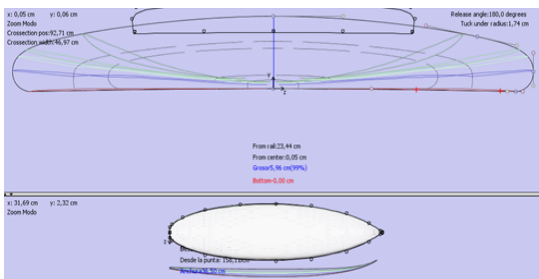
###### OUTLINE



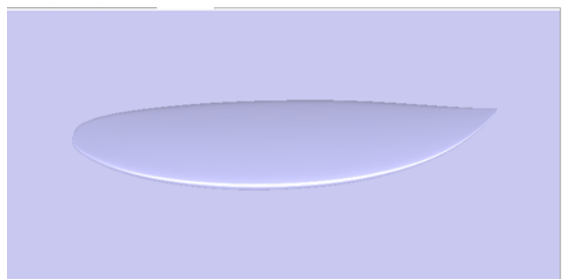
###### PERFIL



###### VISTA TRANSVERSAL



###### MODELO 3D



*Las tablas tipo Fish, se diseñan igual que el short solo cambia la cola, que es en forma de pez, de ahí su nombre.*

##### SHORTBOARD 6'4"

LONGITUD: 1,839m  
 ANCHO: 46,0cm  
 VOLUMEN: 27,872L  
 SUPERFICIE: 0,687m<sup>2</sup>

##### SHORTBOARD 6'8"

LONGITUD: 2,032m  
 ANCHO: 46,99cm  
 VOLUMEN: 29,734L  
 SUPERFICIE: 0,723m<sup>2</sup>

### SHORTBOARD 6'11"

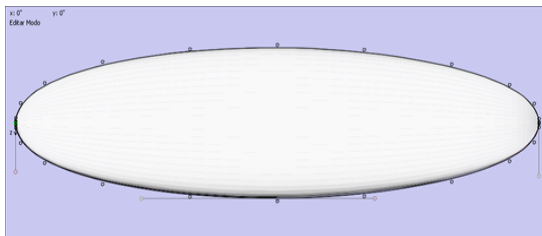
LONGITUD: 2,108m  
 ANCHO: 46,99cm  
 VOLUMEN: 31,155L  
 SUPERFICIE: 0,750m<sup>2</sup>

### FISH 6'2"

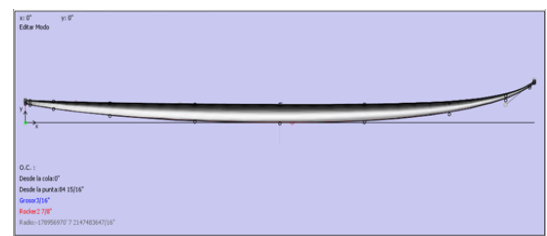
LONGITUD: 1,78 m  
 ANCHO: 45,7 cm  
 VOLUMEN: 26,3L  
 SUPERFICIE: 0,63m<sup>2</sup>

### MALIBU 7'

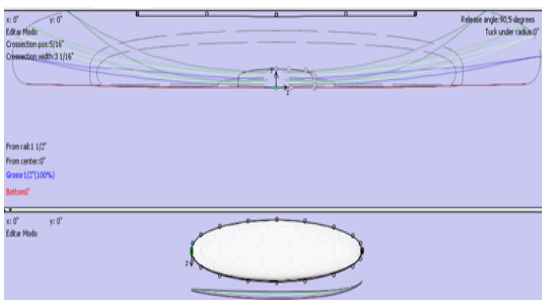
#### OUTLINE



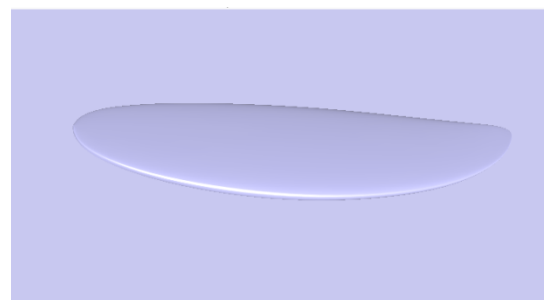
#### PERFIL



#### VISTA TRANSVERSAL



#### VISTA EN 3D



*Los longboard también se diseñan al igual que las tablas tipo malibu.*

### MALIBU 7'

LONGITUD: 2,134m  
 ANCHO: 54,45cm  
 VOLUMEN: 43,351L  
 SUPERFICIE: 0,915m<sup>2</sup>

### MALIBU 7'10"

LONGITUD: 2,130m  
 ANCHO: 46,0cm  
 VOLUMEN: 49,860L  
 SUPERFICIE: 1,023m<sup>2</sup>

### MALIBU 8'

LONGITUD: 2,388m  
 ANCHO: 54,45cm  
 VOLUMEN: 50,143L  
 SUPERFICIE: 1,045m<sup>2</sup>

### LONGBOARD 9'2"

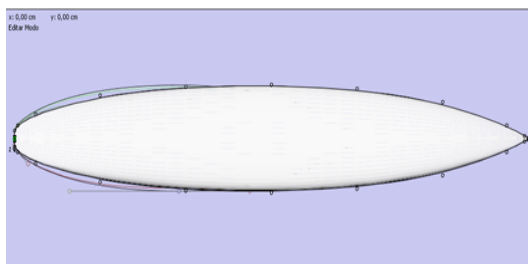
LONGITUD: 2,794m  
 ANCHO: 54,45cm  
 VOLUMEN: 61,061L  
 SUPERFICIE: 1,198m<sup>2</sup>

### LONGBOARD 9'10"

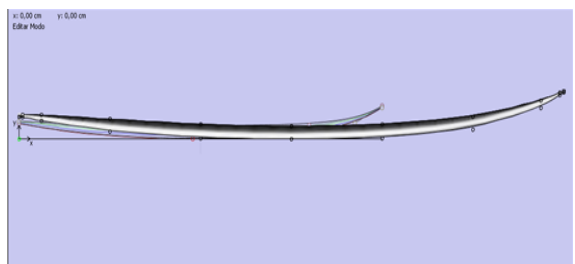
LONGITUD: 2,997m  
 ANCHO: 54,45cm  
 VOLUMEN: 66,908L  
 SUPERFICIE: 1,28m<sup>2</sup>

### PADDLE BOARD 9'6"

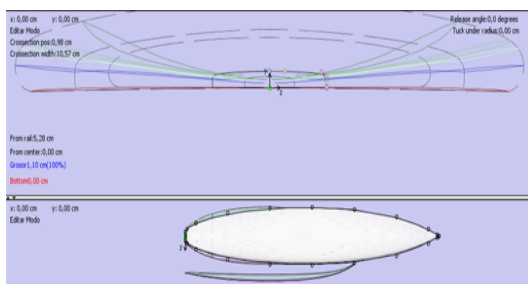
#### OUTLINE



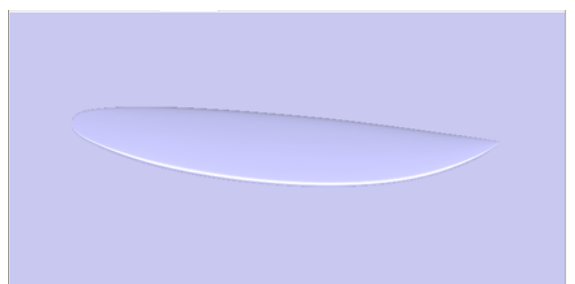
#### PERFIL



#### VISTA TRANSVERSAL



#### VISTA EN 3D



### PADDLE BOARD 9'6"

LONGITUD: 2,896m  
 ANCHO: 48,99cm  
 VOLUMEN: 63,8L  
 SUPERFICIE: 1,203m<sup>2</sup>

## **5. PLANIFICACIÓN**

Se expone a continuación una planificación del trabajo que llevaremos a cabo en la instalación para la fabricación de tablas de surf.

Esta planificación ira sujeta a la demanda de tablas de surf, se realizara una estimación considerando que la fábrica trabaja a pleno rendimiento, siendo competitiva con las mejores fabricas del sector destinadas a tal fin. Todos los días el equipo de trabajo se reunirá antes de comenzar la jornada laboral y estudiaran la planificación realizada por el personal administrativo, esta planificación puede estar sujeta a modificaciones si así se requiere por algún problema importante e urgente.

Se dispondrá de tres turnos de trabajo de 8 horas cada uno, repartidos en horarios de mañana, tarde y noche, serán 4 operarios los que trabajaran en cada turno, se estima que cada uno de ellos realizara una media de dos tablas y media al día, con lo cual en el día se podrán fabricar 30 tablas de surf aproximadamente. Un solo operario en el turno de mañana se encargara de realizar las labores de pintado, con lo cual se planificara para dicho turno las tablas con dicha operación, si se tiene un elevado numero de tablas que pintar y un solo operario no fuera suficiente se dispondrá de otro operario para dicha finalidad.

La estimación anteriormente comentada hace que al mes se puedan fabricar aproximadamente 300 tablas lo que haría un total de 3300 tablas en 11 meses de fabricación.

## 6. GLOSARIO

**Aéreo:** realizar con la tabla un vuelo controlado y volar al caer en la ola.

**Aleta o quilla:** pequeña pieza de material rígido que se encuentra en el extremo de la tabla que tiene la función de mantener la direccionalidad de la tabla y evitar la deriva. Las tablas unidireccionales acostumbran a tener una en la popa y las bidireccionales dos a popa y dos a proa.

**Babor:** lado izquierdo de la tabla respecto a su eje longitudinal de desplazamiento hacia delante.

**Backside:** surfear dando la espalda a la ola.

**Bajadon:** bajada de una ola vertical, hueca y poderosa.

**Beach break:** ola con fondo de arena.

**Blank:** pieza de foam u otro material que se usa como forma para la tabla de surf. El blank es la pieza de foam sin desbastar, en bruto, que hay que tallar (shapear) para crear la forma final de la tabla. Se le llama foam también aunque este nombre hace referencia a un material.

**Bottom:** cara inferior de la tabla, en su parte trasera van colocadas las quillas. El diseño del bottom es fundamental para el buen funcionamiento de la tabla ya que es donde se va a producir toda la fricción entre el agua y la tabla. Para mejorar el comportamiento de esta el bottom puede incluir cóncavos que favorecen el desplazamiento del agua por su superficie.

**Bottom turn:** giro de propulsión y pronunciado en la base de la ola tras afrontar la bajada.

**Canal:** es el lugar donde es mas fácil remontar, normalmente creado gracias a una corriente o a un fondo mas profundo que hace que las olas pasen por ese lugar sin romper, lo que facilita remontar al pico.

**Canto duro o canto blando:** curvatura o redondez de los cantos de la tabla. Los duros son agudos mientras que los blandos son más redondeados.

**Cantos:** bordes laterales de la tabla. Los cantos van del nose al tail y dependiendo del grado de curvatura se pueden caracterizar de una u otra forma. Por ejemplo cantos de 50/50 son prácticamente un semicírculo debido a sus curvas redondeadas, un canto 60/40 es un canto curco por la parte superior y algo menos en la inferior.

**Cazada:** cuando la serie de olas coge al surfer descolocado, mas atrás del pico. Esto obliga a remontar con mucha mas dificultad por tener que pasar las olas de la serie para llegar al pico. El termino se usa casi siempre cuando hay olas de tamaño.

**Cerrojon o cerron:** ola sin salida. Es una forma coloquial de referirse a la ola que no rompe con pared sino que se desploma al mismo tiempo en toda la longitud de la ola. Este tipo de olas no son aptas para surfear con tabla, ya que no hay posibilidad de maniobra. También se les llama barra, cerrote, etc.

**Choppy:** cuando la superficie del agua no esta lisa, condiciones malas para el surf, ocurre con vientos on shore y con viento fuerte.

**Cuchara:** maniobra utilizada para remontar pasando las olas por debajo.

**Cut-back:** giro de vuelta a la espuma.

**Deck:** parte superior de la tabla. Cara de la tabla donde el surfer pone los pies al hacer surf.

**Derechas:** olas que rompen hacia la derecha del surfista que esta tomando la ola. Mirando hacia el mar la que avanza hacia nuestra izquierda.

**Desfasado:** condiciones en las que las olas son insurfeables.

**Drop o take off:** momento en que el surfista se pone y empieza a bajar la ola.

**Escarpín:** es un calzado de neopreno y goma que puede tener suela dura o blanda que sirve para proteger los pies del agua fría en los meses invernales así como evitar daños cuando es necesario caminar por rocas, etc.

**Espuma o foam:** material poliuretano o EPS usado en la parte interior de la tabla.

**Espumon:** el muro de espuma que arrastran las olas grandes al romper.

**Evolutiva:** ideales para aprender. Mas grandes que las short y de variadas formas.

**Fetch:** recibe también el nombre de “campo de viento” es la distancia en la que el viento sobre el mar sopla de una manera continuada sin obstáculos y sin cambios significativos de dirección. Cuanto mayor es esa distancia mas grandes son las olas.

**Fish:** tablas algo mas cortas que las short, pero mas anchas, ideales para olas pequeñas sin fuerza. La cola de pez añade maniobrabilidad y volumen.

**Floater:** maniobra pasar la parte rota de la ola flotando por encima de la espumilla.

**Frontside:** surfear de cara a la ola.

**Glaseado:** aplicación de capas de fibras empapas de resina para proporcionar dureza y consistencia a la tabla.

**Glasser:** persona que realiza la operación de glaseado en el proceso de tablas de surf.

**Glassy:** condiciones optimas con poco viento en contra. Cuando la superficie del agua esta completamente lisa.

**Grip:** pieza de goma con diversos dibujos que favorecen el agarre del pie sobre la tabla, haciendo que no se necesite parafina para no resbalar.

**Gun:** tipo de tabla larga y afilada especifica para olas grandes y huecas.

**Hang five:** sacar los cinco dedos del pie por delante del loongboard. Es una maniobra muy valorada en competiciones del longboard clásico.

**Hanf ten:** maniobra clásica del longboard que consiste en sacar los 10 dedos de los pies por delante del nose del longboard. Maniobra reina en la competición del longboard clásico.

**Invento:** cable o cuerda de goma elástica que une al surfista con la tabla. También llamado leash.

**Labio:** labio o espumilla de la ola, cresta o extremo de una ola tubo.

**Leash:** cuerda o cable elástico que une al surfista con la tabla. También llamado invento.

**Longboard:** toda tabla de surf que supere los 9 pies de longitud desde el tail hasta el nose.

**LQS (Longboard Qualifying Series):** pruebas que puntúan para el campeonato del mundo y que dan el paso a las categorías WLT.

**Maral o onshore:** viento con dirección a la playa.

**Mareton:** mar gruesa de más de seis metros.

**Milla náutica:** 1852 metros, 6067 pies o 1,15 millas terrestres.

**Minimalibu:** tabla con forma aproximada de long board pero de inferior longitud.

**Neopreno:** traje de surf de goma que permite mantener la temperatura gracias a que deja entrar una pequeña cantidad de agua que calienta con la propia temperatura del cuerpo. No es un traje seco como algunos de buceo.

**Nose guard:** pequeña pieza de goma que se coloca en la punta de las tablas para evitar lesiones provocadas por impacto.

**Nose riding:** maniobra en la que el surfista se acerca mucho a la punta de la tabla.

**Nudo:** medida de velocidad equivalente a una milla náutica por hora. Es 1852 metros por hora o 1,85Km/h

**Off-shore:** cuando el viento sopla de la orilla hacia el mar.

**On-shore:** cuando el viento sopla del mar hacia la orilla.

**Out line:** perfil posterior de la tabla de surf. Podríamos definirla coloquialmente como su silueta. Aparte del outline de una tabla que es una información bidimensional necesitamos datos como grosor, rocker, etc.

**Pato:** recibe este nombre la técnica para pasar por debajo de una espuma cuando estamos remontando una ola.

**Perfil:** forma especialmente diseñada para generar fuerzas de sustentación al verse sometida a un flujo.

**Pico:** lugar donde comienza a romper las olas.

**Pincho:** tabla alargada y afilada, diseñada para olas grandes.

**Plato:** no hay olas.

**Point:** lugar donde rompen las olas.

**Poliéster:** tipo de resina con el que están constituidas las mayorías de las tablas de surf.

**Prioridad:** existen unas series de reglas no escritas en el mundo del surf, y una de ellas es la prioridad, la cual es muy frecuente que genere conflictos. Siempre tiene prioridad el surfer que coge la ola mas cerca del pico.

**Quillas:** son los timones fijos situados en la parte inferior de la tabla, en su parte trasera o tail, que hacen que sea posible girar la tabla en la ola. Sin ellas la tabla solo gira por la presión ejercida sobre los cantos o la cola, lo que las hace imprescindibles para el surf moderno.



**Quiver:** conjunto de tablas que posee un surfista de diferentes tamaños para todo tipo de olas.

**Reentry:** giro en la parte superior de la ola.

**Regular:** surfista que coloca el pie derecho en la parte trasera de la tabla.

**Remontar:** remar hasta el pico desde el final en la ola.

**Ride:** surfear, cabalgar las olas.

**Rider:** surfista.

**Rocker:** curvatura de la tabla vista de perfil.

**Saltada:** robo de la ola al surfista que ya la había cogido.

**Shape:** forma final de la tabla.

**Shaper:** persona que da forma a la tabla de forma artesanal, recubriéndola posteriormente con fibra y resina.

**Short:** tabla corta, para olas medianas, la parte delantera acaba en punta. Las tablas mas utilizadas hoy en día.

**Single:** tabla de una sola quilla.

**Snap back:** giro de frenada seco y rápido.

**Sotavento:** dirección hacia donde va el viento. Opuesto a barlovento.

**Spot:** lugar de la playa donde rompen olas, apto para el surf.

**Stand up Paddle surf:** nueva modalidad de tabla relacionada con el surf. Consiste en remar de pie encima de una tabla de surf de gran tamaño, con la ayuda de un remo.

**Squeegee:** espátula de goma utilizada para extender la resina en el proceso de laminado.

**Swell:** se refiere a marejada. Conjunto de olas de ondas de una longitud relativamente altas.

**Surf:** deporte que consiste en desplazarse sobre las olas del mar de pie sobre una tabla, dirigiéndola gracias a varias quillas situadas en la parte de debajo de la tabla o bottom. Requiere cualidades como equilibrio, habilidad agilidad y coordinación.

**Tabla de surf:** objeto empleado por el surfer para deslizarse sobre las olas. Existen varios tipos de tablas de surf que definen también la modalidad que se practica con ellas.

**Tablón:** tabla ancha y de punta redonda de más de 2,7m de altura.

**Take off:** momento en que el surfista baja la ola.

**Tapón de invento o quilla:** a unos dispositivos que van metidos en el interior de la fibra de la tabla y que sirven para atornillar (o fijar según el sistema) las quillas y atar el invento.

**Terral o offshore:** viento en dirección al mar (mejora la calidad de las olas) proveniente de la tierra.

**Three fin:** tablas de 3 quillas.

**Toque:** golpe o desperfecto en la tabla de surf.

**Tubo:** maniobra reina, se trata de ir por el túnel que algunas olas forman.

**Twin fin:** tabla de dos quillas.

**Wax o cera:** mezcla de parafina, cera de abeja e incienso, que se aplica sobre la superficie de la tabla para tener mayor adherencia.

**WCT (World Contest Tour):** campeonato del mundo de surf de longboard, para tablas mayores de 9 pies.

**Wipe out:** espectacular caída del surfista en una ola.

**WLT (World Longboard Tour):** campeonato del mundo de surf de longboard, para tablas mayores de 9 pies.

**Worl-class:** olas de máxima perfección que rompen a lo largo de todo el planeta.

**WQS (World Qualifying Series):** competición mundial para tablas corta de surf. Los riders participantes han ido sumando puntos a través de campeonatos clasificatorios para poder participar en este, organizado todo por la ASP.

**WWQS (Women World Qualifying):** circuito femenino.

## **7. BIBLIOGRAFÍA**

### **LIBROS**

ESSENTIALS OF SURFIN. *George Orbelian. Surfer Magazine, 1982.*

CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES, *Donald R, Askeland, Editorial Parainfo/Thomson learning, 2001*

FUNDAMENTOS DE CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES, *William F. Smith, editorial McGraw-Hill, 1993*

FUNDAMENTO DE CIENCIA E INGENIERIA DE LOS MATERIALES, *William D. Callister, Editorial Reverte, 1995*

MATERIALES COMPUESTOS. Procesos de fabricación de embarcaciones. *Alejandro Besednjak Dietrich. Editorial UPC, 2005*

MATERIALES COMPUESTOS I y II. *Antonio Miravete Emilio Larrode, Luis Castejon . Editorial Reverte, 2000*

MATERIALES Y PROCESOS DE FABRICACION. *E. Paul DeGarmo, .J. Temple Black, Ronald A. Kohser. 1988*

DISEÑO Y ANALISIS DE MATERIALES COMPUESTOS. *Stephen W. Tsai. A Miravete, Editorial Reverte, 1987*

### **RECURSOS ELECTRÓNICOS**

<http://www.wikipedia.com>

<http://www.todosurf.com>

<http://www.viral-surf.com>

#### **Blogs de surf**

<http://www.surfingshowblog.com>

<http://www.surfschoolmargarita.com>

<http://blog.skurf.es>

<http://www.yanessurfboards.es>

<http://natural-boards.blogspot.com.es>

<http://www.surflandia.es/>

## **Materiales compuestos**

<http://www.upv.es>

<http://webdeptos.uma.es>

<http://procesosfisicoquimico.wikispaces.com>

<http://es.prmob.net/tabla-de-surf/surf/pie-1047093.html>

<http://materialesdi.foroslatinos.net/>

<http://www.innovacomposite.com/>

<http://www.nexusprojectes.com/>

# **PLIEGO DE CONDICIONES**

## **1. PLIEGO DE CONDICIONES**

El Pliego de condiciones es, desde el punto de vista legal y contractual, el documento más importante del proyecto a la hora de su ejecución material.

Los planos reflejan lo que hay que hacer, pero son las especificaciones de materiales y equipos, y las de ejecución, las que establecen cómo y con que hay que hacerlo.

El pliego de condiciones regula las relaciones entre el propietario, promotor del proyecto, y los contratistas que lo van a ejecutar y deberá contener toda la información necesaria para que esas relaciones sean lo más fructíferas posible, teniendo en cuenta la importancia de la componente económica en las mismas.

- **PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

Este apartado contiene fundamentalmente una descripción general del contenido del proyecto, sus características principales, los aspectos legales y administrativos a tener en cuenta por los futuros contratistas e incluye la relación de todos los planos que componen el proyecto.

- **PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES**

Se incluyen las especificaciones técnicas sobre materiales y equipos y las especificaciones técnicas de ejecución.

A continuación se presentan el pliego de condiciones generales y el pliego de condiciones particulares.

## **1.1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES**

El presente Pliego de Condiciones Técnicas es el resumen de las características que se deberán de cumplir en la ejecución de este proyecto “Diseño del proceso de fabricación de tablas de surf en resina epoxi y resina poliéster” descrita en la Memoria así como también de los materiales utilizados en la construcción de ésta.

El objetivo básico de este documento es suministrar al usuario unas instalaciones que:

- Garantizar un uso seguro de la instalación.
- Garantizar una durabilidad y calidad en la instalación.
- Optimizar el ahorro energético global de las instalaciones en combinación con el resto de los equipos del edificio.

El proyecto del “Proceso de fabricación de tablas de surf en resina epoxi y resina poliéster” está compuesto de la siguiente documentación:

- Memoria.
- Anexos.
- Pliego de condiciones.
- Presupuestos.
- Planos.

Se entiende por documentación aquella que es de obligada cumplimiento, incluidas las modificaciones autorizadas. El resto de documentación o datos del proyecto son informativos.

## **1.2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES**

A continuación, se exponen las características con las que se deben de construir las tablas de surf:

<b>SHORTBOARD 6'4"</b>  LONGITUD: 1,839m ANCHO: 46,0cm VOLUMEN: 27,872L SUPERFICIE: 0,687m <sup>2</sup>	<b>SHORTBOARD 6'8"</b>  LONGITUD: 2,032m ANCHO: 46,99cm VOLUMEN: 29,734L SUPERFICIE: 0,723m <sup>2</sup>
<b>SHORTBOARD 6'11"</b>  LONGITUD: 2,108m ANCHO: 46,99cm VOLUMEN: 31,155L SUPERFICIE: 0,750m <sup>2</sup>	<b>FISH 6'2"</b>  LONGITUD: 1,78 m ANCHO: 45,7 cm VOLUMEN: 26,3L SUPERFICIE: 0,63m <sup>2</sup>
<b>MALIBU 7'</b>  LONGITUD: 2,134m ANCHO: 54,45cm VOLUMEN: 43,351L SUPERFICIE: 0,915m <sup>2</sup>	<b>MALIBU 7'10"</b>  LONGITUD: 2,130m ANCHO: 46,0cm VOLUMEN: 49,860L SUPERFICIE: 1,023m <sup>2</sup>
<b>MALIBU 8'</b>  LONGITUD: 2,388m ANCHO: 54,45cm VOLUMEN: 50,143L SUPERFICIE: 1,045m <sup>2</sup>	<b>LONGBOARD 9'2"</b>  LONGITUD: 2,794m ANCHO: 54,45cm VOLUMEN: 61,061L SUPERFICIE: 1,198m <sup>2</sup>
<b>LONGBOARD 9'10"</b>  LONGITUD: 2,997m ANCHO: 54,45cm VOLUMEN: 66,908L SUPERFICIE: 1,28m <sup>2</sup>	<b>PADDLE BOARD 9'6"</b>  LONGITUD: 2,896m ANCHO: 48,99cm VOLUMEN: 63,8L SUPERFICIE: 1,203m <sup>2</sup>



El fabricante se compromete a construir las tablas de surf de acuerdo a lo establecido previamente, si este quiere una tabla de surf no tabulada, se le podrá realizar sin ningún problema ni coste adicional.

# **PRESUPUESTO**

## **1. OBJETIVO**

El objetivo principal de este apartado es establecer si las tablas que vamos a fabricar serán competitivas o no en el mercado.

Se ha tratado de realizar una estimación detallada contactando para ello con proveedores de distintas marcas de todos los productos que se van a utilizar en el presente proyecto, realizando una estimación lo mas exacta posible con la realidad. Se ha estimado que el 80% de las tablas se fabricara en poliéster y el 20% restante se fabricara con resina epoxi, esta estimación esta basada en la producción mundial de tablas de surf y que se citó en el presente proyecto al principio del mismo,

También se ha realizado un calculo horas/hombre necesarias para la fabricación de las tablas, estimándose de la forma mas precisa posible dichas horas.

Se tendrán en cuenta los costes fijos así como se consideraran el coste de mano de obra y materiales.

Las estimaciones realizadas son las siguientes:

## 2. MATERIALES

A continuación se muestra unas tablas correspondientes a gastos en materiales para la producción de tablas de surf, todos los precios que se muestran a continuación son sin I.V.A.

Foam	€
FOAM shortboard 6'4"	57,00
FOAM shortboard 6'8"	57,00
FOAM fish 6'5"	60,00
FOAM shortboard 6'11"	64,00
FOAM malibú 7'2"	68,00
FOAM malibú 7'10"	77,00
FOAM malibú 8'5"	81,00
FOAM longboard 9'5"	86,00
FOAM longboard 9'5" Noserider	86,00
FOAM longboard 10'3"	89,00
FOAM longboard 10'3" Noserider	89,00
EPS – SUP 9'6"	125,00

Preshape	€
PRESHAPE - hasta 7'0"	22,00
PRESHAPE - hasta 8'0"	30,00
PRESHAPE - hasta 9'6"	40,00
PRESHAPE - hasta 11'0"	50,00

Transporte y Embalaje	€
Hasta 6'6 2 tablas	20,00
Hasta 7'3 2 tablas	25,00
Hasta 9'0 2 tablas	30,00
Hasta 10'0 2 tablas	39,00
Hasta 6'6 4 tablas	30,00
Hasta 7'3 4 tablas	39,00
Cartón caja pequeña	4,00
Cartón caja grande	7,00

La maquina CNC se amortizara de forma lineal a razón de 500€ en 36 mensualidades.

Resinas	€
Epoxy Resoltech 1070s B-1kg + Hard. 0,5kg	17,2
Resina Poliéster Surf transparente (1Kg)	8,8
Catalizador P. Mek (1l)	6,7
Estireno Parafinado (1l)	7,8

Fibras	1 Rollo
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	2,42 €/ml
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 80cm)	3,11 €/ml
Tejido HEXCEL E-Glass, 206gr (6oz X 65cm)	2,45 €/ml
Tejido HEXCEL E-Glass, 206gr (6oz X 80cm)	3,15 €/ml
Tejido HEXCEL E-Glass, 202gr (130 cm)	2,88 €/ml

Las tablas vienen sin quillas, aunque se dispondrán de estas para su venta por si el cliente las necesita, se fabrican así debido a que muchos riders “reciclan” las quillas de unas tablas a otras:

Accesorios	€
<b>Maquina CNC</b>	18000
<b>Trío quillas E-5 (negro y hueso)</b>	10,00
<b>Trío quillas E-4 (negro y hueso)</b>	10,00
<b>Trío quillas E-Clayton (negro, hueso, rojo, naranja, azul)</b>	10,00
<b>Par quillas Retro (negras)</b>	10,00
<b>Par quillas Estabilizadoras (hueso)</b>	10,00
<b>Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA</b>	10,00
<b>Leash-plug (negro, hueso)</b>	1,50
<b>Cajetín Longboard</b>	15,00
<b>Asa SUP (negro, hueso)</b>	6,00
<b>Llave Europea</b>	0,90
<b>Llave USA</b>	1,50
<b>Punteras</b>	1,50
<b>Tornillo USA</b>	0,20
<b>Squeege</b>	19,00
<b>Tijera Shape (medidor de grosores)</b>	25,00

Antes de comenzar el desglose del presupuesto, es conveniente realizar un cálculo de los gastos fijos, para tenerlos en cuenta a la hora de calcular el beneficio neto más adelante:

Gastos Fijos	€ (con IVA)
<b>Alquiler nave</b>	780
<b>Luz</b>	200
<b>Agua y gastos comunes</b>	120
<b>Retribución y costes sociales director (1)</b>	2000
<b>Retribución y costes sociales administrativo (2)</b>	2000
<b>Otros (máquina y otros gastos)</b>	1000
	<b>6100</b>

El sueldo de los operarios esta incluido en el precio de las tablas, por lo que no computa en los gastos fijos.

Estos gastos al mes suponen en la producción anual:

<b>Gastos fijos al año</b>	<b>73200€</b>
----------------------------	---------------

Se va a desglosar el presupuesto según cada tipo de tablas que se fabrican en resina poliéster y epoxi:

*\*Como dato se destaca, que la fabrica no solo fabricara tablas de surf hechas, si no también el preshape, un cliente puede querer hacer una tabla manualmente, y pide que se le preshapee su tabla con la maquina de CNC. El precio del preshape se incluye en cada tabla a fabricar para ir amortizando la maquina CNC*

## 2.1. RESINA POLIÉSTER

Shortboard 6'4"	€
FOAM shortboard 6'8"	57,00
PRESHAPE - hasta 7'0"	22,00
Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA	10,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Resina Poliéster Surf transparente (3Kg)	26,4
Catalizador P. Mek (100ml)	0,67
Estireno Parafinado (100ml)	0,78
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	14,52
	132,87

Shortboard 6'8"	€
FOAM shortboard 6'11"	64,00
PRESHAPE - hasta 7'0"	22,00
Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA	10,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Resina Poliéster Surf transparente (3Kg)	26,4
Catalizador P. Mek (100ml)	0,67
Estireno Parafinado (100ml)	0,78
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	14,52
	139,87



Shortboard 6'11"	€
FOAM shortboard 6'11"	64,00
PRESHAPE - hasta 7'0"	22,00
Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA	10,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Resina Poliéster Surf transparente (3Kg)	26,4
Catalizador P. Mek (100ml)	0,67
Estireno Parafinado (100ml)	0,78
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	18,72
	144,07

Fish 6'2"	€
FOAM fish 6'5"	60,00
PRESHAPE - hasta 7'0"	22,00
Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA	10,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Resina Poliéster Surf transparente (3Kg)	26,4
Catalizador P. Mek (100ml)	0,67
Estireno Parafinado (100ml)	0,78
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	18,72
	140,07

Minimalibú 7'0"	€
FOAM malibú 7'2"	68,00
PRESHAPE - hasta 8'0"	30,00
Cajetín Longboard	15,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Resina Poliéster Surf transparente (3Kg)	35,2
Catalizador P. Mek (100ml)	0,67
Estireno Parafinado (100ml)	0,78
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	18,72
	169,87

Minimalibú 7'10"	€
FOAM malibú 8'5"	81,00
PRESHAPE - hasta 8'0"	30,00
Cajetín Longboard	15,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Resina Poliéster Surf transparente (4Kg)	35,2
Catalizador P. Mek (100ml)	0,67
Estireno Parafinado (100ml)	0,78
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	18,72
	182,87

Minimalibú 8'0"	€
FOAM malibú 8'5"	81,00
PRESHAPE - hasta 8'0"	30,00
Cajetín Longboard	15,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Resina Poliéster Surf transparente (4Kg)	35,2
Catalizador P. Mek (100ml)	0,67
Estireno Parafinado (100ml)	0,78
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	21,52
	185,67

Longboard 9'2" / Noserider	€
FOAM longboard 9'5"	85,00
PRESHAPE - hasta 11'0"	50,00
Cajetín Longboard	15,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Resina Poliéster Surf transparente (5Kg)	44,00
Catalizador P. Mek (100ml)	0,67
Estireno Parafinado (100ml)	0,78
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	28,8
	225,75

Longboard 10'2" / Noserider	€
<b>FOAM longboard 10'3"</b>	89,00
<b>PRESHAPE - hasta 11'0"</b>	50,00
<b>Cajetín Longboard</b>	15,00
<b>Leash-plug (negro, hueso)</b>	1,50
<b>Resina Poliéster Surf transparente (5Kg)</b>	44,00
<b>Catalizador P. Mek (100ml)</b>	0,67
<b>Estireno Parafinado (100ml)</b>	0,78
<b>Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)</b>	28,8
	<b>229,75</b>

Paddle board 9'6"	€
<b>Foam – SUP 9'6"</b>	125,00
<b>PRESHAPE - hasta 11'0"</b>	50,00
<b>Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA</b>	10,00
<b>Leash-plug (negro, hueso)</b>	1,50
<b>Resina Poliéster Surf transparente (5Kg)</b>	44,00
<b>Catalizador P. Mek (100ml)</b>	0,67
<b>Estireno Parafinado (100ml)</b>	0,78
<b>Tejido HEXCEL E-Glass, 206gr (6oz X 80cm)</b>	28,35
	<b>270,30</b>

## Resumen

Tabla Poliéster	Gastos por tabla (€)	Gastos por tabla con I.V.A. (€)
<b>ShortBoard 6'4"</b>	132,87	160,77
<b>ShortBoard 6'8"</b>	139,87	169,87
<b>ShortBoard 6'11"</b>	144,07	174,32
<b>Fish 6'2"</b>	140,07	169,48
<b>Minimalibu 7'0"</b>	169,87	205,54
<b>Minimalibu 7'10"</b>	182,87	221,27
<b>Minimalibu 8'0"</b>	185,67	224,66
<b>LongBoard 9'2"</b>	225,75	273,16
<b>LongBoard 10'2"</b>	229,75	278,00
<b>Paddle Board 9'6"</b>	270,3	327,06

## 2.2. RESINA EPOXI

Shortboard 6'4"	€
FOAM shortboard 6'8"	57,00
PRESHAPE - hasta 7'0"	22,00
Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA	10,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Epoxy Resoltech 1070s (3Kg)	26,4
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	14,52
	166,63

Shortboard 6'8"	€
FOAM shortboard 6'11"	64,00
PRESHAPE - hasta 7'0"	22,00
Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA	10,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Epoxy Resoltech 1070s (3Kg)	26,4
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	14,52
	173,62

Shortboard 6'11"	€
FOAM shortboard 6'11"	64,00
PRESHAPE - hasta 7'0"	22,00
Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA	10,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Epoxy Resoltech 1070s (3Kg)	26,4
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	18,72
	177,82

Fish 6'2"	€
FOAM fish 6'5"	60,00
PRESHAPE - hasta 7'0"	22,00
Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA	10,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Epoxy Resoltech 1070s (3Kg)	26,4
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	18,72
	173,82

Minimalibú 7'0"	€
FOAM malibú 7'2"	68,00
PRESHAPE - hasta 8'0"	30,00
Cajetín Longboard	15,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Epoxy Resoltech 1070s (4Kg)	35,2
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	18,72
	202,02

Minimalibú 7'10"	€
FOAM malibú 8'5"	81,00
PRESHAPE - hasta 8'0"	30,00
Cajetín Longboard	15,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Epoxy Resoltech 1070s (Kg)	35,2
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	18,72
	215,02

Minimalibú 8'0"	€
FOAM malibú 8'5"	81,00
PRESHAPE - hasta 8'0"	30,00
Cajetín Longboard	15,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Epoxy Resoltech 1070s (4Kg)	35,2
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	21,52
	217,82

Longboard 9'2" / Noserider	€
FOAM longboard 9'5"	87,45
PRESHAPE - hasta 11'0"	50,00
Cajetín Longboard	15,00
Leash-plug (negro, hueso)	1,50
Epoxy Resoltech 1070s (5Kg)	44,00
Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)	28,8
	268,70



Longboard 10'2" / Noserider	€
<b>FOAM longboard 10'3"</b>	90,45
<b>PRESHAPE - hasta 11'0"</b>	50,00
<b>Cajetín Longboard</b>	15,00
<b>Leash-plug (negro, hueso)</b>	1,50
<b>Epoxy Resoltech 1070s (5Kg)</b>	44,00
<b>Tejido HEXCEL E-Glass, 125gr (4oz X 65cm)</b>	28,8
	<b>271,75</b>

Paddle Board 9'6"	€
<b>Foam – SUP 9'6"</b>	125,00
<b>PRESHAPE - hasta 11'0"</b>	50,00
<b>Tapones ( 6 uds+allen) métrica USA</b>	10,00
<b>Leash-plug (negro, hueso)</b>	1,50
<b>Epoxy Resoltech 1070s (5Kg)</b>	86,00
<b>Tejido HEXCEL E-Glass, 206gr (6oz X 80cm)</b>	28,35
	<b>310,85</b>

Resumen:

Tabla Epoxi	Gastos por tabla (€)	Gastos por tabla con I.V.A. (€)
<b>ShortBoard 6'4"</b>	166,63	201,62
<b>ShortBoard 6'8"</b>	173,62	210,08
<b>ShortBoard 6'11"</b>	177,82	215,16
<b>Fish 6'2"</b>	173,82	210,32
<b>Minimalibu 7'0"</b>	202,02	244,44
<b>Minimalibu 7'10"</b>	215,02	260,17
<b>Minimalibu 8'0"</b>	217,82	263,56
<b>LongBoard 9'2"</b>	268,7	325,13
<b>LongBoard 10'2"</b>	271,75	328,82
<b>Paddle Board 9'6"</b>	310,85	376,13

### **3. MANO DE OBRA**

Se ha realizado una planificación para establecer el coste en mano de obra, estableciendo que se realizaran 3 turnos de 8 horas cada uno, en horario de mañana, tarde y noche, en cada turno estarán 4 operarios, un personal de administración que tendrá turnos de mañana y tarde y un operario mas que realizara las labores de pintado, este solo ira en horario de mañana, si la demanda lo exige se duplicara dicho turno, ni el pintor ni el personal de administración computan en el compendio de horas por tabla.

Se debe diferenciar el trabajo en las dos resinas ya que difieren bastante el uso de una u otra en las horas de trabajo.

### 3.1. RESINA POLIÉSTER

Para el caso de la resina poliéster se ha establecido estos tiempos para la fabricación de una tabla:

Actividad	Horas-Hombre
<b>CNC</b>	0,5
<b>LAMINACION</b>	1
<b>PRESHAPE</b>	0,5
<b>QUILLAS Y TAPONES</b>	0,5
<b>LIJADO</b>	0,5
<b>TOTAL</b>	3

Si cada operario trabaja un turno de 8 h, con su correspondiente descanso de media hora, realizara una media de 2 tablas y media, con lo cual si trabajan 4 operarios en un turno, tendremos 10 tablas por turno de trabajo, si se realizan 3 turnos se fabricaran un total del 30 tablas diarias.

Tabla/día (3 turnos)	Tabla/semana (5 días)	Tabla/mes (4 semanas)	Tabla año (11 meses)
<b>30</b>	<b>150</b>	<b>600</b>	<b>6.600</b>

A continuación se calcula el coste de una tabla en cuanto a mano de obra se refiere, supuesto un coste horario de 8 €:

<b>TABLA POLIÉSTER</b>	<b>3 Horas</b>
------------------------	----------------

<b>COSTE MANO DE OBRA</b>	<b>32 Euros</b>
---------------------------	-----------------

### 3.2. RESINA EPOXI

Las tablas realizadas en resina epoxi requieren mayor tiempo para su fabricación y esto es por dos razones importantes, la primera es que necesita más tiempo de curado que una laminada con resina poliéster y la segunda razón es que el lijado es más trabajoso, ya que al catalizar, el epoxi es mucho más resistente y duro por lo que dificulta el proceso, estos dos factores se cuentan en horas, con lo que se cuantifican las siguientes horas para la fabricación de una tabla:

Actividad	Horas-Hombre
<b>CNC</b>	0,5
<b>LAMINACION</b>	2
<b>PRESHAPE</b>	0,5
<b>QUILLAS Y TAPONES</b>	0,5
<b>LIJADO</b>	1
<b>TOTAL</b>	4,5

Un operario realizará 1,5 tablas en cada turno de trabajo, si lo componen 4 operarios se realizarán por cada turno un total de 6 tablas, lo que al día nos da una producción de 18 tablas.

Tabla/día (3 turnos)	Tabla/semana (5 días)	Tabla/mes (4 semanas)	Tabla año (11 meses)
<b>18</b>	<b>90</b>	<b>360</b>	<b>3.960</b>

A continuación se va a calcular lo que cuesta una tabla en cuanto a mano de obra se refiere, teniendo en cuenta que cada hora cuesta 8€:

<b>TABLA EPOXI</b>	<b>5,5 Horas</b>
--------------------	------------------

<b>COSTE MANO DE OBRA</b>	<b>40,5 Euros</b>
---------------------------	-------------------

*A las fábricas les interesa menos la fabricación de tablas de resina epoxi, ya que supone un coste mayor, tanto de producción como de materia prima.*

#### 4. COSTE TOTAL

Tabla Poliéster	Gastos por tabla + Mano de obra (€)	Precio mercado (€)	Beneficio (€)
<b>Short 6'4"</b>	192,77	300	<b>107,23</b>
<b>Short 6'8"</b>	201,87	300	<b>98,13</b>
<b>Short 6'11"</b>	206,32	300	<b>93,68</b>
<b>Fish 6'2"</b>	201,48	300	<b>98,52</b>
<b>Minimalibu 7'0"</b>	237,54	475	<b>237,26</b>
<b>Minimalibu 7'10"</b>	253,27	475	<b>221,73</b>
<b>Minimalibu 8'0"</b>	256,66	475	<b>218,34</b>
<b>Long 9'2"</b>	305,16	525	<b>219,84</b>
<b>Long 10'2"</b>	310,00	525	<b>215,00</b>
<b>Paddle Board</b>	359,06	850	<b>490,94</b>

Tabla Epoxi	Gastos por tabla + Mano de obra (€)	Precio mercado (€)	Beneficio (€)
<b>Short 6'4"</b>	242,12	400	157,88
<b>Short 6'8"</b>	250,58	400	149,42
<b>Short 6'11"</b>	255,66	400	144,34
<b>Fish 6'2"</b>	250,82	400	149,18
<b>Minimalibu 7'0"</b>	284,94	575	290,06
<b>Minimalibu 7'10"</b>	300,67	575	274,33
<b>Minimalibu 8'0"</b>	304,06	575	270,94
<b>Long 9'2"</b>	365,63	625	259,37
<b>Long 10'2"</b>	369,32	625	255,68
<b>Paddle Board</b>	416,63	950	533,37

Se puede realizar un cálculo estimado sobre las tablas que se van a fabricar a lo largo de un año, se ha realizado un estudio de mercado para conocer las mas demandadas por el cliente y a partir de ahí conocer cuantas se van a fabricar tanto en resina epoxi como en resina poliéster.

A continuación se muestra una tabla con el número de tablas fabricadas de cada tipo en las dos resinas, tanto epoxi como poliéster, partiendo de lo calculado anteriormente se pueden fabricar al mes 600 tablas en resina poliéster y 360 tablas de resina epoxi, por lo que se tiene:

Tipo de tabla	Poliéster Tablas/mes	Epoxi Tablas/mes
<b>SHORTBOARD 6'4"</b>	100	60
<b>SHORTBOARD 6'8"</b>	80	50
<b>SHORTBOARD 6'11"</b>	75	50
<b>FISHBOARD 6'2"</b>	75	50
<b>MALIBU 7'00"</b>	50	30
<b>MALIBU 7'10"</b>	50	30
<b>MALIBU 8'00"</b>	50	30
<b>LONGBOARD 9'2"</b>	50	20
<b>LONGBOARD 9'10"</b>	50	20
<b>PADDLE BOARD 9'6"</b>	20	20

Una vez calculado el número de tablas de cada tipo y cada resina se puede proceder a calcular los beneficios:



	GASTOS/MES		BENEFICIOS/MES	
	Poliéster	Epoxi	Poliéster	Epoxi
SHORTBOARD 6'4"	19.277,00	12.097,20	10.723,00	9.472,80
SHORTBOARD 6'8"	16.149,60	10.504,00	7.850,40	7.471,00
SHORTBOARD 6'11"	15.474,00	10.758,00	7.026,00	7.217,00
FISHBOARD 6'2"	15.111,00	10.516,00	7.389,00	7.459,00
MALIBU 7'00"	11.877,00	7.333,20	11.863,00	8.701,80
MALIBU 7'10"	12.663,50	7.805,10	11.086,50	8.229,90
MALIBU 8'00"	12.833,00	7.906,80	10.917,00	8.128,20
LONGBOARD 9'2"	15.258,00	6.502,60	10.992,00	5.187,40
LONGBOARD 9'10"	15.500,00	6.576,40	10.750,00	5.113,60
PADDLE BOARD 9'6"	7.181,20	7.522,60	9.818,80	10.667,40
	<b>141.324,3</b>	<b>87.521,90</b>	<b>98.415,70</b>	<b>77.648,10</b>

Se calcula los beneficios totales al año para cada tipo de resina:

Beneficios Tablas/mes Poliéster (€)	Meses de producción	Beneficio Neto (€)
98.425,70	11	<b>1.082.572,70</b>

Beneficios Tablas/mes Epoxi(€)	Meses de producción	Beneficio Neto (€)
77.648,10	11	<b>854.129,10</b>

Al comenzar el cálculo del presupuesto, se especifico que la producción total de tablas la formarían un 80% de tablas realizadas en resina poliéster y 20% tablas realizadas en epoxi, por lo que el beneficio total seria:

Beneficio Total (100% Producción)		€
<b>80% BENEFICIO RESINA POLIÉSTER</b>		866.058,16
<b>20% BENEFICIO RESINA EPOXI</b>		170.825,82
		<b>1.036.883,98</b>

Se estima por tanto que las tablas que se van a fabricar son aproximadamente las siguientes:

	mes	Año (11 meses)	Porcentaje producción	Total tablas
<b>Tablas poliéster</b>	600	6.600	80%	5.280
<b>Tablas epoxi</b>	360	3.960	20%	792
				<b>6.072</b>

A este beneficio total se le debe restar los gastos comunes para poder calcular el beneficio neto de la fábrica:

Beneficio Total (€)	Gastos fijos (€)	Beneficio NETO (€)
<b>1.036.883,98</b>	<b>73.200</b>	<b>963.683,98</b>

El beneficio neto de la fabrica para la producción calculada es de 963683,98€, no obstante a continuación se va a calcular el numero mínimo de tablas que se deben de fabricar para que la instalación tenga una rentabilidad de al menos del 12%.

Se ha establecido que el numero de tablas para que esta rentabilidad se cumpla debe ser aproximado al que se muestra a continuación:

Tablas	Número tablas	€
<b>RESINA POLIÉSTER</b>	49	8037,3
<b>RESINA EPOXI</b>	10	2156,89
		<b>10194,19</b>



