



Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Aeronáutica

Expresión Gráfica en la Ingeniería

INGENIERÍA GRÁFICA

3.3 DESIGNACIÓN DE MATERIALES

3.3.1 Designación de Materiales Metálicos.

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.



POLITÉCNICA

Ingeniamos el futuro

Javier Pérez Álvarez
José Luis Pérez Benedito
Santiago Poveda Martínez



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

MATERIALES COMPUESTOS: los formados por dos o más materiales distintos sin reacción química entre ellos.

Componentes:

la MATRIZ, componente que se presenta en fase continua, actuando como ligante

el REFUERZO, en fase discontinua, que es el elemento resistente.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

CLASIFICACIÓN

Por tipo de matriz

- METÁLICA o MMC (METAL MATRIX COMPOSITES)
- CERÁMICA o CMC (CERAMIC MATRIX COMPOSITES)
- CARBON
- ORGÁNICA o RP (**REINFORCED PLASTICS**)
 - CFRP (CARBON FIBER REINFORCED PLASTICS) o materiales compuestos de fibra de carbono con matriz orgánica.
 - GFRP (GLASS FIBER REINFORCED PLASTICS) o materiales compuestos de fibra de vidrio con matriz orgánica.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Por refuerzos

FIBRAS, elementos en forma de hilo en las que la relación $L/D > 100$,

CARGAS, el resto, utilizadas en elementos de poca responsabilidad estructural.

Los materiales compuestos más utilizados son los de matriz orgánica y refuerzos en forma de fibras.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

MATRICES ORGÁNICAS

Funciones:

- Dar estabilidad al conjunto, transfiriendo las cargas al refuerzo.
- Proteger al refuerzo del deterioro mecánico y químico.
- Evitar la propagación de grietas.

Se consigue con una buena adherencia entre la matriz y el refuerzo.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

MATRICES ORGANICAS

- TERMOPLÁSTICOS, usadas en aplicaciones de bajos requisitos
 - ELASTOMEROS, utilizadas en neumáticos y cintas transportadoras,
 - DUROPLÁSTICOS, TERMOESTABLES o RESINAS, altas prestaciones. Necesitan un proceso de curado para alcanzar su estructura reticulada
-
- EPOXIS, uso general en altas prestaciones, temperatura máxima 170'. ejemplo, la M18 de CIBA (HEXCEL).
 - BISMALEIMIDAS (BMI), para altas temperaturas (hasta 250°), utilizada, (bordes de ataque de las alas del Eurofighter-2000). Ejemplo: 5250 de CYTEC.
 - POLIAMIDAS (P1), aplicaciones en altas temperaturas, en el entorno de los 300°.
 - FENOLICAS, resistentes al fuego. Utilizadas, en mamparas contra incendios y paneles interiores de aviones.
 - POLIÉSTERES, poco usados por sus bajas características mecánicas. absorben mucha agua y se contraen al curar.
 - CIANOESTERES, utilizadas en aplicaciones radioeléctricas (antenas), por su baja absorción de humedad y buena "tangente de pérdidas" (característica radioeléctrica de los materiales).



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Fibras.

- FIBRAS DE VIDRIO, de gran resistencia a tracción, duras, resistentes al ataque químico y flexibles. Se elaboran a partir de la sílice (del 50% al 70% de su composición)
 - VIDRIO-E, para aplicaciones generales.
 - VIDRIO-S, para mayor resistencia y rigidez.
 - VIDRIO-C, para estabilidad química.
 - VIDRIO-M, para muy alta rigidez.
 - VIDRIO-D, para muy baja constante dieléctrica.
- FIBRAS DE CARBONO, muy alta resistencia y rigidez, por la estructura cristalográfica del grafito. - De muy alto módulo (para aplicaciones que requieran rigidez, 500 GPa de Módulo elástico)
 - De alto módulo (400 GPa)
 - De módulo intermedio (300 GPa)
 - De alta resistencia (200 GPa)
- FIBRAS CERÁMICAS, de cuarzo o sílice. Flexibles y con muy bajo alargamiento y gran resistencia la choque térmico. Se utilizan en estructuras radio transparentes.
- FIBRAS ORGÁNICAS, obtenidas a partir de polímeros.

La más utilizada es el **KEVLAR**® de DUPONT (**POLIARAMIDA**). Son muy rígidas, de coeficiente de dilatación térmica longitudinal nulo, baja densidad, radio transparente y excelente resistencia al impacto.
- FIBRAS DE BORO.
- FIBRAS METÁLICAS, de aluminio, acero y titanio, más densas que las anteriores, y de elevado coste.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Presentación de las fibras

HILOS, conjunto de fibras asociadas en un cilindro de diámetro uniforme y longitud indefinida.

Su densidad se expresa como el peso en gramos de 9.000 metros de hilo (DERNIER).

Su resistencia, denominada tenacidad, se mide en gramos por DERNIER.

CINTAS (TAPES), hilos dispuestos paralelos en forma unidireccional.

Sólo se presentan en forma de preimpregnados, en los que el refuerzo viene impregnado en resina sin polimerizar en estado semilíquido y sirve como ligante de los hilos.

FIELTROS, hilos continuos o cortados depositados de forma multidireccional, aleatoriamente.

TEJIDOS ("FABRICS"), productos en los que los hilos se entrelazan perpendicularmente.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

CINTAS ("TAPES"), hilos dispuestos paralelos en forma unidireccional.

Sólo se presentan en forma de preimpregnados, en los que el refuerzo viene impregnado en resina sin polimerizar en estado semilíquido y sirve como ligante de los hilos.

FIELTROS, hilos continuos o cortados depositados de forma multidireccional, aleatoriamente.

TEJIDOS ("FABRICS"), productos en los que los hilos se entrelazan perpendicularmente.

Según la forma de cruzarse, los tejidos se denominan (ver figura)

TAFETÁN (A)

ESTERILLA (B)

SEMIESTERILA (C)

SARGA (D)

RASO (E)

SATÉN DE ESPIGUILLA (F)

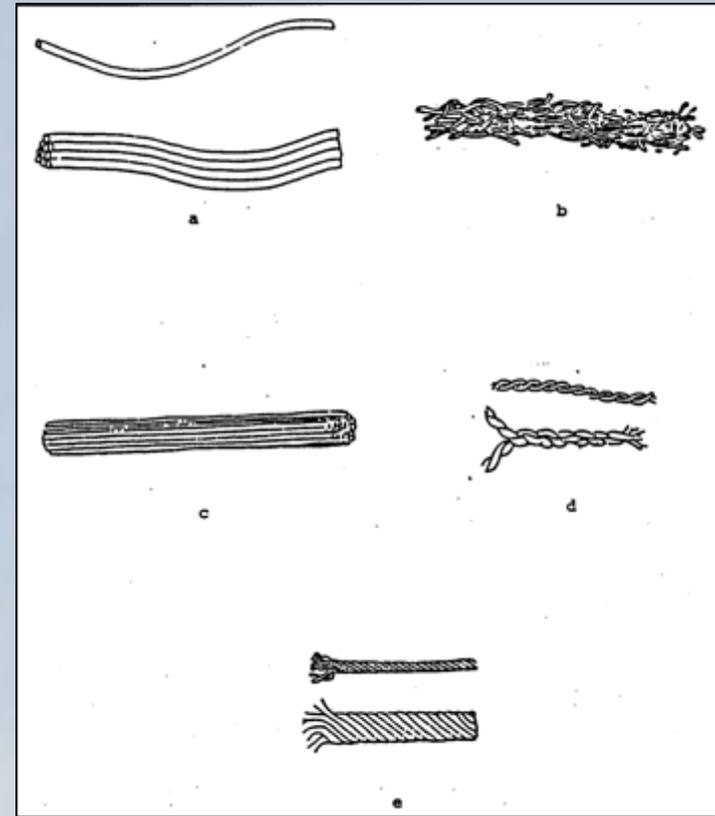


INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

- a) uno o más filamentos continuos
- b) filamento no continuo o fibras cortadas
- c) filamento continuo, unido sin torsión
- d) hilos simples o doblados, retorcidos juntos
- e) muchos hilos doblados juntos.





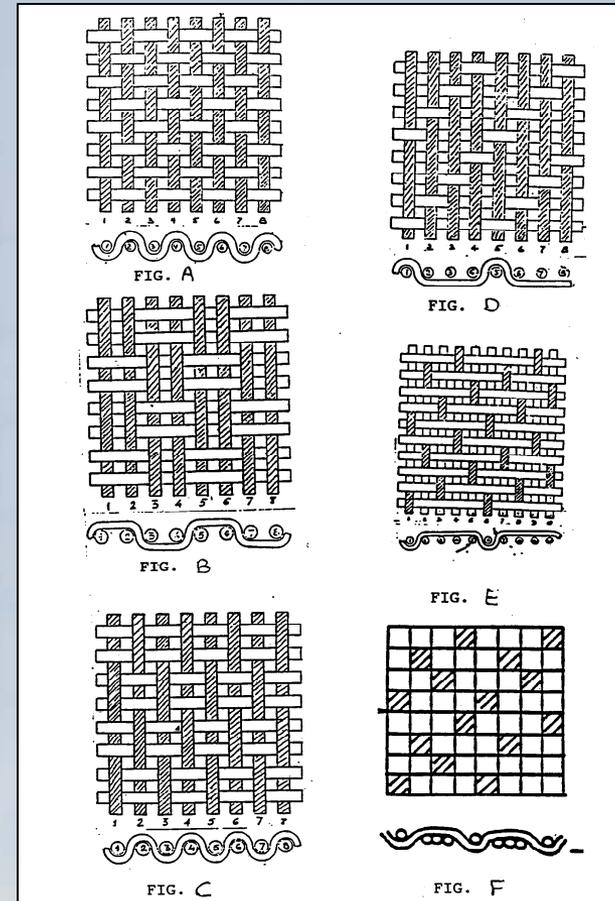
INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Según la forma de cruzarse, los tejidos se denominan:

- TAFETÁN (A)
- ESTERILLA (B)
- SEMIESTERILLA (C)
- SARGA (D)
- RASO (E)
- SATÉN DE ESPIGUILLA (F)





INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos. Preimpregnados

Materiales compuestos formados por el refuerzo, impregnado con una resina termoestable que polimeriza bajo unas determinadas condiciones.

En estos casos, la resina se encuentra en un estado intermedio de curado y precisa de un procesado final para su completa polimerización y reticulación.

En los preimpregnados, es necesario conocer:

el tipo de resina que va a formar la matriz

el tipo de refuerzo (material y presentación)

El contenido, en porcentaje total de peso, de la resina.

durante el proceso de curado no se puede añadir más cantidad de resina y, aunque es posible eliminar parte de ella (lo que se conoce como "sangrado" esto es poco conveniente debido a la dificultad de determinar la cantidad exacta que realmente "sangra")

Estos materiales deben almacenarse en condiciones especiales de temperatura y humedad (a temperaturas bajo cero) para evitar el curado de forma indeseada.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Denominación preimpregnados

DESIGNACION	FABRICANTE
LTM 16 Tejido de CFRP	Advanced Composites
LTM 16 GEL-COAT	Advanced Composites
CYCOM 950-1 Kevlar 120	CYANAMID
CYCOM 765137%/M55J-070-300	CYANAMID
HERCULES 8552 UHM Cinta	HERCULES
HEXCEL F161 Kevlar 120	HEXCEL
SYNCORE XHC 9823 U46	Hysol
SYNCORE HC 9823 K60	Hysol
RS12 XNSO 1/2k 5h S	YLA

DESIGNACION	FABRICANTE
RS-3M K49 108	YLA
RS-3M Kevlar 49	YLA
RS-3M Kevlar 285	YLA
RS-3M Kevlar 120	YLA
RS-3M K49	YLA
RS-3M T300 fino	YLA
RS-3M ASTROQUARTZ	YLA
RS-3M Vidrio hueco	YLA
ERS-1939.3-M55J	AMOCO
950-1/M55J 070-075	CYANAMID
M 18132 %134MO0 J 12K	BROCHIER
VICOTEX 1457/60%) /G80 1	BROCHIER
VICOTEX.914145%/9842 Tejido poliéster	BROCHIER

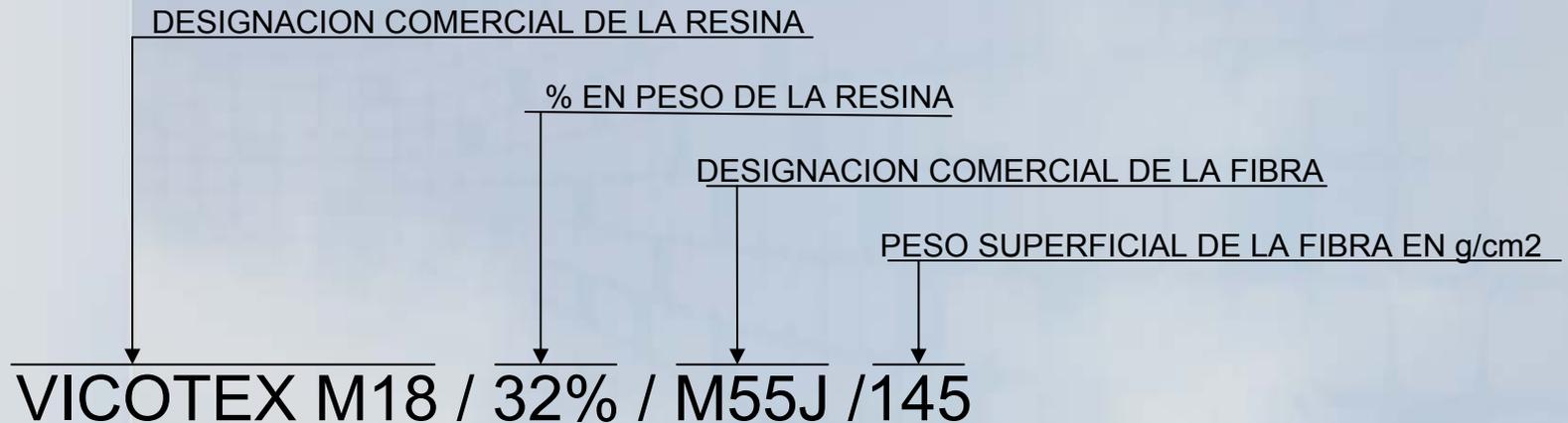


INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Ejemplo designación: Preimpregnado en cinta "tape prepeg"



Cinta de carbono de alto modulo (m55j) preimpregnada con resina épxi modificada (m18) de curado a 180°, fabricada por ciba-brochier, actualmente absorbidas por Excel. Espesor: 0.125 mm

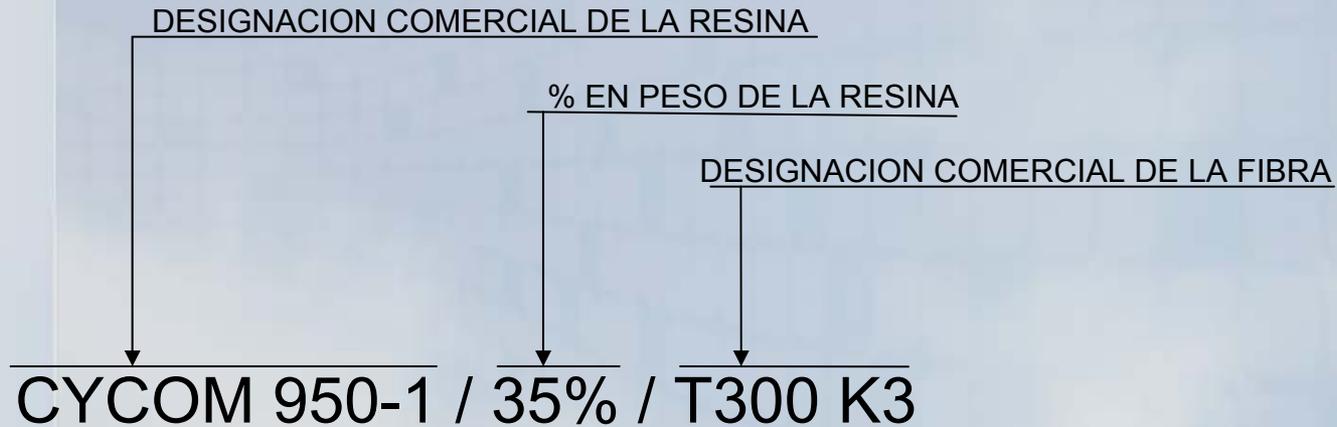


INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Ejemplo designación: Preimpregnado en tejido "fabric"



Tejido bidireccional de 130° preimpregnado con resina epoxi 950-1 de curado a 125°, fabricada por cytec. Espesor: 0.195 mm



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Representación gráfica

Como en toda pieza, sea cual sea el material en que se fabrique, es necesario definir su forma geométrica, utilizando las vistas, secciones y detalles necesarios, en los que se indicaran las dimensiones, tolerancias, tolerancias geométricas y acabados superficiales.

En piezas fabricadas en materiales compuestos es necesario indicar además:

- Capas de material que forman la pieza
- Orientación de las fibras en cada capa
- Disposición y ubicación de las capas



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

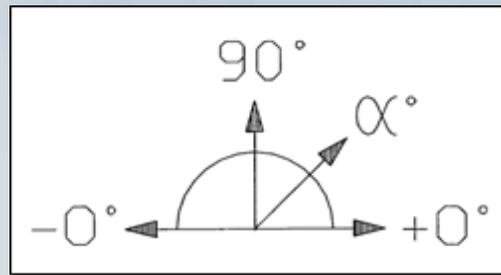
3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Orientación de las fibras.

Sobre alguna de las caras de la pieza ha de indicarse cuál es "el cero" de referencia para la orientación de las fibras, tanto en las cintas como en el tejido.

Para que no haya lugar a dudas, se marca la dirección de $0'$, la de $90'$ y la llamada -0° , tal y como muestra el símbolo de la figura.





INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Disposición de las capas y número

Las piezas se forman empilando capas que se colocan con las orientaciones necesarias para obtener las características de rigidez o tenacidad necesarias.

La secuencia de empilado y la orientación de cada una de las capas se indica con:

- Flechas o banderas que indican la secuencia de empilado, numerando las capas.
- Una tabla que identifica cada capa con su orientación (normalmente 0, 90°, 45°, -45°, 60°, -60'), material, cantidad y espesor.

CAPA	CANT.	DIRECCION FIBRA	MATERIAL	ESPESOR
1	1	60°	M55J/CYCOM 950-1	0.070
2		0°		
3		-60°		
4		-60°		
5		0°		
6		60°		
7		60°		
8		0°		
9		-60°		
10		-60°		
11		0°		
12		60°		



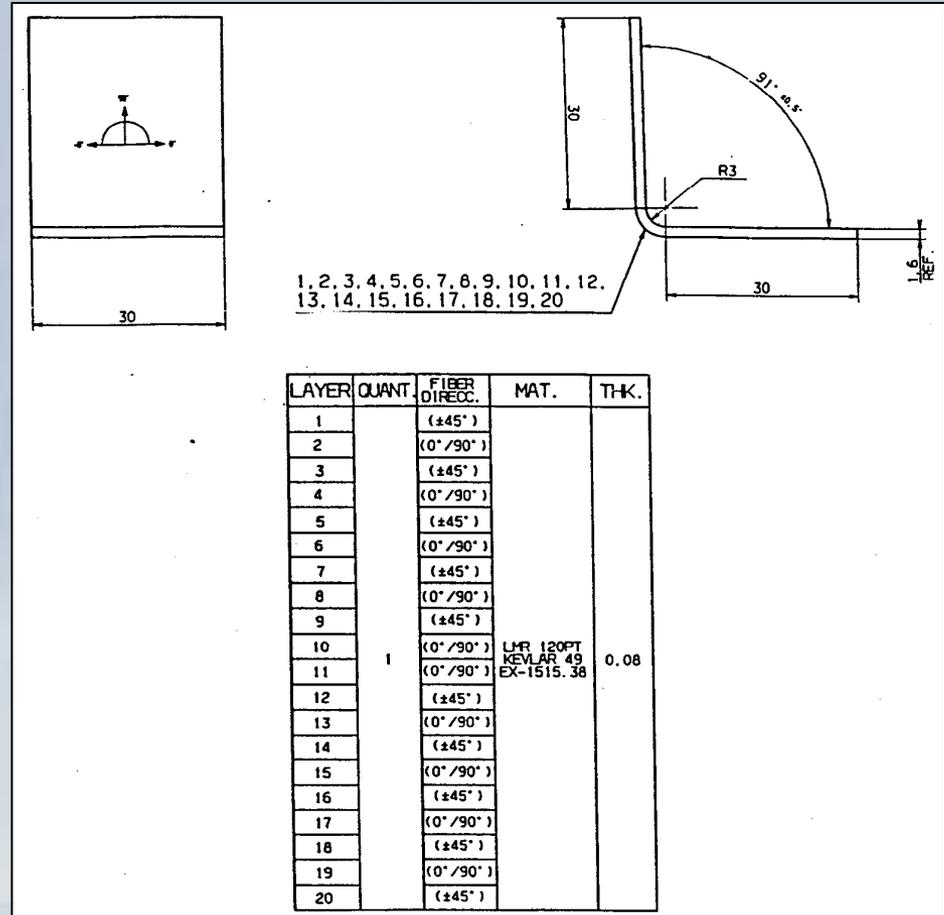
INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Escuadra de KEVLAR 0, con 20 capas de tejido de 0.08 mm de espesor por capa,

El espesor se acota con la anotación REF., al ser orientativo, pues depende del proceso de curado).





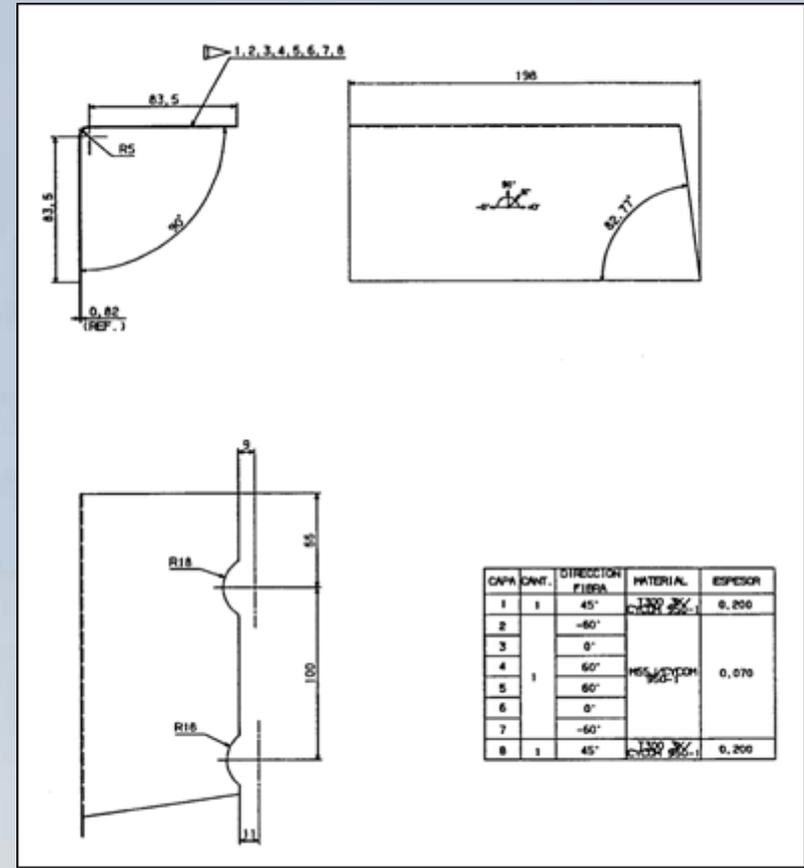
INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Escuadra de fibra de carbono, con capas de dos materiales distintos:

- T3003K/CYCOM950-1, tejido de 0.2 mm de espesor, en las capas exteriores 1 y 8, a 45°
- M55J / CYCOM 950-1, cinta de 0.07 mm de espesor en las 6 capas centrales, con configuración (-60,0,60,60,0,-60).



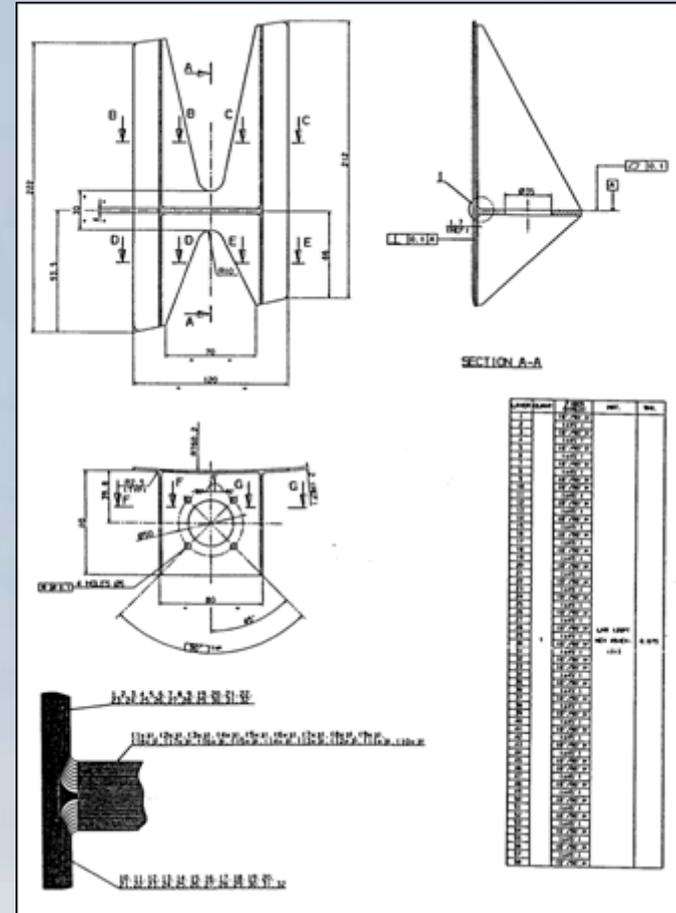


INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Pieza monolítica de fibra de carbono de alto módulo.





INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

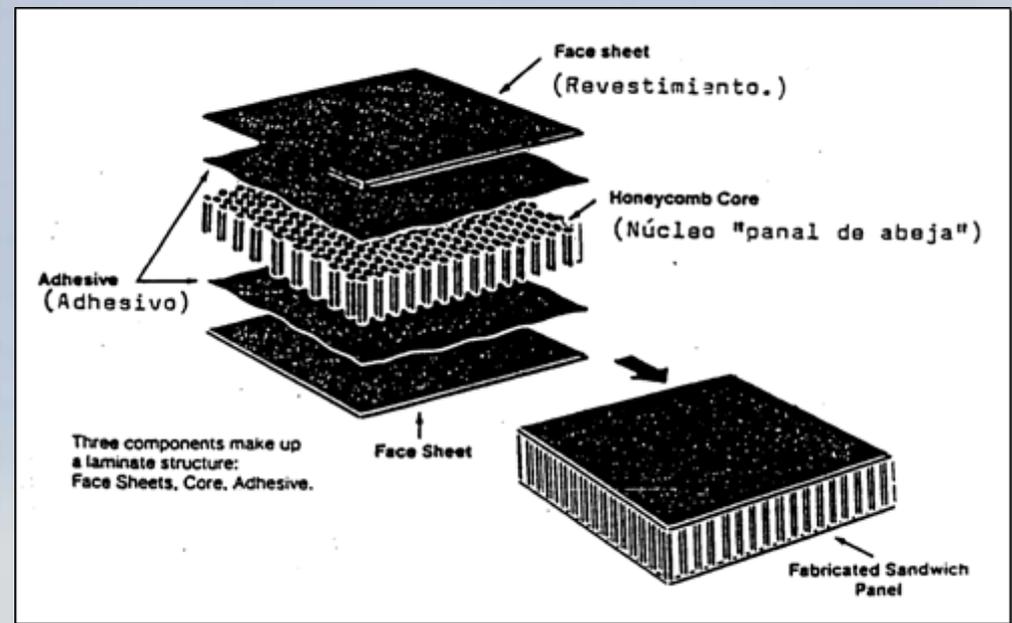
3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

ESTRUCTURAS SANDWICH

Están formadas por la adhesión de dos caras, pieles o revestimientos relativamente delgados a un núcleo central espeso y de baja densidad.

Entre las pieles y el núcleo puede o no existir, dependiendo del proceso de fabricación, sendas capas de adhesivo, en forma de película (adhesivo tipo "film").





INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

REVESTIMIENTOS.

- **METÁLICOS**, chapas de aleaciones de aluminio y, en concreto **AA-7075 T6** y **AA-2024 T3**, de espesor entre 0.2 y 1,5 mm.
- **NO METÁLICOS**, laminados de **materiales compuestos de fibra de carbono, KEVLAR 0, fibra de vidrio.**

pieles precuradas: se curan previamente y se pegan después al núcleo.
cocurado, haciendo ambos procesos a la vez (en este caso puede no existir adhesivo, pues es la propia resina del preimpregnado la que realiza la unión entre las pieles y el núcleo).



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

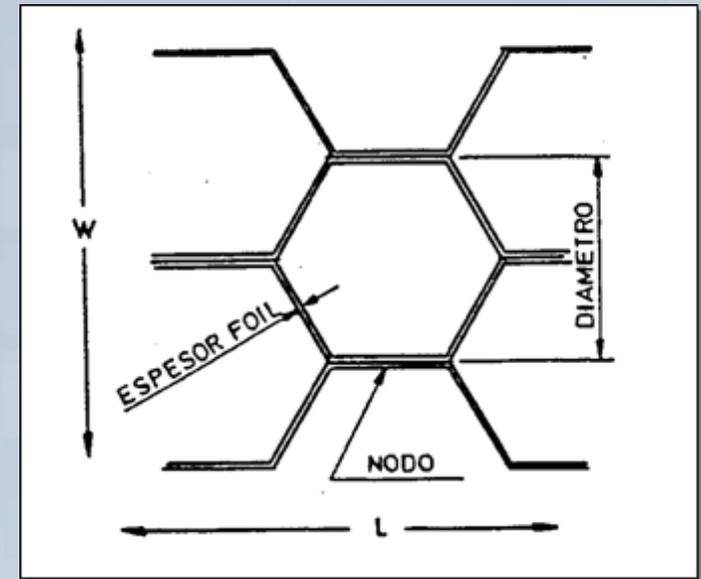
3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Núcleos

Los núcleos más utilizados son los de panal de abeja (también se pueden utilizar **espumas o "foams"** de baja densidad) fabricados en aluminio y NOMEX (material compuesto).

La morfología del núcleo (normalmente hexagonal) se define con los siguientes parámetros:

- el **tamaño de la celdilla** (diámetro del círculo inscrito en el hexágono).
- el **espesor** de la lámina.
- la **altura del núcleo**
- la **densidad** en kg/m^3
- la **dirección longitudinal**, paralela a la línea de nodos (zona de adhesión) también denominada "ribbon direction".





INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Designaciones de los núcleos.

Referencia americana ejemplo: 5056 1/8 .0007 3.1

Material _____
 Diámetro celdilla en pulgadas _____
 Espesor de celdilla en pulgadas _____
 Densidad en unidades americanas _____

Referencia europea, ejemplo: 5056 3 20

Material _____
 Diámetro celdilla en milímetros _____
 Espesor de celdilla en micras _____

REFERENCES AMERICAINES	REFERENCES AEROSPATIALE	Epaisseur nominale du cillulant en µm	Masse volumique en kg/m ³
5056 1/8.0007 3.1	5056 3.20	20	50
5056 1/8.001 4.5	5056 3.28	28	72
	5056 3.36	36	80
	5056 3.40	40	90
5056 1/8.0015 6.1	5056 3.45	45	97
	5056 3.50	50	110
5056 1/8.002 8.1	5056 3.58	58	130
5056 3/16.0007 2.0	5056 4.20	20	32
5056 3/16.001 3.1	5056 4.28	28	50
	5056 4.36	36	58
	5056 4.40	40	64
5056 3/16.0015 4.1	5056 4.45	45	70
	5056 4.50	50	80
5056 3/16.002 5.7	5056 4.58	58	91
5056 1/4.0007 1.6	5056 6.20	20	26
5056 1/4.001 2.3	5056 6.28	28	37
	5056 6.36	36	40
	5056 6.40	40	46
5056 1/4.0015 3.1	5056 6.48	48	55
5056 1/4.002 4.3	5056 6.58	58	69
	5056 6.80	80	90
	5056 6.85	85	96
5056 3/8.0007 1.0	5056 9.20	20	16
5056 3/8.001 1.6	5056 9.28	28	26
	5056 9.40	40	32
5056 3/8.0015 2.3	5056 9.48	48	37
5056 3/8.002 3.0	5056 9.58	58	48
	5056 9.85	85	67
	5056 9.100	100	80

REFERENCES AMERICAINES	REFERENCES AEROSPATIALE	Masse volumique en kg/m ³
Nomex 0X 3/16 1.8	Nomex 4.29 SE*	29
Nomex 3/16 2.0	Nomex 4.32	32
Nomex 3/16 3.0	Nomex 4.48	48
Nomex 1/4 1.5	Nomex 6.24	24
Nomex 1/4 2.0	Nomex 6.32	32
Nomex 1/4 3.1	Nomex 6.50	50
Nomex 1/4 4.0	Nomex 6.64	64



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

ADHESIVOS.

Se suelen utilizar adhesivos epoxis en película ("film") como es el caso del REDUX BSL 312, de curado a 1200.

En función del espesor de la película se denominan (de menor a mayor espesor):

- ultraligeros (UL)
- ligeros (L)
- medios (M)



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

OTROS ELEMENTOS.

- Espumas, utilizadas para la unión entre trozos de núcleos (de diferente densidad en una misma pieza, para unir dos planchas de núcleo en estructuras muy grandes
- Rellenos, materiales en forma de pasta que se aplican para macizar el núcleo en las zonas que así lo requieran (bordes, zonas con remaches,...)
- Insertos, elementos mecánicos que se colocan en el sandwich para realizar funciones mecánicas, fundamentalmente de unión.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

COLOCACIÓN DE INSERTOS

- en frío: taladrando el sandwich después de curarlo e inyectando un adhesivo de relleno ("potting")
- en caliente: se posicionan con un útil y se pegan en el propio proceso de fabricación (pegado) del sandwich.



INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Representación gráfica.

Pieles de sandwiches de materiales compuestos indicar:

- orientación de las fibras
- disposición y ubicación de las capas.

En los sandwiches, es necesario además indicar la dirección longitudinal del núcleo ("Ribbon") que se señala con la letra "L" sobre una flecha.

Para el adhesivo, si se utiliza hay que señalar también su ubicación.



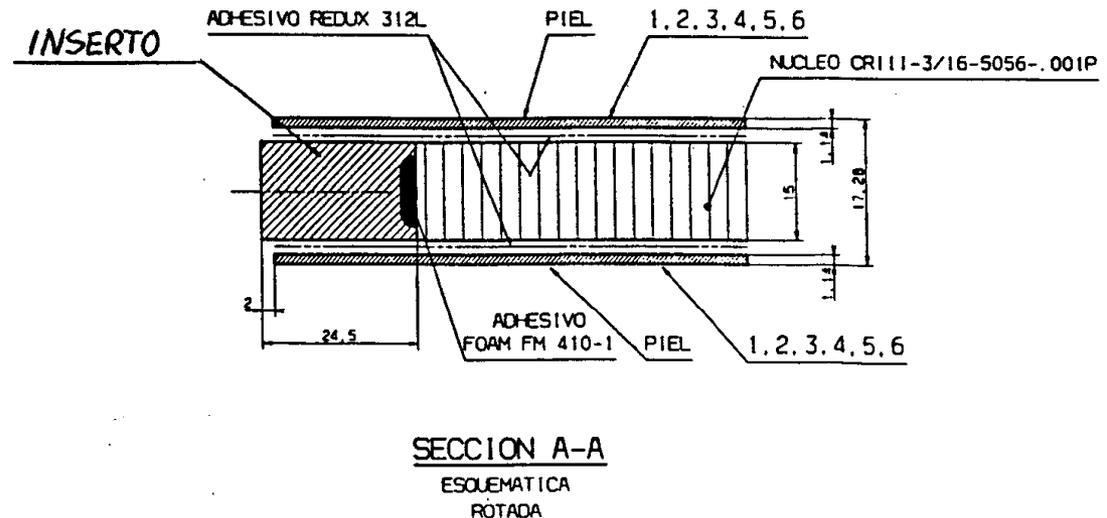
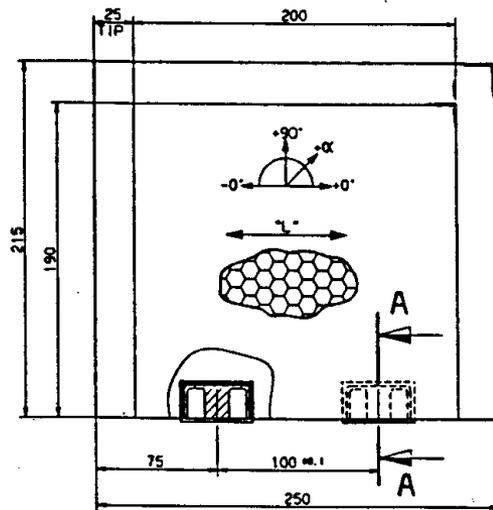
INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

EMPILADO PARA PIEL (2 CONJUNTOS)

CAPA	CANTIDAD	DIRECCION FIBRA	ESPESOR	MATERIAL
1, 6	1	60°	0,19	VICOTEX M18/34%/G969
2, 5	1	0°		
3, 4	1	-60°		





INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

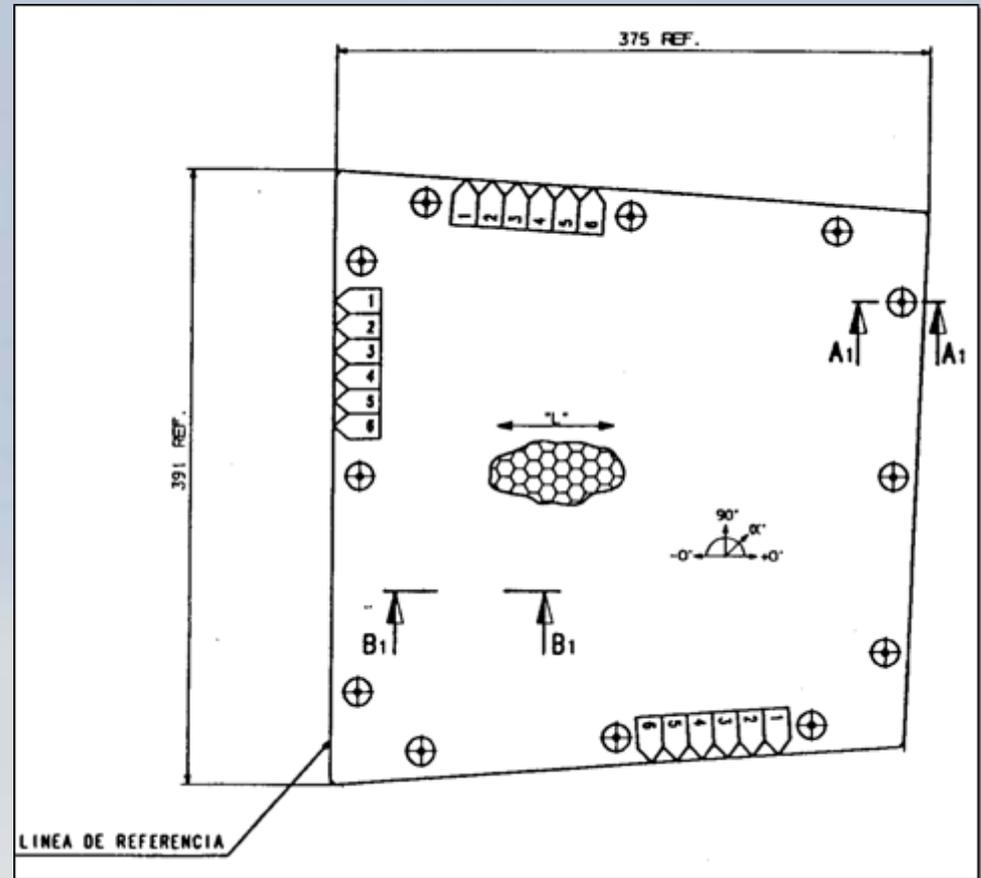
3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Situación de insertos.

Cuando existen insertos, su indicación en los planos se puede realizar:

- por acotación directa sobre el plano.
- mediante la identificación de cada inserto y una tabla de coordenadas anexa
- indicando en el plano la existencia de un fichero CAD asociado que contiene las posiciones de los insertos.

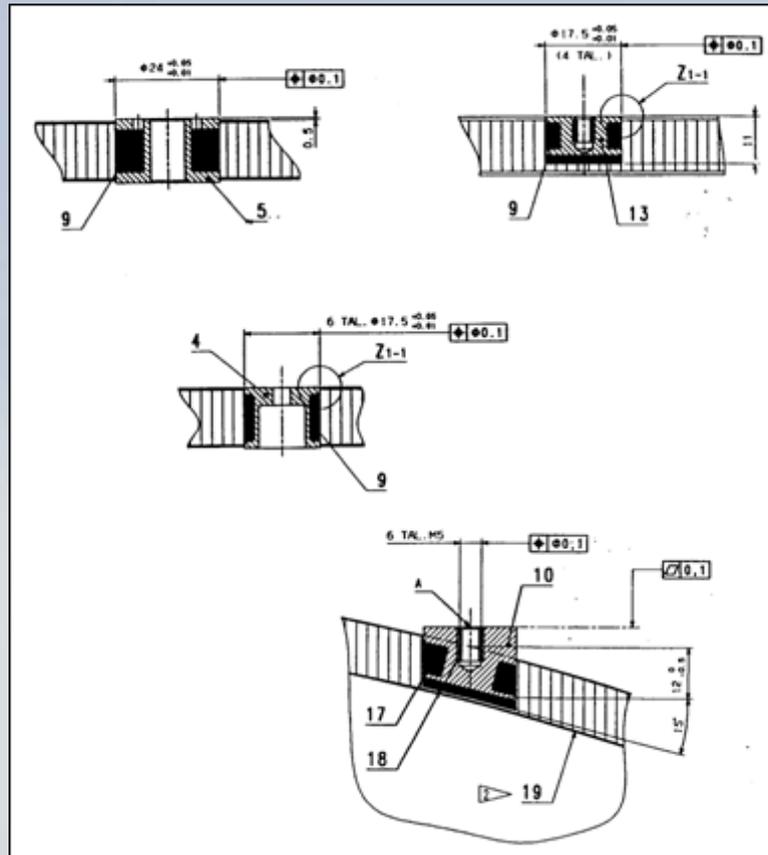




INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.





INGENIERÍA GRÁFICA: Información Técnica

3.3 Designación de Materiales

3.3.2 Designación de Materiales Compuestos.

Lista de piezas.

En la lista de piezas asociada al plano de una estructura tipo sandwich se indican todos los componentes que la forman, es decir:

- pieles, indicando su material y número de plano si existe
- núcleo o núcleos (pueden requerirse zonas con diferente densidad o altura), indicando su material y número de plano si existe.
- adhesivos y rellenos, debidamente identificados (marca comercial y referencia) y, a ser posible, indicando la cantidad necesaria
- insertos, tanto comerciales (indicando marca y referencia) como fabricados según plano específico (que figurará en la lista). En ambos casos se indicará la cantidad.

POSICION	NUMERO DE PARTE	DESIGNACION	CANTIDAD	MATERIAL
01	1	CORE	W. D. 1	CR111-1/8-5056.0007P
02	2	EXTERNAL SKIN	1	
03	3	INTERNAL SKIN	1	
04	4	ADHESIVE BSL312L	C/N	
05	5	LOCKING INSERT	1	
06	6	ADHESIVE FOAM FM-410/1	C/N	
07	7	ADHESIVE STYCAST 1090/9	C/N	
08	8	ADHESIVE 3584 B/A	C/N	
09	9	THREADED INSERT SHUR-LOK SL607 M4N6C	2	
10	10	HELI-COIL LN9039-02-080	4	
11	11	HELI-COIL LN9039-00-050	2	
12				
13	13	ADHESIVE ECCOBOND 56C	C/N	
14				