

# La industria de los productos aglomerados

## Desarrollo sostenido



Raúl Costales Sotelo

# La industria de los productos aglomerados

Desarrollo sostenido

Raúl Costales Sotelo

ISBN: 978-958-7165-37-8

La Habana, octubre, 2013

Editorial ICIDCA



Raúl Marcelo Costales Sotelo, graduado de Ingeniero Mecánico en la especialidad en Construcción de Maquinarias, en el Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría (ISPJAE), en 1978. Comenzó su vida laboral en el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA) en el año 1979, trabajando de forma directa en el Departamento de Tableros como investigador y fundamentalmente, aplicando sus conocimientos de diseño en la modernización de las plantas heredadas al triunfo de la Revolución, donde comenzó a establecer nexos con la tecnología. Integró grupos multidisciplinarios para la puesta en marcha de las nuevas instalaciones contratadas a firmas alemanas, planteándose en cierto modo esta obra, como la consumación de sus actividades en el mundo de los productos aglomerados.

Ha participado en un importante cúmulo de proyectos de investigación y desarrollo en Cuba. Ha realizado consultorías y proyectos en otros 10 países, de ellos en tres ocasiones colaboró como ingeniero consultor para la diversificación de la caña de azúcar y tecnologías para el almacenamiento de biomasa y producción de aglomerados. Posee un total de 25 publicaciones científico técnicas en revistas nacionales e internacionales y 9 trabajos de introducción de tecnologías en el país y en el exterior.

Además de los trabajos de I+D, su trabajo ha estado estrechamente vinculado con la realización de proyectos mecánicos de equipos prototipos para la industria de referencia y en general para la producción de derivados.

En la actualidad desempeña funciones como investigador auxiliar dentro de la Dirección de Derivados del ICIDCA, como especialista en el Grupo de Alimento Animal.

# Índice

**Prólogo**

**Introducción**

**Tecnologías**

**Tableros derivados de la madera**

*Plywood*

**Tecnologías de tableros**

Tableros de fibras

    Tableros de fibras de densidad media (MDF)

Tableros de partículas

Tableros de partículas orientadas “OSB”

    Aplicaciones de los tableros de partículas orientadas

Aglomerados con aglutinantes inorgánicos

    Aplicaciones de las composiciones cementosas

**Asociaciones y adquisiciones en la industria de los paneles**

    Región asiática

    Sudamérica

    Aspectos económicos de las producciones

        Valor agregado

**Cuba y la industria de los aglomerados**

**Laminados de la madera. EWP**

    Productos LVL (*Laminated Veneer Lumber*)

    “*Oriented Strand Lumber*” OSL

    Perfiles conformados en “I”

    Glulam

    Parallam

**Elementos de montaje**

**Productos moldeados y composites madera – plástico**

    Productos moldeados

    Composites de madera – plástico

**Los bosques y los sistemas de plantaciones**

**Otras fibras no madereras**

**Consideraciones finales**

**Bibliografía**

## Prólogo

Como resultado de la investigación realizada, se encontró una industria que año tras año ha ido logrando nuevos y mayores espacios de mercado, gracias a la reorganización de sus producciones que le ha permitido desarrollarse, de forma exitosa, sustentándose en las propiedades de cada aglomerado, en su potencial de aplicaciones en la vida moderna, en la satisfacción de la demanda, y encarar la reducción de costos sobre la base de medidas de eficiencia industrial y preclaros compromisos con el medio ambiente.

Por su trayectoria no cabe duda alguna, que la industria del procesamiento de la madera constituye una producción en constante evolución, que se supera a sí misma periódicamente, no obstante el cúmulo de tecnologías que se aplican actualmente.

En ningún caso se pretende profundizar en descripciones tecnológicas, por cuanto no es interés de la obra realzar esta orientación. Solo en determinados casos se han enfatizado en algunos elementos tecnológicos que por su trascendencia han marcado hitos dentro de la producción en análisis.

Se brinda, en sentido general, una panorámica sobre las producciones y tecnologías de aglomerados más reconocidas en el mundo y el comportamiento de sus mercados, destinándose algunas páginas a mostrar las principales elaboraciones de la madera natural, el panorama actual de su demanda y cómo las fibras anuales podrían representar un paliativo al elevado consumo de madera, dentro de este horizonte de constante invasión a la naturaleza, en el cual lógicamente, no solo la producción de aglomerados y el empleo directo de la madera, contribuyen en este escenario, sino también la producción de papel.

Resultó atrayente mostrar el desarrollo global de fusiones y adquisiciones en la industria, movimiento que ha motivado importantes transformaciones que justifican, en determinada medida, su carácter y tendencia, en cuanto a las producciones que se realizan y a la maquinaria empleada, que caracterizan al este sector.

*El autor*  
*La Habana, 16 de abril de 2013*

# Introducción

La madera es un material muy dócil y fácil de ser transformado a la voluntad del hombre, la que además, por su notoria diversidad y existencia en todas las latitudes, se ha convertido en un producto universal que ha acompañado al hombre en la satisfacción de un grupo importante de sus necesidades.

Desde el punto de vista constructivo, al ser sometida tanto a cargas de compresión como de tracción, su considerable resistencia a estos esfuerzos (estimada por la relación peso/resistencia respecto a otros materiales) llega a ser casi única, lo cual sustenta las disímiles tecnologías que se pueden encontrar en la actualidad y los tan variados usos que se le otorgan a las mismas.

En relación al origen de los productos aglomerados existen diferentes versiones, quizás la más acertada y aceptada entre todas ellas, es la que plantea; que constituyen una respuesta a la necesidad histórica de cumplimentar las exigencias de la sociedad relacionadas con la industria del mueble y con la construcción, sustentada a su vez por una trascendental carencia de recursos maderables capaces de satisfacer dichas demandas. Evidentemente pudo resultar posible una visión de negocios, al establecer una política dirigida a la utilización de las crecientes cantidades de residuos forestales, provocados por la actividad del hombre y facilitar el uso de especies maderables de menor valor comercial y mayor velocidad de crecimiento, a las más preciadas por la sociedad para estos usos; claro está, que resultaron coronadas por condiciones históricas que aseguraron la introducción de estas tecnologías. En lo que sí existe consenso, es que el desarrollo de los productos aglomerados, no ha sido encaminado fortuitamente, sino guiado en el tiempo como una secuencia lógica y consecuente, en la cual el mercado, el hombre y el desarrollo de la maquinaria se alinearon en un empeño único para la conquista del estatus actual de la industria.

Por otra parte, se reconoce que el poder adquisitivo de la sociedad influyó igualmente en algunas de estas decisiones, por cuanto el incremento intrínseco del valor de los productos naturales acompaña, del mismo modo, su continua escasez.

El desarrollo tecnológico no se hizo esperar, resultando que en adición a la producción papelera y la de los *plywood*, de por sí bien extendidas en Europa y América, surgiera la producción de los paneles de fibras, como genérico de esta rama de los tableros, y posteriormente los de partículas. El transcurrir del tiempo, y las consolidaciones tecnológicas han impuesto nuevos productos que a pasos agigantados se han ido adueñando de espacios de mercado, de amplitud tal hoy día, que desbordan todos los límites conocidos cuando se les compara con los productos que les antecedieron.

Un aspecto a considerar dentro de los atractivos de estas tecnologías ha sido el aprovechamiento de otras materias primas no maderables, algunas en cantidades tan abundantes que han requerido la atención especial como vía para erradicar los problemas ambientales que las mismas originan. Estas pueden constituir soluciones dentro de la industria del mueble o participar en la producción de viviendas, como casos particulares sin detrimento en las propiedades físicas, químicas o mecánicas de los productos alcanzados a partir de la maderas ante la carencia o

disponibilidades de recursos naturales capaces de atender las insatisfechas demandas de la sociedad.

La industria contemporánea se encuentra compulsada a resolver dos problemas de la mayor importancia; por una parte, el desarrollo de nuevos productos conformes a las exigencias de los clientes y su mercado, confabulados para mantener y fortalecer el sector industrial, y por otra, la responsabilidad inherente al desarrollo del equipamiento asociado al mejoramiento de las tecnologías existentes que apoyan el florecimiento de nuevos productos sobre bases más sostenibles y más eficientes. Estos desarrollos tecnológicos han estado al mismo tiempo condicionados por otros mecanismos como son; el incremento en la especificidad de los productos por destino; satisfacción de demandas de mercado, y aporte de mayores beneficios económicos grandemente atribuibles al auge de una industria mecánica que le ha proporcionado máquinas con diseños cada vez más específicos, robustos y de explotación más confiable, gracias a lo cual se han superado muchos escollos heredados de los diseños y tecnologías constructivas anteriores.

La propia naturaleza se ha encargado de frenar el desarrollo desmedido de esta actividad, por cuanto los límites del espacio destinado a la reserva forestal se encargan de ello; por otra parte, aun aplicando políticas de reforestación, no resulta igual, en términos ambientales, la sustitución del bosque nativo por una floresta dirigida específicamente, por lo que al entender de muchos, el problema de mayor consideración en la industria, tal cual se presenta en la actualidad, se refiere a su considerable impacto ambiental, primordialmente en lo relacionado con la deforestación y el cambio de uso de la tierra.

Resulta entonces posible, que a la luz de estos acontecimientos, las fibras anuales y otras materias primas consideradas como materiales no maderables, hasta el momento relegadas a segundos planos en la industria, ocupen en lo adelante un rol más importante en esta dirección, a la vez que su participación implique la erradicación de nocivas políticas como son la obligada combustión de los mismos, como forma de desentenderse de las grandes concentraciones en que se obtienen, y por tanto en la práctica representan un impacto al medio ambiente factible de evitarse.

Se trata de representar el transcurso de una industria, que se ha ido superando poco a poco a sí misma, aprendiendo de sus errores y aciertos, mostrando en la actualidad una imagen contenida dentro de hitos normativos y sistemas de gestión de la calidad que garantizan un producto de calidad fiable, que aplica medidas para menguar los impactos al medio ambiente conducidos bien por mejoras tecnológicas o por el seguimiento de correctas políticas de tratamientos a los residuales generados durante los respectivos procesos productivos.

## Tecnologías

La estructura de la industria de los productos aglomerados, -composites en su más amplia catalogación- responden a un extenso sector de productos elaborados según diseño, que a partir de la aplicación de métodos de preparación de la materia prima, de la utilización de aglutinantes y el empleo de equipos, cada vez más específicos, se logra un producto de características bien definidas como resultado final. Estas tecnologías, antiguamente, establecían sus diferencias más notables por el modo de preparación de la materia prima, en fibras y/o partículas, pero las tecnologías de más reciente aparición obligan a acudir a otros elementos como modos de preparación, orientación y tamaño del material y aglutinantes o métodos de prensado, entre otros; que resultan de las exigencias más específicas de los productos.

La industria de los productos aglomerados se caracteriza por mantener la mayoría de los productos desarrollados en el tiempo, compartiendo espacios dentro del mercado; caso específico de ello lo tenemos en los *Plywood*, que a pesar de haber participado en los inicios de la evolución de la industria y a pesar de la amplia competencia brindada por exponentes más recientes, no han llegado aún a desaparecer ni dejar de ser preferidos, para un grupo de soluciones técnicas. De aquí que exista una amplísima gama de aglomerados, reconocidos bajo la expresión literal en inglés *Engineered Wood Products* <sup>(1)</sup>, término que reúne un conjunto de maderas elaboradas por medio de la acción del hombre y que se resume en la sumatoria de esfuerzos en los que han participado tecnólogos madereros, ingenieros de diseño, constructores de máquinas y productores de aglomerantes, entre otros actores de mayor importancia.

La tabla 1 nos servirá de guía, tanto para conocer la gama de producciones que se realiza en el mundo como para representar un cuadro general sobre las tecnologías predominantes en el mundo que se expondrán en las próximas páginas.



**Tabla 1.** Productos predominantes en el mundo <sup>(1)</sup>

<b>Familia</b>	<b>Productos</b>	<b>Subproductos</b>	<b>Nombre Inglés</b>	<b>Siglas</b>
<b>Tableros en base a madera</b>			<b>Wood Based Panels</b>	<b><u>WBP</u></b>
	Contrachapados		<i>Plywood</i>	
	Tableros de fibras		<i>Fiberboard</i>	FB
	Tableros de fibras densidad media		<i>Medium density fiberboard</i>	MDF
	Tableros de fibras de alta densidad		<i>High Density fiberboard</i>	HDF
	Tableros de fibras duro.		<i>Hard fiberboard</i>	HF
	Tableros de partículas		<i>Particleboard</i>	PB
	Tableros de virutas orientadas		<i>Oriented strandboard</i>	OSB
	Tableros de listones (1)		<i>Solid wood panels</i>	
	Tableros madera y cemento (2)		<i>Cement boards</i>	CPB
<b>Perfiles estructurales</b>			<b>Engineered Wood Products</b>	<b><u>EWP</u></b>
	Perfiles estructurales de madera reconstituida		<i>Structural Composite lumber</i>	SCL
	Perfiles de madera reconstituida para la construcción		<i>Construction strand lumber</i>	CSL
		Perfil de madera microlaminada	<i>Laminated veneer lumber</i>	LVL
		Perfil de astillas paralelas (3)	<i>Parallel strand lumber</i>	PSL
		Perfil de astillas orientadas (4)	<i>Oriented strand lumber</i>	OSL
	Vigueta en doble T (5)		<i>Wood I beams (I Joist)</i>	I Joist
	Madera laminada encolada		<i>Glued laminated timber</i>	Glulam

(1) Tableros de listones de madera maciza.

(2) Tableros de partículas de madera aglomerados con cemento.

(3) Perfil estructural obtenido al encolar astillas de madera y colocarlas paralelamente.

(4) Perfil estructural obtenido al encolar astillas de madera siguiendo una orientación predominante.

(5) Vigueta en doble T

# Tableros derivados de la madera

## *Plywood*

Se desconoce, con precisión, cuándo el hombre comenzó a unir por primera vez piezas de madera aplicando adhesivos, sin embargo existen indicios de que aproximadamente 1500 años A.C., los antiguos egipcios ya realizaban aplicaciones de este tipo.

El producto ascendió en corto tiempo en volumen de producción y popularidad. En aplicaciones por solicitud de cargas de impacto, posee mejores propiedades de resistencia que la madera natural en sí, debido a la colocación de capas sucesivas direccionando la fibra en sentido contrario una a las otras, lo que condiciona además, una elevada resistencia a la ruptura. Resulta usual apreciar en el producto números impares de capas para garantizar la deseada orientación de las fibras.

Los *plywood*, hoy día, poseen como empleo más simple la construcción de barreras “salvavidas”, fundamentalmente en aquellos territorios que son afectados por huracanes y tormentas, para la protección de ventanales de vidrio, vados y otros elementos de la vivienda que puedan ser impactados desde el exterior.

**Figura 1.** Preparación de láminas de madera para la producción de *plywood*.



Las láminas de madera que conforman el producto, se obtienen a partir de la preparación del tronco que comienza con el descortezado y le sigue el ablandamiento, acción que se realiza sumergiendo el rolo en agua caliente por un tiempo de hasta 8 horas, con el cual el rolo se encuentra preparado para su laminación por capas, que alcanzan hasta 4 milímetros de espesor, empleando un torno especial para este fin.

Otra etapa de la preparación es el secado, por el alto nivel de humedad que poseen. Concluido este proceso, las láminas quedan según se aprecia en la figura 1. Estas se emplean en cantidad dependiente del producto final, e incluso pueden proceder de diferentes variedades de árboles. Entre ellas se seleccionan, las de mejores cualidades superficiales, exentas de nudos y otras deformaciones, para ubicarlas en los planos exteriores, las que a manera de protección, en oportunidades, se les pega un adhesivo en los extremos para evitar deformaciones. Las del alma o corazón de la

plancha pueden estar preparadas mediante cortes sucesivos hasta lograr el formato dimensional del producto.

Aplicando cola en la superficie de las láminas y manteniendo la distribución anteriormente señalada, los paquetes preparados, acorde a las indicaciones anteriores, son colocados en una prensa caliente donde por efecto de la temperatura se polimeriza el aglutinante y el producto final adquiere así configuración.

Las prensas que se emplearon para este fin eran de platos múltiples en una sola estructura, las que se denominan en la industria como multiplatos, expresión que se utilizará en la descripción del resto de las tecnologías, donde estas aún se aplican.

Se producen *plywood* a partir de maderas blandas o duras y aglomerados con resinas resistentes a la humedad o de carácter rutinario, entre otras variantes, lo que establecen las diferencias y se integran a una gran familia de productos dirigidos a muy diversos fines y aplicaciones.

A pesar de que el producto posee una elevada competencia con sus similares en el mercado; en el mundo, continúa creciendo el número de plantas y se generan innovaciones para mejorar su calidad.

La producción de *plywood* genera grandes desechos de recursos maderables que, conjuntamente con las enormes cantidades de residuos que se originan durante el trabajo forestal, contribuyeron, entre otras razones, al surgimiento de nuevas tecnologías de tableros que aprovechan mejor la materia prima o son capaces de procesar casi la totalidad de sus residuos.

# Tecnologías de tableros

## Tableros de fibras

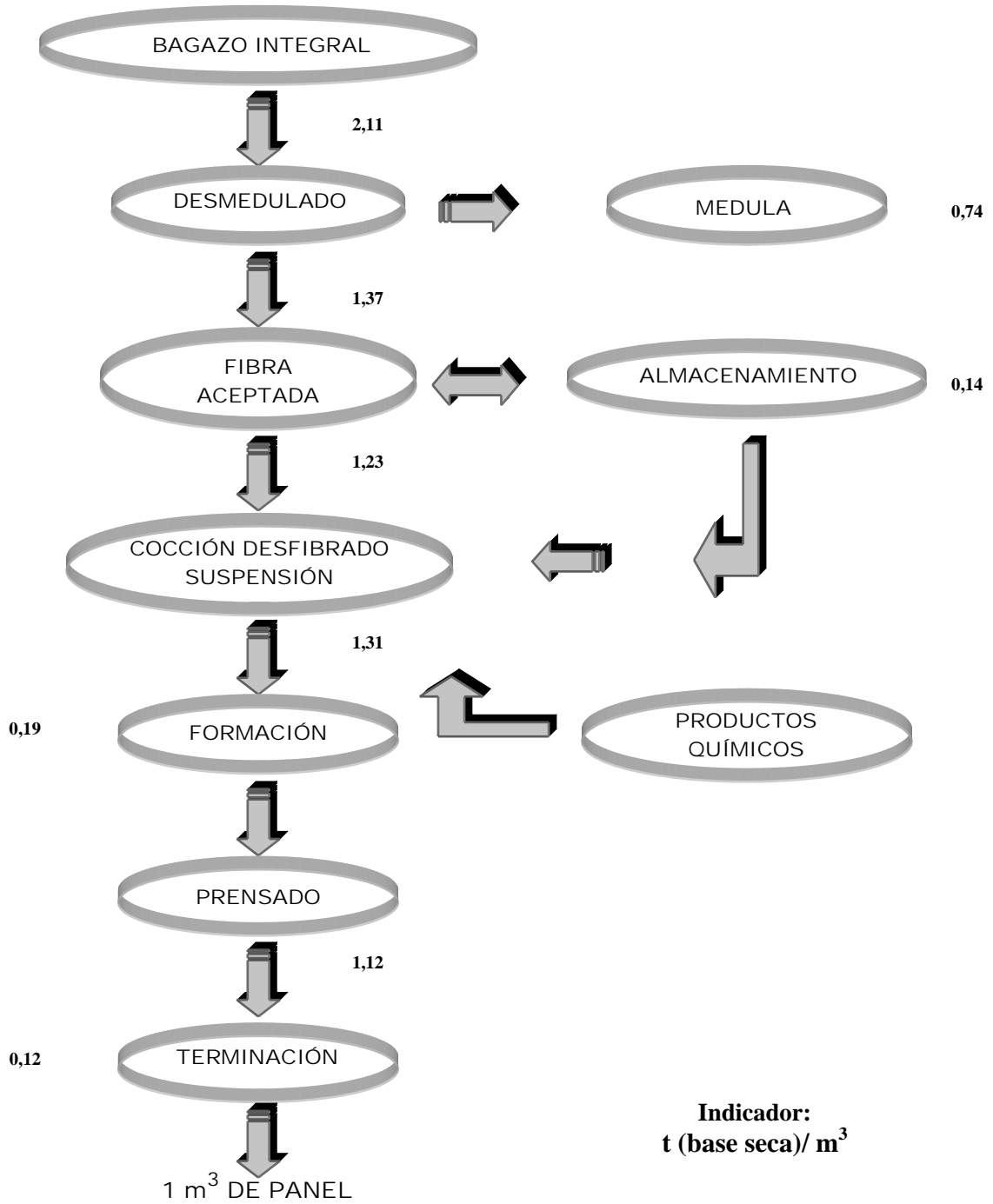
Los primeros productos que penetraron el mercado de lo que era hasta entonces propiedad exclusiva de la madera y el *plywood* fueron los paneles de fibras, que despuntaron como un producto industrializado en el ámbito mundial, aproximadamente a partir del año 1920, quizás como resultado de la combinación entre la necesidad (expresada anteriormente) y la acumulación de conocimiento en la pujante industria del papel. Se estima según Kollmann, que el crecimiento puede ser adjudicado a tres causas fundamentales:

- Rápido incremento de las capacidades instaladas en los países industrializados.
- Alto porcentaje de residuos madereros y maderas de escaso tamaño e interés comercial utilizables como materia prima.
- Marcadas diferencias, en los países industrializados, entre el consumo de paneles de fibras y la madera, acorde a los ingresos individuales: (devenidas de las condiciones climáticas, competencia entre productos, condiciones de mercado y eficiencia en las investigaciones).

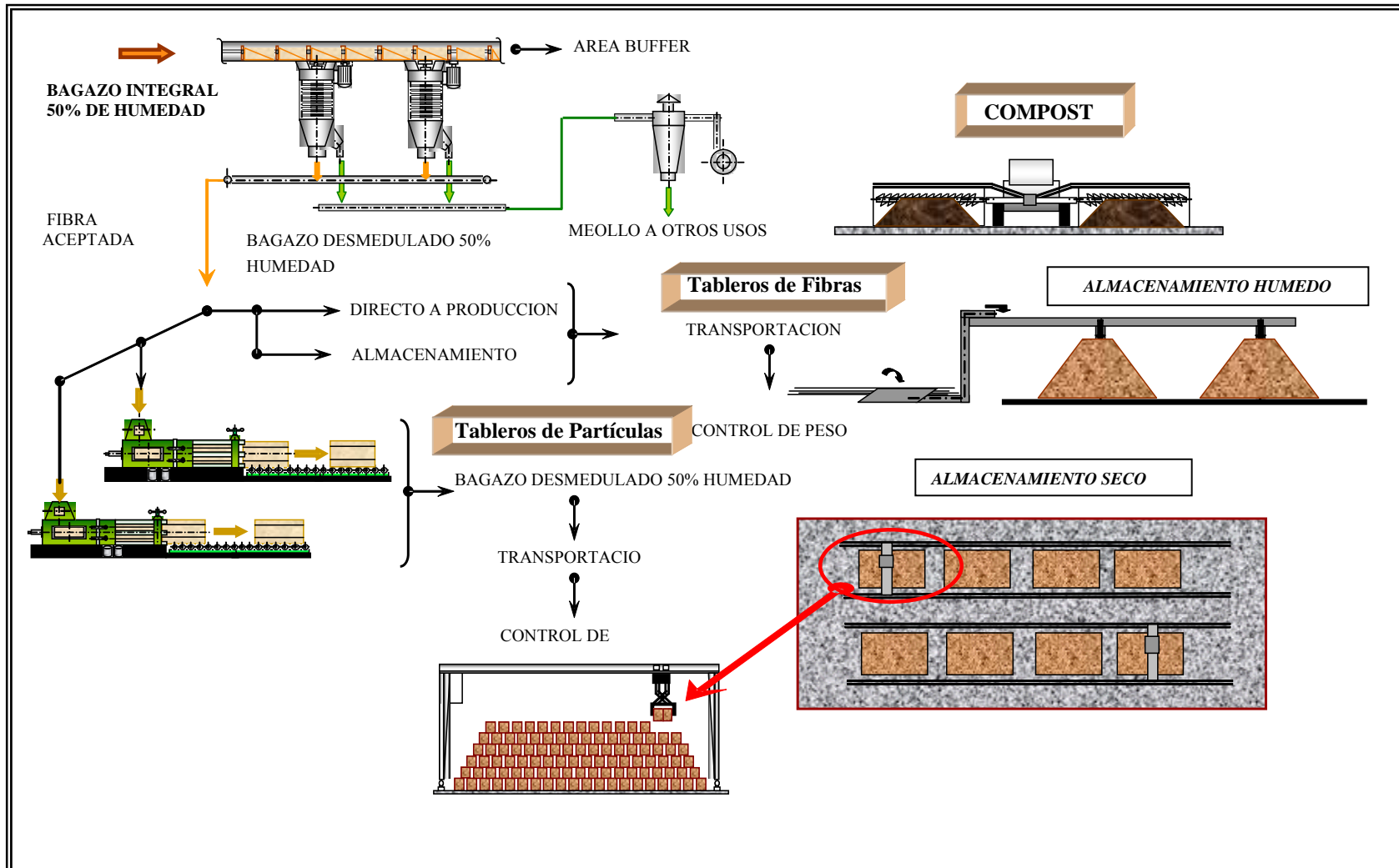
Un diagrama de bloques representativo para la mayoría de las producciones de tableros de fibras es como se muestra en la figura 2, resaltando que el mismo responde a un proceso con fibras anuales y muy particularmente con bagazo, el cual está caracterizado por la inclusión del desmedulado y el almacenamiento tecnológico empleado este último en consecuencia con la duración de la zafra azucarera para alcanzar la totalidad de la fibra necesaria para un año de operación de la planta. La figura 3 ilustra tanto las etapas primarias de preparación del material, como dos alternativas viables para el almacenamiento, posibles de aplicar a las tecnologías de tableros y que aportan el mayor grado de diversificación posible para esta industria.

En el caso de estar frente a una producción a partir de madera rolliza, el proceso productivo comienza en el propio bosque, en el cual se talan los árboles, cortan las ramas, y se trozan los troncos a una dimensión predeterminada, lo que constituye el primer gran residuo de esta industria. Posteriormente dentro de la fábrica se emplea una cantidad de energía mecánica considerable en la preparación y ruptura del rolo. Estas constituyen las características fundamentales que diferencian las tecnologías en cuanto a origen de la materia prima.

**Figura 2.** Diagrama de bloques de la producción de tableros de fibras.



**Figura 3.** Esquema tecnológico para producciones combinadas de tableros de fibras y de partículas.



Las tablas 2 y 3 <sup>(3)</sup> abordan<sup>(\*)1</sup> el desarrollo de la producción de tableros de fibras en el mundo, resaltándose en ella los países acorde a sus regiones geográficas<sup>(\*)2</sup>. En lo adelante se presentan informaciones más recientes relacionadas con esta producción y se evalúa el mercado que han ido ganando estas aplicaciones tecnológicas en la sociedad actual.

**Tabla 2.** Producción de tableros de fibras duros.

Región	Producción				Crecimiento promedio anual			% del total mundial			
	1950	1960	1970	1973	1950 / 60	1960 / 70	1970 / 73	1950	1960	1970	1973
	(miles de toneladas)				% por año						
Norteamérica	383	709	1 521	2 174	6,4	7,9	12,6	40	26	26	29
Europa	498	1 423	2 551	2 952	11,1	6,0	5,0	52	52	44	39
Japón	9	98	398	432	27	15,0	2,8	0,5	4	7	6
URRS	15	128	542	1 030	23,9	15,5	23,9	2	5	9	14
Asia (* <sup>2</sup> )	5	85	338	414	32,8	10,4	7,0	0,5	3	6	5
Latinoamérica	7	85	179	264	28,4	7,7	13,8	0,5	3	3	3
África	7	53	87	142	22,4	5,1	17,7	0,5	2	2	2
Oceanía	42	128	185	168	11,8	3,8	3,2	4	5	3	2
Mundial	966	2 709	5 801	7 576	10,9	7,9	9m3	100	100	100	100

Fuente: FAO. Symposium World Consultation on Wood – Based Panels. feb 1979.

**Tabla 3.** Producción de tableros de fibras aislantes <sup>(3)</sup>.

Región	Producción				Crecimiento promedio anual			% del total mundial			
	1950	1960	1970	1973	1950 / 60	1960 / 70	1970 / 73	1950	1960	1970	1973
	(miles de toneladas)				% por año						
Norteamérica	854	1,138	1,289	1,711	2,9	1,3	9,9	79	68	63	67
Europa	194	367	406	427	6,6	1,0	1,7	18	22	20	17
Japón	4	30	72	93	22,3	9,1	8,9		2	3	4
URRS	6	86	197	206	30,5	8,6	1,5	1	5	10	8
Asia (* <sup>2</sup> )	2	8	8	9	14,9		4,0				
Latinoamérica	3	10	57	62	12,8	17,5	2,0			3	2
África	3	13	12	12	15,8	0,8			1		1
Oceanía	18	15	18	17	1,8	1,8	1,9	2	1	1	1
Mundial	1,084	1,667	2,059	2,537	4,4	2,1	7,2	100	100	100	100

Fuente: FAO. Symposium World Consultation on Wood – Based Panels. feb 1979.

(\*)1) En la confección se obviaron “de origen” capacidades de algunos países, que resultaban poco significativas.

(\*)2) Se excluye a Japón.

En el montaje de instalaciones correspondientes a esta tecnología de tableros de fibras emergieron rápidamente países tales como los Estados Unidos, Suecia, la extinta URSS y Alemania, entre los más representativos, lográndose en corto plazo de tiempo, capacidades productivas reportadas hasta el año 1969 que ascendían a 8,5 millones de toneladas al año a escala mundial.

En esa época, estos paneles encontraban múltiples posibilidades de uso según surtido, fundamentalmente como elementos aislantes, y en el caso de los paneles duros y semiduros se destinaban a la producción de piezas para muebles y otras aplicaciones en las viviendas, donde eran empleados, entre otras formas, en la cobertura de paredes. Estas tecnologías, por lo general se encontraban y hasta hoy se mantienen, caracterizadas por un alto consumo de agua tanto en la preparación de la fibra como en la formación de los colchones, por lo que en algunos países han sido impugnadas por su elevado volumen de residuales. De aquí que su producción se haya contraído, de forma muy significativa, ante el empuje de las tecnologías capaces de lograr prácticamente productos de similares propiedades con menos impactos y mejores indicadores económicos y que han implicado su casi desaparición.

Las tecnologías antiguas de tableros de fibras las podemos agrupar para mejor comprensión en dos grupos: tecnologías por el método húmedo y tecnologías por el método húmedo – seco, de estas aún Cuba posee dos exponentes que en el mismo orden son: Henetec, ubicada en Cárdenas, provincia de Matanzas y Primadera en la UEB “Amancio Rodríguez”, ubicada en la provincia de Las Tunas. De ellas solo la primera se mantiene en operación, a pesar de los años de explotación. Estas industrias se caracterizaban por lograr producciones en las cuales empleaban pulpas de bagazo y hasta un 20 % de celulosa de madera (papeles y cartones de reciclaje), lo cual puede analizarse, en algunos casos, como un atractivo. De igual forma podía ser reciclada la producción defectuosa, bordes y otros residuos generados por la producción.

En otro acápite se amplían informaciones al respecto de estas plantas, y muy en particular enfocadas a las producciones que se han realizado o se realizan en Cuba según el caso, comenzando a exponer de forma directa lo relativo a una de las tecnologías de producción que más han evolucionado e incidido en el mundo; nos referimos a los tableros de fibras de densidad media, más conocidos por las siglas MDF.

## **Tableros de fibras de densidad media (MDF)**

Los paneles de fibras adquirieron una nueva perspectiva mundial a partir del surgimiento de la tecnología de densidad media, producidos por el método seco y conocidos por las siglas MDF. Estos, constituidos como un “suceso” en la esfera industrial, opacaron en su ascendente carrera todos los acontecimientos técnicos logrados anteriormente en la industria por los tableros de partículas, OSB, *Plywood*, laminados y el resto de los tableros de fibras en todas sus manifestaciones. Este producto superó todos los inconvenientes señalados anteriormente, adueñándose, en corto plazo de tiempo, del mercado de los muebles, avalado además por sus



reconocidas propiedades físicas y mecánicas así como por su excelencia en el acabado superficial y presentando además escaso nivel de residuales.

Se suma a las bondades del producto, las posibilidades de maquinado, tanto en superficie como de contorno, lo que facilita su uso en trabajos de marquetería de gran definición que se obtenían hasta entonces, solamente, con el empleo de insertos de madera. Esto ha conferido una dinámica productiva totalmente revolucionaria dentro del sector de la producción del mueble.

El producto por lo anteriormente mencionado, es capaz de emplearse a fondo en una variedad de diseños no soñada hasta entonces, superando en los muebles los cortes rectos y los laminados por solo mencionar algunas bondades. Existe infinidad de ejemplos, en la figura 4 se exponen algunas de estas soluciones.

**Figura 4.** Ejemplos de aplicaciones de los MDF.



*Revestimiento de paredes, admitiendo pinturas, barnices y otras aplicaciones de recubrimientos llamativos.*

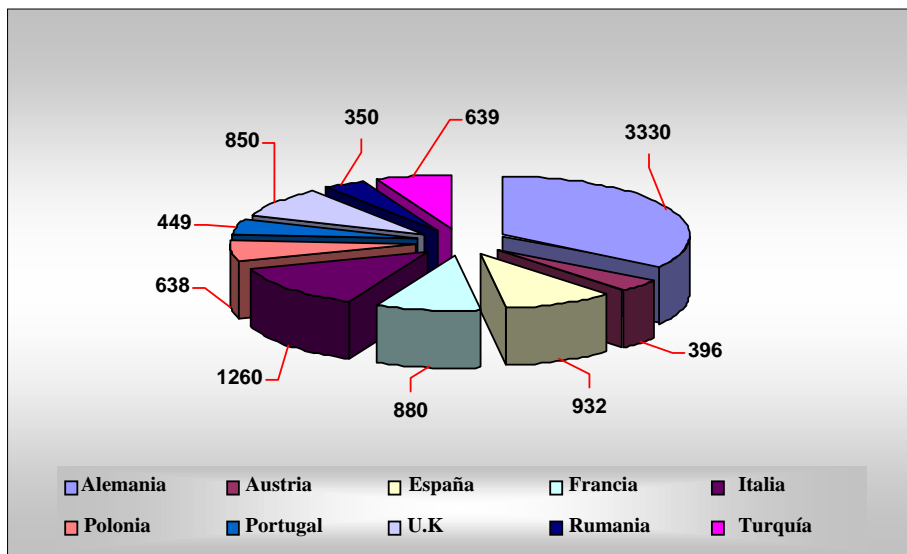
*Mobiliario para baños y facilidades interiores de la vivienda con elegancia y calidad.*



*Participando conjuntamente con la madera natural en diseños de muebles tradicionales.*

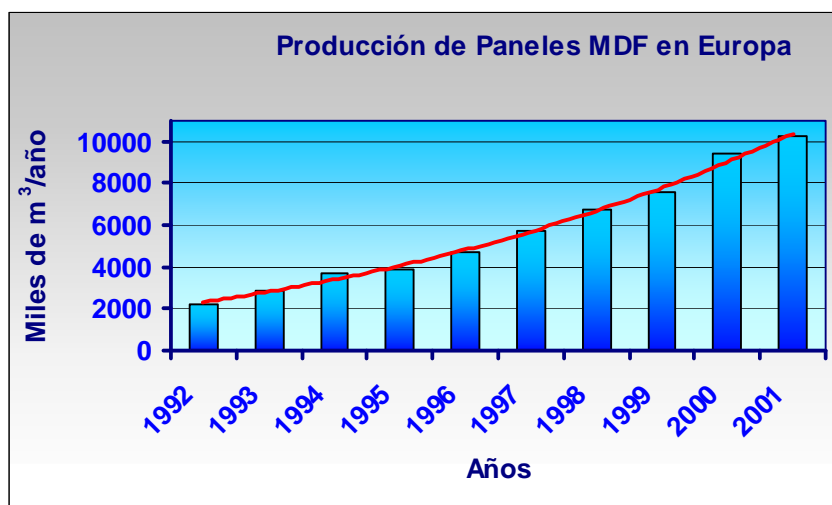
El potencial de esta “nueva” tecnología se revela al estudiar la producción dentro de la Comunidad Europea, la que reportó en el año 2001<sup>(4)</sup> una producción de 9,6 millones de metros cúbicos, cifra que implantó un record mundial al rebasar los 6,7 millones de metros cúbicos, alcanzados en el año 2000, equivalente a un crecimiento productivo anual ascendente al 30 %. La figura 5 muestra las diez primeras potencias europeas acorde al volumen anual de producción de este tipo de panel.

**Figura 5.** Primeras potencias europeas en la producción de MDF.



La producción en su conjunto, alcanzó 9,72 millones de metros cúbicos, en la cual Alemania e Italia acometen el 34 y 13 % de esta producción, respectivamente. Su comportamiento dentro del decenio comprendido desde 1992 hasta 2001, fue como se muestra en la figura 6.

**Figura 6.** Producción de paneles MDF en Europa.

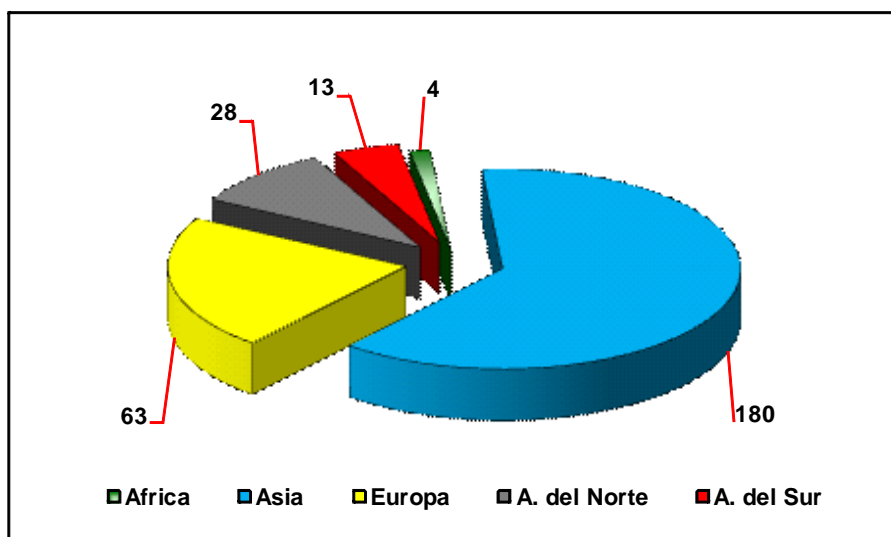


Esta explosión productiva no solo se debió al ágil incremento en las capacidades de producción, sino también al mejor aprovechamiento de las mismas y al empleo de las investigaciones vinculadas a nuevos usos y formas de aplicación de estos productos. Alemania, se mantiene como principal productor, con una capacidad de 3,26 millones de metros cúbicos por año y como mayor consumidor, demandando el 27,4 % del total producido por la Comunidad Europea (3,07 millones de metros cúbicos por año), le siguen en orden decreciente Reino Unido (12 %), Italia (10,1 %), España (8,8 %), Francia (6,3 %) y Bélgica (6,2 %).

En 1998, <sup>(4)</sup> la producción mundial se ejecutaba en 253 instalaciones, cifra que alcanzó 288 en el año 2001 (figura 7) y para el 2005, se contaba con 491 plantas. El continente asiático se ha mantenido a la cabeza, con la posesión de 154, 180 y 241 fábricas, en los respectivos años.

Del total anteriormente expuesto, 188 se encuentran en China, líder en la producción de MDF, que, como se aprecia en la tabla 4, alcanza cerca de 16 millones de metros cúbicos por año con la utilización de 361 líneas de producción (se infiere de la información aportada que algunas de estas plantas deben poseer más de una línea de producción funcionando en paralelo).

**Figura 7.** Instalaciones para la producción de MDF en el mundo (año 2001).



**Tabla 4.** Producción de MDF por sectores del mundo. Cierre del 2005.

Región	Capacidad m <sup>3</sup> /a	No de plantas
China (*)	15 690 000	188
Europa	15 416 000	72
Asia Pacífico	7 973 000	53
América del Norte	5 634 000	27
América del Sur	3 292 000	14
África / Medio Oriente	435 000	6
<b>Total global</b>	<b>48 440 000</b>	<b>491</b>

\* Considerada como región.

Malasia, dentro de la región Asia - Pacífico, aparece desde el año 1990 como un prominente productor de paneles MDF catalogado como sexto productor en el ámbito mundial y tercer exportador mundial, precedido solo por Italia y Canadá,. La materia prima empleada por excelencia en esta región, son los residuos procedentes de extensas plantaciones de árbol gomero, el cual, agotada su vida útil es empleado para este fin. La producción se realizaba en siete instalaciones fabriles de corte moderno, que lo favorecían en relación al resto de los países del área, le permitía alcanzar una producción de calidad y exportar aproximadamente el 80 % de esta. Su fuerte posición en el mercado estaba conducida por los bajos precios y la calidad estable de la materia prima, la mano de obra calificada y educada en la tecnología, la adecuada infraestructura productiva y las facilidades portuarias e indicaciones gubernamentales, dirigidas hacia la cohesión de la industria para incentivar el desarrollo de manufacturas de alta tecnología. Estas premisas, hicieron que esta producción pudiera enfrentar de forma muy competitiva los retos del mercado maderero, al cual no tenían acceso.

Esta industria enfocó miras, en sus primeros años, hacia la obtención de paneles “crudos o desnudos” sobre los cuales trabajaron arduamente hasta lograr un producto de alta calidad. Sin embargo, la tendencia mundial obligó a orientar inversiones hacia la incorporación de valores agregados a estas producciones brutas. De aquí que fueran destinadas importantes sumas de capital <sup>(6)</sup> en materia de laminados, enchapados y formas moldeadas.

Analizando otros continentes, y en particular exponentes de reconocido potencial mundial, debemos mencionar a América del Norte y dentro de ella los Estados Unidos, que presentaba un volumen de producción ascendente a 3,93 mil millones de metros cúbicos al año, distribuidos entre 25 instalaciones, y Canadá que, contando con solo 7 plantas, registraba 1,48 mil millones de metros cúbicos al año.

América del Sur es considerada el continente en el cual los MDF han logrado el mayor índice de crecimiento a escala mundial, duplicando su capacidad productiva en muy escaso período de tiempo. Posee su exponente más notorio en Brasil, el cual poseía en 2005 una capacidad productiva superior a 1,21 millones de metros cúbicos por año obtenida por tan solo 5 firmas. El resto de la producción continental, ascendente a 2,41 millones de metros cúbicos por año, se encuentra distribuida en orden descendente entre: Argentina, Chile, Venezuela y Ecuador, entre los cuales totalizan 8 instalaciones acopiando entre sí, como se aprecia, una producción equivalente a la de Brasil.

El desarrollo alcanzado en el gigante sudamericano y el potencial de su mercado, motivó la profundización en la búsqueda y en lo posible, la actualización sobre la información productiva que permitiera conformar un patrón para el año 2008 y realizar pronósticos de crecimiento a corto plazo.

Esta industria de tableros MDF, que emplea como material lignocelulósico la madera de pino o eucalipto, está caracterizada por el empleo de equipamiento de punta y modernidad. A partir de la década del 90 del pasado siglo, todas las industrias montadas emplearon prensas continuas en el proceso, lo que permitió elevar la productividad y a la vez garantizar la calidad de la misma con menores índices de retorno de materiales dentro de la producción. Esto motivó el interés y crecimiento del mercado interno y permitió determinados volúmenes de exportaciones.

La producción de MDF en este país se inició con el montaje de la planta Duratex <sup>(7)</sup>, en septiembre de 1997, ubicada en Agudos (ciudad perteneciente al estado de San Pablo), a continuación entró en operación Tafisa, a finales de 1998, empleando capital portugués y ubicada en Piên (Paraná). La tercera gran instalación Masisa <sup>(8, 9, 35)</sup>, fue construida en el 2001, con capital chileno y situada en Ponta Grossa (Paraná), y por último, Placas Paraná, de capital francés, localizada en Jaguariaiva (Paraná), construida igualmente en el 2001, las cuales gracias a su versatilidad conquistaron rápidamente el mercado. A las cuatro instalaciones citadas anteriormente se les unió el complejo Fibraplack, con seis fábricas, localizadas al sur y sudeste del país, alcanzando así en el entorno del año 2007 una capacidad de producción de MDF ascendente a unos 2 mil millones de metros cúbicos al año, que representa el 70 % de todos los aglomerados que se producen en Brasil.

La tabla 5 muestra de forma explícita las instalaciones y capacidades existentes en Brasil a mediados del 2008.

**Tabla 5.** Plantas de MDF en operación en Brasil, junio 2008.

<b>Empresa</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Producto</b>	<b>Líneas</b>	<b>Capacidad m<sup>3</sup>/día</b>
<b>Duratex</b>	Agudos	MDF	1	800
	Botucatu	MDF	1	1200
<b>Arauco</b>	Jaguariaiva	MDF	1	900
<b>Masisa</b>	Ponta Grossa	MDF	1	1000
<b>Fibraplack</b>	Glorinha	MDF	2	1500
<b>Tafisa</b>	Pien	MDF	2	1500
<b>Capacidad total instalada</b>			<b>8</b>	<b>6900</b>

El consorcio Masisa, que fuera catalogado en Brasil dentro de las opiniones del sector como líder en la construcción de tableros para muebles, contaba a la fecha con cerca del 20 % del total de la capacidad instalada en toda la región, representando este segmento productivo en el 2007 aproximadamente el 68 % de todos sus ingresos. Para la producción, la empresa cuenta con una capacidad agregada que alcanzó los 2,6 millones de toneladas anuales, tras la inauguración en octubre de 2007 de una nueva planta de MDF ubicada en Chile. Las capacidades productivas del consorcio se encuentran distribuidas como siguen: Chile (1,1 millones de metros cúbicos por año), Brasil (580 mil metros cúbicos por año), Argentina (445 mil metros cúbicos por año), Venezuela (430 mil metros cúbicos por año) y México (1,55 millones de metros cúbicos por año).

El potencial anteriormente mencionado, no contempla los cambios operados en Brasil tras la adquisición de una planta de tableros de tecnología OSB, con capacidad productiva de 300 mil metros cúbicos por año, así como una nueva planta de MDP (tablero de partículas o igualmente conocido como aglomerado en Brasil) que se adicionó al conjunto anteriormente expresado con capacidad de 750 mil metros cúbicos por año.

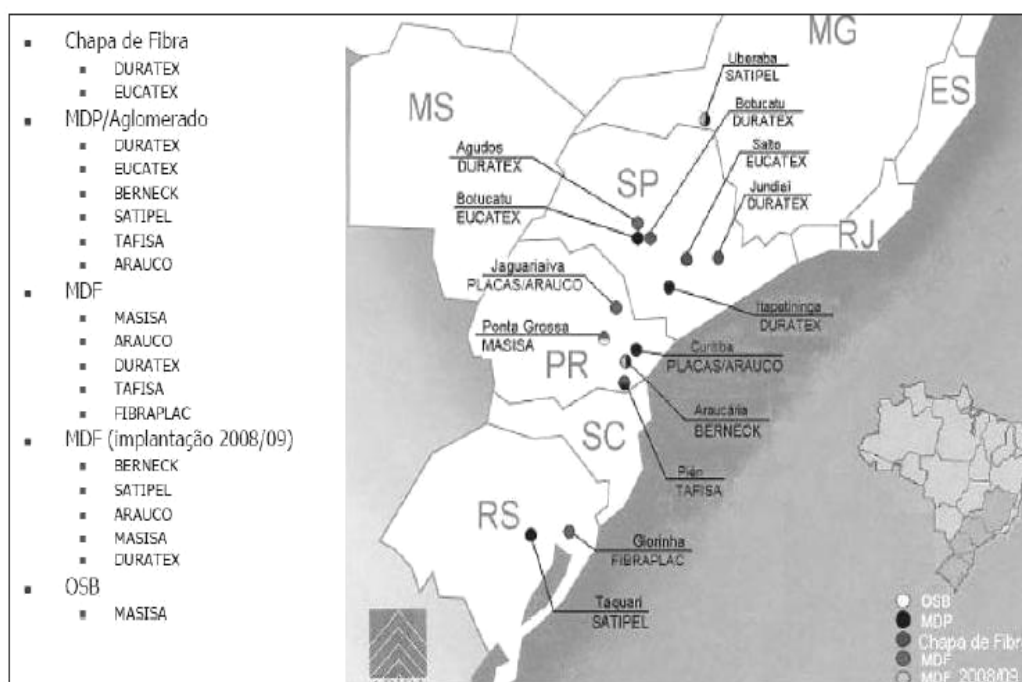
Este crecimiento fue un indicador del escenario tan favorable de precios y demandas del mercado de tableros en el marco latinoamericano, factor que ha permitido compensar, en parte, la fuerte desaceleración del sector de la construcción norteamericano en este período de crisis y que inevitablemente ha debilitado de forma significativa las ventas de mayor valor agregado, dirigidas principalmente hacia este sector del mercado.

Masisa cuenta con una participación representativa en todos los mercados latinoamericanos donde mantienen operaciones comerciales, su liderazgo se consolida a través de una amplia red de distribución de productos cuya unidad básica es denominada “Placa Centro” <sup>(10)</sup>, que no es más que establecimientos que operan bajo una misma marca y formato comercial, donde ofrecen una amplia gama de productos para la construcción y prestación de servicios al cliente. Esta red les permite una mayor cercanía a sus consumidores finales (pequeños y medianos productores de muebles), lo cual conceptualiza la finalidad de incrementar el consumo individual de estos productos. La compañía ha expandido fuertemente este sistema de distribución en los últimos años, al término del 31 de marzo de 2008 ya poseía 324 establecimientos distribuidos en 10 países del ámbito latinoamericano.

Los ingresos consolidados del consorcio <sup>(79)</sup>, en el año 2007, ascendieron a 965,8 millones de dólares estadounidenses, registrando un 8,9 % de incremento en comparación con el año anterior. En tanto, el primer trimestre del 2008 representó para la firma ventas en el orden de 257,6 millones de dólares estadounidenses, experimentando el crecimiento de un 19 %, con respecto a igual período del año anterior.

La figura 8 muestra una parte del territorio de Brasil, en la cual se representa geográficamente la ubicación de las plantas de aglomerados. Casi la totalidad de estas producciones se encuentra dentro de un sector en el cual “el Gran San Pablo” concentra la mayor cantidad de industrias y por consiguiente las productoras de muebles, le sigue en importancia Paraná, Minas Gerais y Río Grande del Sur en magnitudes decrecientes. Como se ha mencionado, la producción de tableros emplea maderas naturales (pinos o eucalipto) como materia prima, de aquí que en esta zona se concentren grandes extensiones de terreno plantados con especies maderables destinados a este fin.

**Figura 8.** Ordenamiento, clasificación y distribución de la producción de tableros en Brasil.



**Tabla 6.** Plantas en operación en Brasil, junio 2008.

Empresa	Ubicación	Producto	Líneas	Capacidad m <sup>3</sup> /día
<b>Duratex</b>	Agudos	MDF	1	800
	Itapetininga	MDF	1	1200
	Botucatu	MDF	1	1200
	Botucatu	Ch. Dura	3	600
	Jundiai	Ch. Dura	3	400
<b>Eucatex</b>	Salto	Ch. Dura	3	400
	Botucatu	MDP	1	1400
<b>Arauco</b>	Curitiba	MDP	3	800
	Jaguariaíva	MDF	1	900
<b>Masisa</b>	Ponta Grossa	MDF	1	1000
		OSB	1	700
<b>Berneck</b>	Araucaria	MDP	1	1500
<b>Bonet</b>	Santa Cecilia	MDP	1	200
<b>Fibraplack</b>	Glorinha	MDF	2	1500
<b>Satipel</b>	Uberaba	MDP	1	1600
	Taquari	MDP	1	600
<b>Tafisa</b>	Pien	MDF	2	1500
		MDP	1	700
<b>Capacidad total instalada</b>			<b>28</b>	<b>17000</b>

De la tabla 6, se deduce que las capacidades incrementaron a un ritmo anual del 28 %, sin embargo, de establecerse esta comparación a partir del segundo semestre de 1997, el resultado sería aún mayor, alcanzando el 34 %, determinado fundamentalmente, por la creciente demanda de la industria del mueble a la cual se destina más del 80 % de su producción.

La tabla 7 refleja el pronóstico productivo de MDF calculado para el 2010 y la tabla 8, el total de todos los aglomerados. Este pronóstico no solo está prácticamente cumplimentado sino que además se tienen referencias que predicen crecimientos mayores en el sector de los MDF y los MDP.

**Tabla 7.** Pronóstico de capacidades para el año 2010.

<b>Empresa</b>	<b>Producto</b>	<b>Líneas</b>	<b>m<sup>3</sup>/día</b>
<b>Duratex</b>	MDF	3	4500
<b>Eucatex</b>	MDF	1	450
<b>Arauco</b>	MDF	1	900
<b>Masisa</b>	MDF	2	2000
<b>Berneck</b>	MDF	1	1000
<b>Fibraplack</b>	MDF	4	4000
<b>Satipel</b>	MDF	1	1000
<b>Tafisa</b>	MDF	2	1500
<b>Sudati</b>	MDF	1	450
<b>Guararapes</b>	MDF	1	450
<b>Rio Concrem</b>	MDF	1	450
<b>Pronóstico de capacidades</b>			
		<b>18</b>	<b>16700</b>



**Tabla 8.** Pronóstico productivo de todos los aglomerados en Brasil 2010.

<b>Empresa</b>	<b>Producto</b>	<b>Líneas</b>	<b>Capacidad m<sup>3</sup>/día</b>
<b>Duratex</b>	MDF	3	4500
	MDP	2	4200
	Ch. Dura	6	1000
<b> </b>			
<b>Eucatex</b>	Ch. Dura	3	400
	MDP	1	1400
	MDF	1	450
<b> </b>			
<b>Arauco</b>	MDP	3	800
	MDF	1	900
<b> </b>			
<b>Masisa</b>	MDF	2	2000
	OSB	1	700
<b> </b>			
<b>Berneck</b>	MDP	2	3500
	MDF	1	1000
<b> </b>			
<b>Bonet</b>	MDP	1	200
<b> </b>			
<b>Fibraplack</b>	MDF	4	4000
	MDP	2	2400
<b> </b>			
<b>Satipel</b>	MDP	3	4200
	MDF	1	1000
<b> </b>			
<b>Tafisa</b>	MDF	2	1500
	MDP	1	700
<b> </b>			
<b>Sudati</b>	MDF	1	450
<b> </b>			
<b>Guararapes</b>	MDF	1	450
<b> </b>			
<b>Rio Concrem</b>	MDF	1	450
<b> </b>			
<b>Pronostico de Capacidades</b>		<b>43</b>	<b>36200</b>

Continuemos con el análisis de la producción de MDF enfocando la mirada hacia China <sup>(5, 12, 13)</sup>, esta potencia reúne en sí particularidades que la han diferenciado en las últimas décadas del resto de los productores del mundo, razones por las cuales le dedicamos un espacio adicional para profundizar en su producción y movimientos estratégicos de mercado, que han realizado a fin de reflejar en este espacio, una mejor idea de su acontecer, que iniciado en el año 1994 y sustentado

en importantes inversiones en el sector ha estado evolucionando por años a un ritmo impetuoso sobre lo cual se trata en adelante.

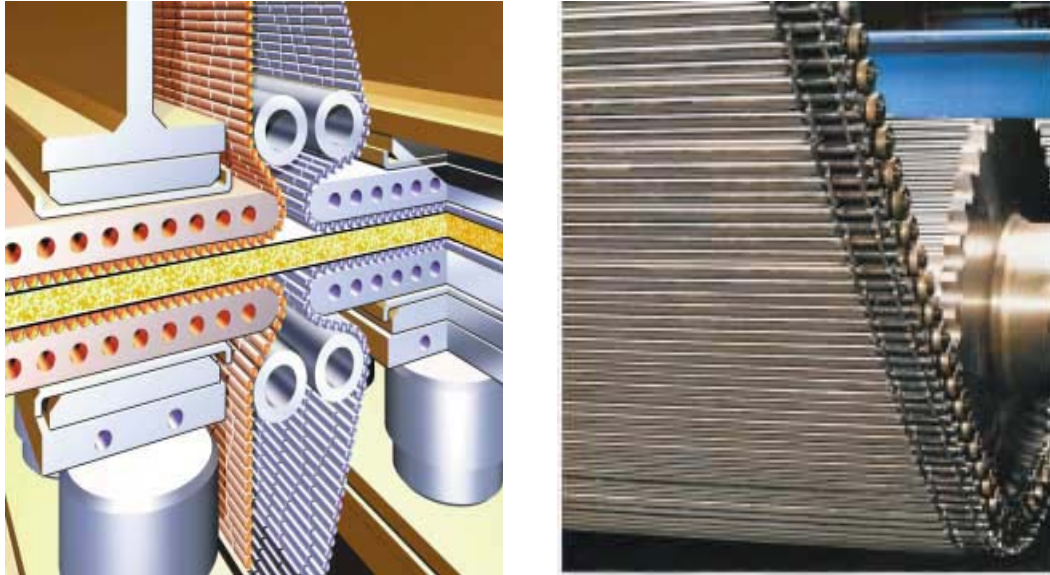
Empresas chinas encargaron 6 plantas de tableros MDF de tecnología moderna para comenzar a producir en el período 2003/2004, cuya responsabilidad constructiva fue compartida entre dos de los exponentes más importantes de la época: cuatro líneas continuas a la firma Dieffenbacher y el resto a la Siempelkamp, todas ellas empleando en el proceso prensas continuas, el cual ha sido mencionado en más de una oportunidad y que para su mejor comprensión se muestra en la figura 9 y algunas de sus particularidades en la figura 10.

**Figura 9.** Prensa *Conti Panel System (CPS)*, (cortesía Dieffenbacher).



Estas prensas, como se aprecia, resultan bastante voluminosas en consecuencia el cierre paulatino de la luz entre las superficies calientes y la elevada productividad de las mismas. La figura 10 amplía la información, a la izquierda por medio de un esquema en el cual aparecen las zonas calientes (rojo) y frías (azul), así como también las partes fijas al bancazo de la máquina (carmelita). A la derecha muestra un detalle de la prensa real.

**Figura 10.** Estera de conducción y prensado, prensa Dieffenbacher, modelo *Conti-Panel System* (CPS).



El diseño de esta prensa y sus respectivos elementos, permite contar con velocidades de prensado de hasta 1,5 m/s, logrando un diferencial en espesores no mayor a 0,1 mm, lo cual ha permitido adicionalmente reducir, de forma considerable, las pérdidas por lijado.

La primera prensa de esta generación fue lanzada por la compañía “Küsters”, en el año 1977, ubicada en aquel entonces en Krefeld, Alemania y puesta al servicio de la productora de tableros de partículas belga “Spano”.

Estas prensas, actualmente conocidas como *ContiRoll* o *Conti Panel System (CPS)*, en dependencia del fabricante, Siempelkamp o Dieffenbacher, fundamentaron su diseño en una estera rotatoria compuesta por rodillos individuales de solo 12,5 mm de diámetro, garantizando con tan pequeña separación entre los centros, la reducción de las cargas de flexión en el acero, de ahí también los pequeños espesores de pared que permiten elevadas transferencias de calor con el colchón.

Cuando se comparan estos tipos de prensas con las que tradicionalmente se han empleado en la industria de los aglomerados, y que se muestran en las figuras 11, 12 y 13, se observan las diferencias que han hecho posible el incremento de capacidades de las plantas de tableros, tanto de partículas como de fibras.

**Figura 11.** Prensas empleadas en las tecnologías tradicionales de tableros.



Para China en particular, la primera línea de Dieffenbacher, contó con una prensa de 23 m de longitud y una capacidad de producción de 120 mil metros cúbicos por año, la cual fue ubicada en la provincia de Zhejiang, La segunda igualmente de 23 m, pero con capacidad de 150 mil metros cúbicos por año, en la provincia de Guanxi y la tercera en la misma provincia pero con una capacidad de 240 mil metros cúbicos por año. La última de las líneas de la Dieffenbacher, destinada a la provincia de Shandong, está provista de una prensa de 28 m, que le proporciona una capacidad de 200 mil metros cúbicos por año.

Una de las dos líneas desarrolladas por la Siempelkamp se ubicó en la provincia de Zhejiang, con una capacidad de 150 mil metros cúbicos por año, provista de una prensa *ContiRoll* de 23,8 m de longitud y la segunda de 200 mil metros cúbicos por año, en Jiangsu, con un equipo similar de 37 m de longitud.

Con anterioridad, estos mismos productores se vieron envueltos, a pedido, en otros procesos inversionistas. Dieffenbacher construyó dos líneas de producción; la primera de 200 mil metros cúbicos por año y la segunda con una capacidad de 180 mil metros cúbicos por año. La firma Siempelkamp por su parte, construyó una instalación equipada con una prensa de 23,2 m de longitud para una capacidad 135 mil metros cúbicos por año.

La sola ejecución de estas 9 plantas de tipología moderna y de elevada capacidad, justifican de hecho, el desmesurado incremento del mercado internacional de los paneles de MDF, en tan corto plazo de tiempo.

La producción de aglomerados en China está dividida en: 60-70 % MDF, 20 % para los tableros de partículas, y el resto se considera como contrachapado. Para este último sector, por cierto, muy poco beneficiado en estos planes de desarrollo, no se conocen programas de ampliación como consecuencia de las dificultades en el suministro de madera con buenas calidades para este fin.

Los paneles finos de MDF, con espesores de 2,7 a 3,0 mm; consecuentemente a su contracción en precios en comparación a los espesores mayores, se emplean en la elaboración de cajas para dulces, vinos y té, entre otras mercancías que se utilizan mayormente como regalos, de esta forma sustituyen las antiguas presentaciones de envases realizados sobre la base de un cartón corrugado, mejoran la calidad el estuche y se incrementan los atractivos de decoración. Otro de los mayores destinos de los MDF en este país, es la confección de suelos (pisos).

La capacidad productiva de China en este sector de los tableros, que alcanza los 18,4 millones de metros cúbicos al año y que corresponde al 78 % del total de la capacidad de producción de aglomerados instalada en el país, de ellos, al menos 4 millones, responden a la categoría de muy alta calidad, los cuales se producen por las fábricas que operan con maquinaria importada, el resto se atribuye a producciones con equipamiento confeccionado en el país.

Durante los 12 meses que transitaron, desde julio del 2003 hasta agosto del 2004, la firma alemana Dieffenbacher construyó, instaló y puso en marcha ocho instalaciones en China; el suministro total de la maquinaria, compartido con la Schenkman & Piel, que aportó el equipamiento destinado al secado y clasificación. Adicionalmente a las líneas de producción de paneles MDF, esta firma ha suministrado a China el equipamiento para producir cubiertas para puertas. La línea cuenta con una prensa de ocho aberturas para una capacidad de producción de 7 millones de cubiertas por año.

En agosto del 2004, la firma Siempelkamp firmó acuerdos para adquirir el 70 % del total de las inversiones de la *Wood-Based Panel Machinery Co. Ltd. (WBPM)* de Shanghai, considerada en ese entonces como la mayor constructora de prensas de China. Dentro de sus posibilidades promueve una amplia variedad de máquinas industriales no solo para plantas de MDF, sino también para los sectores productivos de paneles de partículas, laminados y para moldeados de goma y plásticos. Para la industria de paneles de madera, esta firma aplica diseños de prensas de platos. Otros equipos igualmente producidos son: secadores, lijadoras, así como unidades de manipulación y trasiego de materiales. Sus prensas multiplatos para MDF pueden alcanzar capacidades de hasta 80 000 m<sup>3</sup>/a, las que con anterioridad al año 2001 lograban solo capacidades de 30 000.

El total de la producción alcanzada por las plantas construidas por la WBPM, asciende a unos 8,9 millones de metros cúbicos por año para el tipo MDF, reportándose hasta finales del 2005 órdenes que totalizan 192 líneas de producción, de las cuales cerca de 6 plantas se destinaron a clientes fuera del país.

Además de la firma antes señalada, al menos otras diez compañías chinas producen maquinarias para la industria de MDF, mercadería destinada tanto para uso local como para la exportación, envolviendo una amplia gama de equipos y maquinarias. Entre estas empresas se encuentran: Xinyang Machinery Co. de la provincia de Henan, Changshu Forestry Mechanical Machinery de la provincia de Jiangsu, Changshu Fly Machinery Corporation de Jiangsu, y la Quilin Co. de Shanghai.

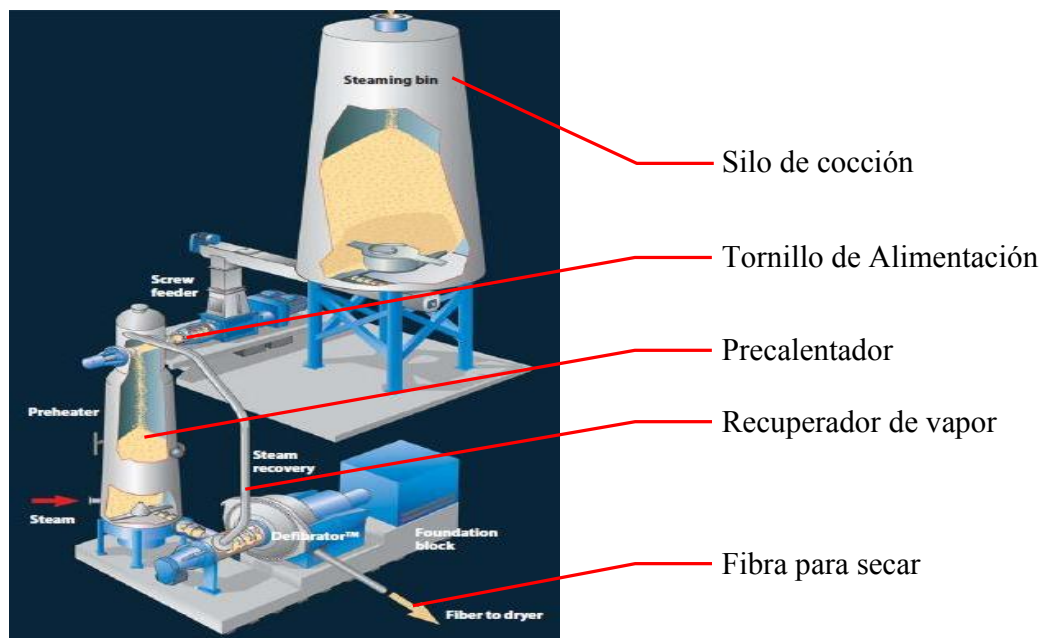
Entre los aspectos que más se le imputan a las producciones logradas en las mencionadas plantas de pequeña capacidad, es que para muchos son consideradas como de baja calidad. Uno de los problemas fundamentales está asociado al contenido de formol libre en el producto



terminado (mayor de 20 mg por cada 100 g) lo cual inhabilita la producción de muebles para la venta en el exterior, donde las regulaciones en este sentido son bien rígidas.

Para concluir en relación a las prensas de tecnología moderna bien sea Dieffenbacher o Siempelkamp, estas son capaces de lograr desde 2 hasta 40 mm de espesor y capacidades que varían desde 100 hasta 250 mil metros cúbicos por año. En términos de producción diarios, equivale al entorno de 380 a 850 m<sup>3</sup>. En este aspecto se debe resaltar, que la capacidad de las plantas objetivamente no dependen de las prensas como ocurría en el pasado. En la actualidad se relaciona más a la preparación de la fibra para la producción de los MDF, centrándose el “cuello de botella tecnológico” (\*3) en el termodesfibrado, sobre todo cuando se emplean materias primas de baja densidad, como corresponde al bagazo de la caña de azúcar. Una ilustración de este tipo de equipo y los diferentes elementos que lo componen se muestra en la figura 12.

**Figura 12.** Esquema general de una estación de desfibrado.



Las fusiones y las adquisiciones de plantas e industrias en China, influyeron de forma importante en la explosión productiva del sector. Más adelante y por lo que ha significado para esta industria, se dedica un espacio propiamente para abordar este tópico.

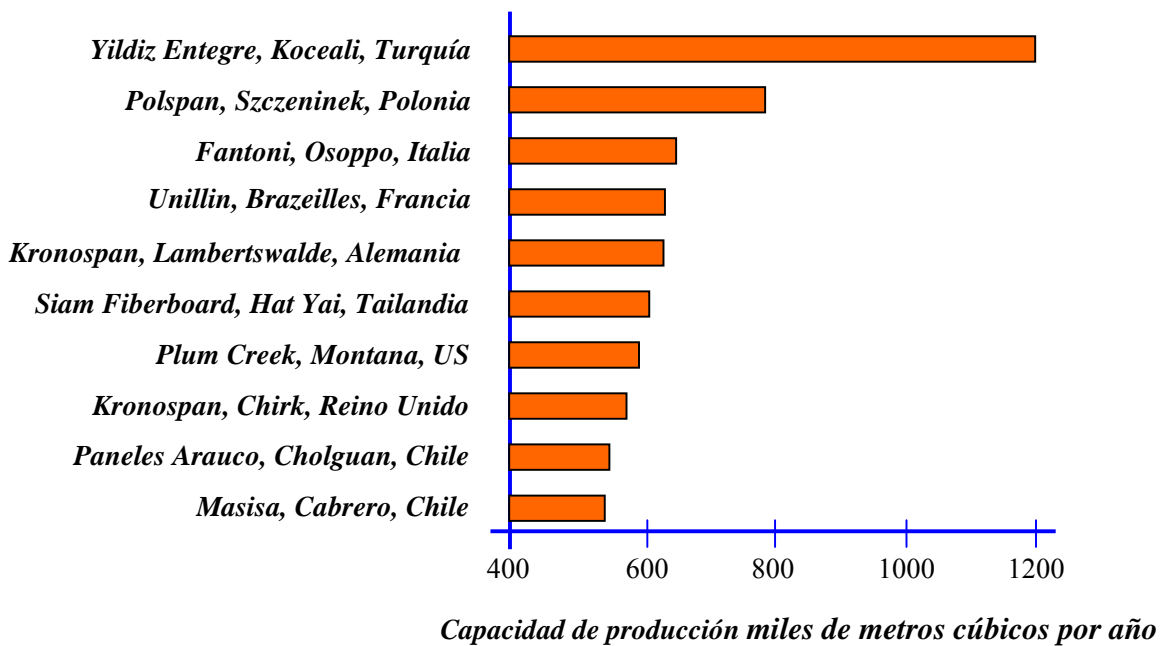
Turquía, resulta ser otro país europeo donde el desarrollo de la producción de tableros ha tenido un impacto importante en el mercado <sup>(12, 13, 15)</sup>, solamente en el año comprendido entre el 2001 y el 2002, se consolidaron 6 instalaciones en este país, entre las cuales se lograron producir cerca de 3000 m<sup>3</sup> diarios de paneles del tipo MDF. Resulta interesante resaltar que con anterioridad a este período, ya se habían montado dos plantas con capacidades de 350 y 400 m<sup>3</sup>

(\*3) Opinión del autor sustentado sobre la base del análisis de ofertas técnicas de equipos e instalaciones.

diarios, respectivamente. Como se verá más adelante, este país está considerado uno de los baluartes en la producción de tableros de partículas y todo este inmenso potencial productivo se basa en el empleo de la madera como materia prima para el proceso.

Indagando acerca de estas plantas montadas a partir del año 1995, se evidenció que todas cuentan con sistemas de prensado continuo, y entre ellas, la ubicada en Koceali, hasta el año 2001 poseía la mayor de todas las prensas del tipo *ContiRoll* del mundo, con una longitud de 55,3 m, desarrollada por la firma Siempelkamp. Al respecto, la figura 13 ubica a esta instalación, en el año 2008, en el lugar cimero entre las más grandes del mundo.

**Figura 13.** Mayores instalaciones productivas de MDF del mundo (año 2008).



En las tablas 9, 10 y 11, extraídas del anuario global de producción de MDF, del año 2005, se amplía la información anteriormente emitida, y a la vez, se orienta acerca de las instalaciones que existen en el mundo, en cuanto a capacidades, país de enclave, y grupo encargado de la explotación de la misma. Desafortunadamente, no se encontró más información referente al conjunto de las plantas instaladas en China. En el anuario <sup>(4)</sup>, aparece la totalidad que asciende a 188 unidades hasta el año 2006, así como también los contrastantes detalles en cuanto a las capacidades de las plantas importadas y las construidas domésticamente.

**Tabla 9.** Potencial productivo de MDF de América del Norte.

País	Compañía/Grupo	Ubicación	metros cúbicos/año	
			2004	2005
Canada	Aconcagua Holdings (previously Temple-Inland)	Pembroke, Ontario	239,000	239,000
	Flakeboard	St. Stephen, New Brunswick	202,000	202,000
	Flakeboard (was GP-Flakeboard jv)	Sault Sainte Marie, Ontario	283,000	292,000
	Pfleiderer (was Uniboard Canada-Kunz, Germany)	La Baie, Quebec	260,000	280,000
	Pfleiderer (was Uniboard Canada-Kunz, Germany)	Mont Laurier, Quebec	140,000	140,000
	Ranger Board (West Fraser)	Whitecourt, Alberta	265,000	265,000
	WestPine MDF (West Fraser)	Quesnel, British Columbia	209,000	209,000
		<b>Total Canada</b>		<b>1,598,000</b>
Mexico	Maderas Conglomeradas, (Macosa)	Cuidad de Mexico	60,000	60,000
		<b>Total Mexico</b>		<b>60,000</b>
USA	ATC Panels-Aconcagua (SierraPine closed Nov 2004)	Moncure, North Carolina	133,000	133,000
	Aconcagua Timber Corp (just starting up)	Shipperville, Pennsylvania	----	239,000
	Bassett Furniture Industries	Bassett, Virginia	37,000	37,000
	CMI/Craftmaster Manufacturing	Towanda, Pennsylvania		177,000
	Del-Tin Fiber (JV) – Temple	El Dorado, Arkansas	265,000	265,000
	Georgia-Pacific (Koch Industries)	Holly Hill, South Carolina	177,000	177,000
	Georgia-Pacific (Koch Industries)	Monticello, Georgia	64,000	64,000
	Great Lakes MDF	Lackawanna, New York	212,000	212,000
	Langboard	Willacoochee, Georgia	239,000	239,000
	Norbord	Deposit, New York	147,000	159,000
	Paragon Panels to start oct 2005	Clayton, Alabama		
	Pan Pacific Products	Broken Bow, Oklahoma	110,000	110,000
	Plum Creek Timber	Columbia Falls, Montana	423,000	559,000
	SierraPine	Rocklin, California	244,000	244,000
	SierraPine (Medit Division)	Medford, Oregon	212,000	212,000
	Temple-Inland	Mt. Jewett, Pennsylvania	177,000	177,000
	Unilin (prev Homanit)	Mt. Gilead, North Carolina	250,000	250,000
	Weyerhaeuser (ex-Willamette)	Malvern, Arkansas	283,000	283,000
	Weyerhaeuser (ex-Willamette)	Eugene, Oregon	150,000	150,000
	Weyerhaeuser (ex-Willamette)	Bennettsville, Sth Carolina	260,000	260,000
	<b>Total USA</b>		<b>3,383,000</b>	<b>3,947,000</b>
<b>Total América del Norte</b>			<b>5,041,000</b>	<b>5,634,000</b>



Tabla 10. Potencial productivo de MDF de China.

	Compañía/Grupo	Prov	Localiz	Cap		Const
1	Anhui Hualin Wood based Panel Co., Line 1	Anhui	Anqing	50,000		1995
	Anhui Hualin Wood-based Panel Co., Ltd. - A Member of Malaysia Samling Group, Line 2	Anhui	Anqing	80,000	130,000	2002
2	Chuzhou Huaneng Artificial Board Co., Ltd., Line 1	Anhui	Chuzhou	50,000		2000
	Anhui Asia Europe Wood Industrial Co., Ltd., Line 2	Anhui	Chuzhou	100,000	150,000	2005
3	Anhui Jinchuan Wood Based Panel Co., Ltd. / Huaibei Coal Mine Bureau Line 1	Anhui	Huaibei	15,000		1996
	Anhui Jinchuan Wood Based Panel Co., Ltd. / Huaibei Coal Mine Bureau Line 2	Anhui	Liu'an	80,000		2003
	Anhui Taihu Board Industry Limited Liability Co. / Huaibei Coal Mine Bureau Line 3	Anhui	Taihu	80,000	175,000	2004
	Huangshan Green Continent Wood Based Panel Co., Ltd., Line 1	Anhui	Qimen	10,000		1997
	Huangshan Green Continent Wood Based Panel Co., Ltd., Line 2	Anhui	Qimen	40,000		
	Huangshan Green Continent Wood Based Panel Co., Ltd., Line 3	Anhui	Qimen	30,000		2000
	Anhui Green Continent Wood Based Panel Co., Ltd.	Anhui	Suzhou	80,000		2004
	Jiangxi Green Continent Wood Based Panel Co., Ltd.1	Jiangxi	Jian	80,000		2003
	Jiangxi Green Continent Wood Based Panel Co., Ltd.2	Jiangxi	Jian	80,000		2004
	Hubei Green Continent Wood Based Panel Co., Ltd., Line (1)	Hubei	Xianning	30,000		1995
	Hubei Green Continent Wood Based Panel Co., Ltd., Line (2)	Hubei	Xianning	30,000		2000
	Xinjiang Green Continent Wood Based Panel Co., Ltd	Xinjiang	Changji	40,000	420,000	2005
5	Shenhua Wood Based Panel Plant, Line 1	Beijing	Beijing	15,000		1990
	Shenhua Wood Based Panel Plant, Line 2	Beijing	Beijing	100,000	115,000	1999
6	Sichuan Guodong Construction Co., Ltd., Line 1	Chongqing	Chongqing	30,000		2002
	Sichuan Guodong Construction Co., Ltd., Line 2 Bamboo material	Chongqing	Chongqing	50,000	80,000	2002
7	Fuzhou Wood Based Panel Plant, Line 1	Fujian	Fuzhou	53,000		1982
	Fuzhou Wood Based Panel Plant, Line 2	Fujian	Fuzhou	56,000	109,000	1996
8	Fujian Yong'an Forestry (Group) Joint-Stock Co., Ltd., Line 1	Fujian	Yongan	30,000		1996
	Fujian Yong'an Forestry (Group) Joint-Stock Co., Ltd., Line 2	Fujian	Yongan	80,000	110,000	2003
9	Guangdong Deqing Kanglan MDF Group Co., Line 1	Guangdong	Deqing	30,000		1992
	Guangdong Deqing Kanglan MDF Group Co., Line 2	Guangdong	Deqing	30,000	60,000	1996
10	Asia Dekor (Heyuan) Wood Ltd.	Guangdong	Heyuan	200,000	200,000	2004
11	Weihua MDF Manufacturing Co., Ltd., Line 1	Guangdong	Meizhou	30,000		1997
	Weihua MDF Manufacturing Co., Ltd. Zengcheng Branch, Line 2	Guangdong	Zengcheng	50,000		2001
	Guangdong Weihua Corporation Ltd., Line 3	Guangdong	Qingyuan	200,000		2004
	Guangdong Yangchun Weilibang Wood Industry Co., Ltd.	Guangdong	Yangchun	120,000	400,000	2006
12	Huaguang Decorative Board Factory, Nanhai, Guangdong, Line 1	Guangdong	Nanhai	30,000		2001
	Huaguang Decorative Board Factory, Nanhai, Guangdong, Line 2	Guangdong	Nanhai	30,000		2001
	Huaguang Decorative Board Factory, Nanhai, Guangdong, Line 3	Guangdong	Nanhai	35,000		2002



(continuación Tabla 10)

152	Shenyang Lantian Wood Products Co., Ltd.	Liaoning	Shenyang	30,000	30,000	1998
153	Shenyang Jinlong MDF Plant	Liaoning	Shenyang	15,000	15,000	1997
154	Shenyang Fuyang MDF Plant	Liaoning	Shenyang	30,000	30,000	1996
155	Liaoning Huairen MDF Plant	Liaoning	Huairan	30,000	30,000	1995
156	Shaanxi Tongchuan Wood Based Plant	Shaanxi	Tongchuan	10,000	10,000	1997
157	Shaanxi Wugong Wood Based Plant	Shaanxi	Wugong	10,000	10,000	1998
158	Shangdun Group, Heze, Shandong	Shandong	Heze	15,000	15,000	1996
159	Shouguang Cotton & Yarn Group	Shandong	Shouguang	30,000	30,000	1997
160	Shandong Wenshang MDF Factory	Shandong	Wenshang	30,000	30,000	2001
161	Shandong Chengwu Exported Tung Tree Products Factory	Shandong	Chengwu	15,000	15,000	1995
162	Shandong Houzhen Plywood Plant	Shandong	Houzhen	15,000	15,000	1995
163	Shandong Wenshang Wood Based Plant	Shandong	Wenshang	10,000	10,000	1996
164	Shandong Penglan Huanqiu Wood Industries Co.	Shandong	Penglan	30,000	30,000	2001
165	Huaxing Co., Ltd., Oil Field, Boxing County, Shandong Province	Shandong	Boxing	30,000	30,000	2002
166	Shandong Chiping Nengtong MDF Liability Co., Ltd.	Shandong	Chiping	40,000	40,000	2003
167	Shandong SenTai MDF Co., Ltd.	Shandong	Ningjin	40,000	40,000	2004
168	Shandong Linyi Hongbang Wood Industry Co., Ltd.	Shandong	Linyi	30,000	30,000	2004
169	Shanghai Wood Based Panel Plant	Shanghai	Shanghai	37,000	37,000	1987
170	Wood Based Panel Factory / Xishan Coal Mine Bureau	Shanxi	Taiyuan	15,000	15,000	1997
171	Sichuan Dajiang Decorative material Co.	Sichuan	Chongqi	15,000	15,000	1993
172	Sichuan Mivi Sugar Mill	Sichuan	Mivi	15,000	15,000	1994
173	Sichuan Dongliya Wood Industries Co.	Sichuan	Hongya	30,000	30,000	1996
174	Sichuan Green Continent Jusen Wood Based Panel Co.	Sichuan	Naxi	30,000	30,000	1998
175	Sichuan Dongfeng Timber Works	Sichuan	E bian	10,000	10,000	1997
176	Sichuan Shunda Forest Plantation Products Co., Ltd.	Sichuan	Ziyang	30,000	30,000	2004
177	Tianjin Fujin Wood Based Panel Co.	Tianjin	Tianjin	15,000	15,000	1983
178	Xinjiang Bo Lake Wood Based Panel Plant	Xinjiang	Bohu	15,000	15,000	1996
179	Xinjiang Aletai Mountain Bureau Wood Based Panel Plant	Xinjiang	Aletai	20,000	20,000	1998
180	Xinjiang Miquan City Yongnan Compress Boards Plant	Xinjiang	Miquan	40,000	40,000	2004
181	Ruijiang Fiberboard Co., Ltd.	Yunnan	Yuxi	30,000	30,000	1996
182	Mile Sugar Works	Yunnan	Mile	15,000	15,000	1996
183	Mouding Fiberboard Co., Ltd.	Yunnan	Mouding	15,000	15,000	1996
184	Puer Wood Based Panel Factory / Weigou Forestry Bureau	Yunnan	Puer	15,000	15,000	1997
185	Honghezhou MDF Factory / Honghezhou Forestry Bureau	Yunnan	Jianshui	30,000	30,000	1999
186	Shuangbai MDF Factory / Shuangbai Forestry Bureau	Yunnan	Shuangbai	30,000	30,000	1997
187	Yunan Chuxiong Wood Based Panel Plant	Yunnan	Chuxiong	30,000	30,000	1997
188	Zhejiang Quzhou Timber Industry Corporation	Zhejiang	Quzhou	15,000	15,000	1995
<b>Total Capacity</b>				<b>15,690,000</b>	<b>15,690,000</b>	

**Tabla 11.** Potencial productivo de MDF de Asia Pacífico (excepto China).

País	Compañía/Grupo	Ubicación	metros cúbicos/año	
			2004	2005
New Zealand	Carter Holt Harvey	Rangiora, South Island	210,000	210,000
	Fletcher Wood Panels	Taupo, North Island	145,000	160,000
	Nelson Pine Industries	Nelson, Richmond, S.I.	380,000	380,000
	Dongwha Patinna (Was Rayonier)	Gore, South Island	170,000	170,000
		<b>Total New Zealand</b>	<b>905,000</b>	<b>920,000</b>
Pakistan	Al-Noor MDF Board Industries	Moro, Nawabshah	28,000	28,000
		<b>Total Pakistan</b>	<b>28,000</b>	<b>28,000</b>
Sri Lanka	Merbok MDF Lanka (Pvt) Ltd	Horana	100,000	180,000
		<b>Total Sri Lanka</b>	<b>100,000</b>	<b>180,000</b>
Thailand	Agro Mats	Chachoung-sao	90,000	90,000
	Bang Say	Bangkok (vicinity)	90,000	90,000
	Khon Kaen Sugar (doorskin mill)	Khon Kaen	25,000	25,000
	MDF Planner (Vanachai) Lines I & II	Bangkapong	270,000	270,000
	Metro MDF Lines I & II	Kanchanburi	240,000	240,000
	Siam Fibreboard (Evergreen)	Hat Yai	200,000	200,000
	Thai Plywood Co	Kaeng Khoi, Suraburi	78,000	84,000
		<b>Total Thailand</b>	<b>993,000</b>	<b>999,000</b>
Vietnam	Cosevco MDF (Midland Construction)	Dong Ha, Quang Tri		60,000
	Vinafor	Gialai, Hoa Binh	60,000	60,000
		<b>Total Vietnam</b>	<b>60,000</b>	<b>120,000</b>
<b>Total Asia Pacífico(excluyendo a China)</b>			<b>7,591,000</b>	<b>7,973,000</b>

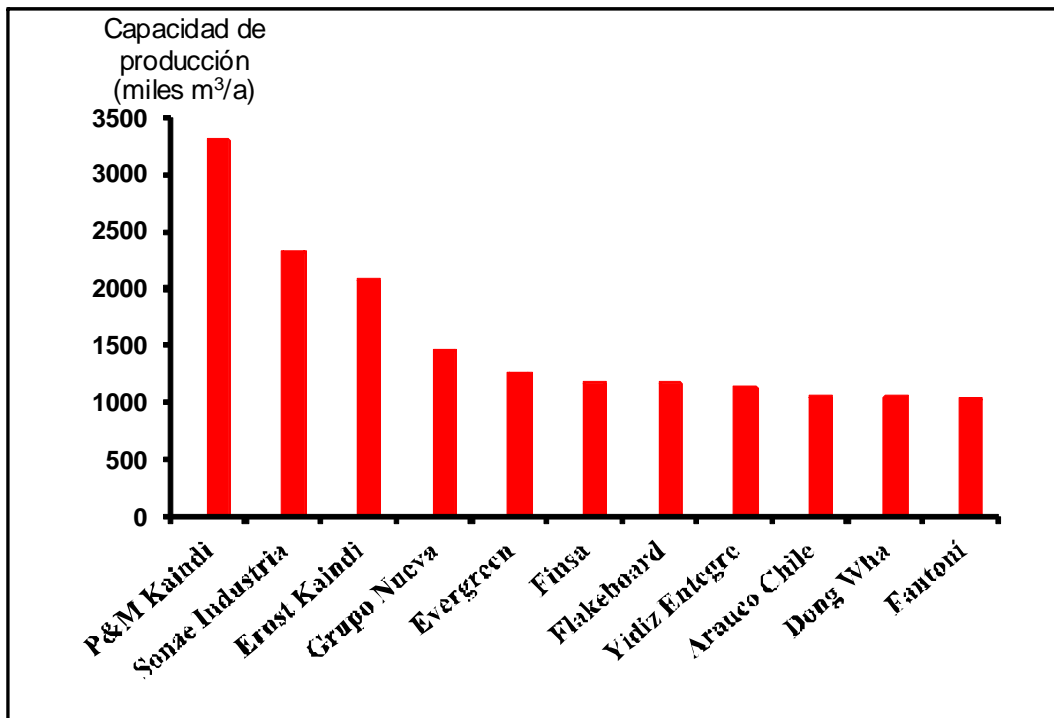
En la tabla 12, que resume la producción mundial, se devela información de interés tanto tecnológica como económica. Al analizar las producciones de China y Europa, se constata que la diferencia era de 270 mil metros cúbicos por año en el año 2005, lo que no justifica la gran disparidad en cuanto a la cantidad de instalaciones (China, 319 y Europa, 72). Si se aplicara una matemática básica, la capacidad promedio exhibida por China sería de unos 49 mil metros cúbicos, mientras que Europa asciende a 214 mil metros cúbicos, por lo tanto la efectividad y la eficiencia productiva de esta última resulta en todos los sentidos muy superior a la primera en su conjunto.

**Tabla 12.** Resumen de capacidades en el mundo (período 2003 -2005) <sup>(4)</sup>.

Región	Número de plantas			Capacidad de MDF m <sup>3</sup> /dia x 1000		
	2003	2004	2005	2003	2004	2005
Africa	4	4	4	245	245	245
Asia -Pacífico	43	50	53	7,083	7,591	7,973
China	183	320	319	9,184	16,219	15,690
Europa	63	69	72	12,802	14,239	15,416
Este medio	2	2	2	180	180	190
América del Norte	26	25	27	5,248	5,041	6,634
América del Sur	13	14	14	2,770	3,262	3,292
Total	334	484	491	37,512	46,777	48,440

Cuando se estudia la globalización de esta producción, acorde a lo representado en la figura 14, vemos que se destacan 11 grandes agrupaciones productivas <sup>(4, 11, 12)</sup>, las cuales han logrado sobrevivir a esta crisis financiera mundial, sustentadas en su fuerte posición en la competencia y la solidez de sus respectivos negocios.

**Figura 14.** Mayores agrupaciones en la producción de MDF (año 2008).



## Tableros de partículas

La introducción masiva de los tableros de partículas en el mercado, estuvo durante algún tiempo marcada por la preferencia de la madera natural o hasta el propio *plywood* en relación a este producto de nueva aparición, y además, como consecuencia de su escaso volumen de producción debido fundamentalmente a que el equipamiento que existía no se ajustaba completamente a la tecnología (Kollmann 1975) <sup>(2)</sup>.

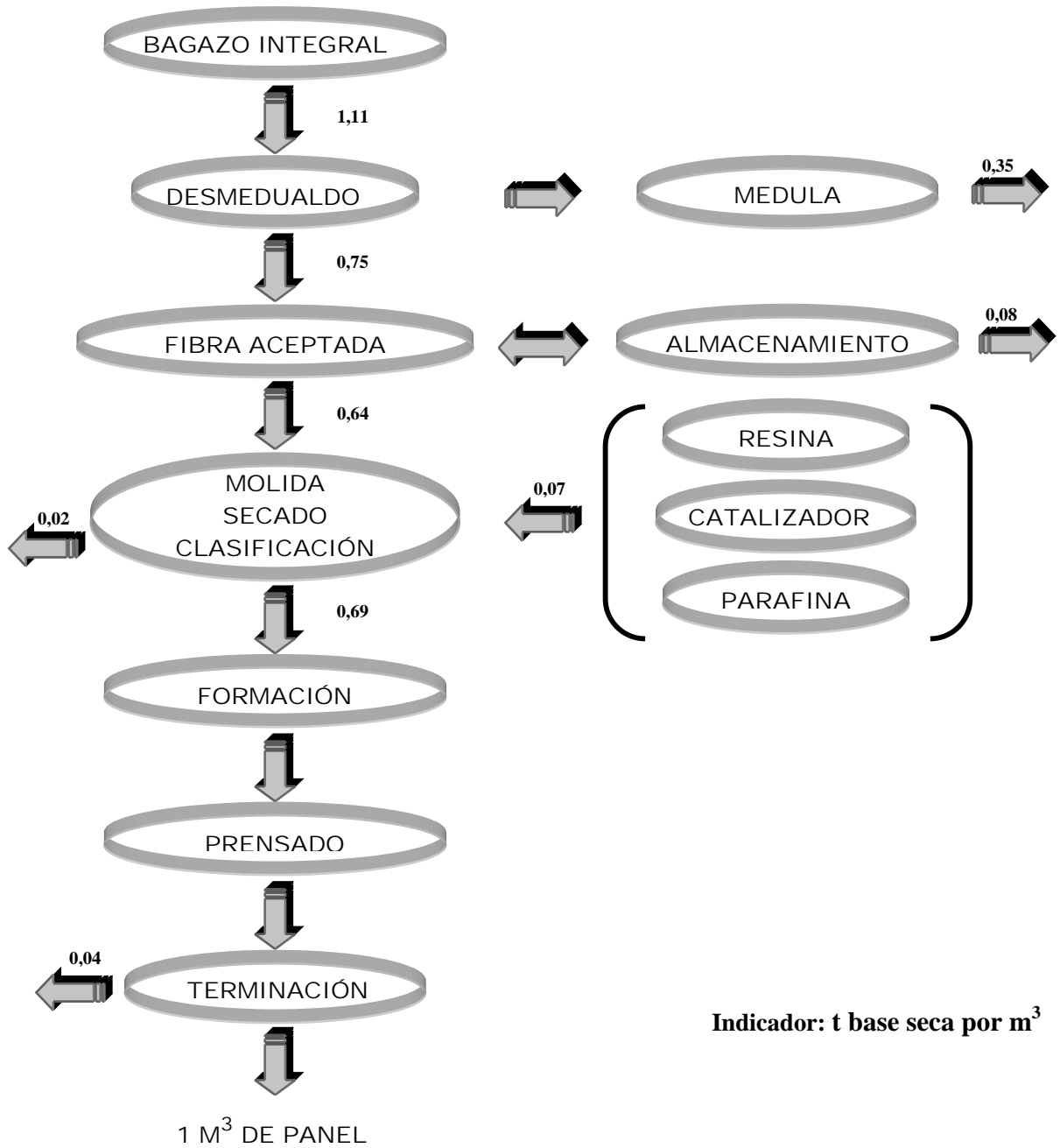
Las primeras patentes están referidas al período comprendido entre 1936 y 37, a partir del cual comenzó un profundo e importante desarrollo, que abarcó tanto a la tecnología como al equipamiento requerido para la misma. La primera planta de tableros de partículas del mundo <sup>(14)</sup> fue la denominada Torfit Werke AG localizada en Bremen – Hemelingen, Alemania, en el año 1941 con una capacidad productiva de 10 t/d. Los paneles producidos poseían una densidad entre 800 y 1100 kg/m<sup>3</sup>, empleando astillas de madera impregnadas con resina fenólica y como prensa un equipo de una sola abertura desarrollada por la firma Becker & van Hullen con una presión de 1000 N/cm<sup>2</sup>. Durante la segunda guerra mundial la misma fue bombardeada y nunca más fue reconstruida.

Alrededor del 1942, el Dr. Fahrni difundió una idea, revolucionaria para su época, de perfeccionar la calidad de esta producción a partir de la formación a tres capas, idea concretada por primera vez en la planta Keller Plywood en Klingnau, Suiza, producto que resultó no solo de mejor calidad sino también más ligero, tecnología que se le denominó Novopan que comenzó en el 1946. De esta forma el producto no solo acrecentó la popularidad de la tecnología en consecuencia a las mejoras superficiales, sino también debido al incremento en el conjunto de sus propiedades físicas y mecánicas. En las postrimerías de los 40 e inicios de los 50, se concretó un grupo de instalaciones con capacidad de 10 t/d, muchas de ellas concebidas dentro de complejos para la producción de muebles donde empleaban mayormente sus propios desechos madereros.

De la instalación precursora se reconoce la voluntad de lograr una maquinaria específica que permitió a la industria mecánica imprimirle a esta tecnología un impresionante ritmo de desarrollo. Otros factores de gran importancia en la esfera tecnológica se fundamentaron en lograr el correcto tamaño de partículas, el uso de aglutinantes en cantidades suficientes y con características específicas, lo cual condujo a mejoras considerables en las propiedades físicas y mecánicas, aspectos que dentro de un marco económico aceptable ocuparon recursos y un tiempo importante hasta que entrado el año 1949, se montó en Alemania la primera planta de su tipo con capacidad de 20 m<sup>3</sup>/d. En el año 1950 la capacidad de diseño comenzó a incrementarse y a partir del año 1969 ascendió a 150 y 170 m<sup>3</sup>/d, posteriormente se lograron capacidades productivas entre 300 y 400 m<sup>3</sup>/d y actualmente ya superan los 1000 m<sup>3</sup>/d. Este inmenso desarrollo, ha estado sustentado en las necesarias y continuas mejoras en la maquinaria y una radical profundización en el proceso productivo, dentro del cual la eficiencia del prensado continuo ha tenido una enorme influencia.

El diagrama de flujo más general para la tecnología de tableros de partículas, se muestra en la figura 15. El cual ha sido diseñado a los efectos prácticos de este trabajo, sobre la base de aprovechamiento del bagazo de la caña de azúcar; en el mismo aparecen incorporadas dos etapas tecnológicas de sumo interés para la calidad del producto; estas son el proceso de desmedulado (separación del tejido parenquimatoso de la fibra) y el almacenamiento específico dirigido a garantizar la materia prima suficiente para mantener la producción activa durante el receso de la zafra azucarera.

**Figura 15.** Diagrama de bloques de la producción de tableros de partículas.



La tabla 13 muestra <sup>(2)</sup> el surgimiento y desarrollo de los tableros de partículas en el mundo durante los primeros 20 años de producción, destacándose en la misma los sectores más desarrollados por regiones geográficas. En el contexto del epígrafe se amplía sobre el comportamiento sostenible de la tecnología y su mercado en el tiempo.



**Tabla 13.** Producción de tableros de partículas (1950-1973).

Región	Producción				Crecimiento promedio		% del total mundial			
	1950	1960	1970	1973	1950 / 60	1970 / 73	1950	1960	1970	1973
	(miles de m <sup>3</sup> )				Año					
Norteamérica	10	521	3,405	6,869	20,6	26,4	50	17	18	22
Europa	10	2,211	12,308	19,329	18,7	16.2	50	72	64	61
Japón		77	350	645	16,3	22.6		3	2	2
URRS		157	1,994	3,120	28,9	16.1		5	10	10
Asia (*)		25	227	332	24,7	13.5		1	1	1
Latinoamérica		41	558	716	29,8	8.7		1	3	2
África		30	113	143	14,2	8.2		1	1	1
Oceanía		9	318	394	42,8	7.4			1	1
<b>Mundial</b>	<b>20</b>	<b>3,072</b>	<b>19,272</b>	<b>31,548</b>	<b>20.2</b>	<b>17.9</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Fuente: FAO. *Symposium World Consultation on Wood – Based Panels. Feb 1979.*

(\*) Excluye a Japón.

La tabla muestra el vigoroso despuntar de la tecnología en 1950 y cómo de forma tan temprana, tanto en Norteamérica como en Europa, no se hizo esperar el rápido desarrollo de la misma, mostrando ya en la década del 60, del pasado siglo, que Europa acaparaba el 72 % del total de la producción mundial, volumen muy superior al de cualquier otra región que pudiera considerarse en competencia, dentro de este sector productivo de los aglomerados.

El año 2000 fue considerado como excepcional en la producción de los paneles de partículas y a su vez, marcó el punto de comienzo de su decadencia. Esto lo vemos reflejado en la evolución productiva de la Unión Europea, donde solamente en el año 2001 se produjeron 32,7 millones de metros cúbicos, que en comparación con el año anterior representara una caída del 3,4 %.

Se debe reconocer que la producción de paneles de partículas representa para cualquier investigación un reto de grandes dimensiones, más que en cualquier otra producción relacionada con el tema de los productos aglomerados, fundamentalmente a causa de la gran cantidad de instalaciones existentes en el mundo y de las muchas variantes que en ellas podemos encontrar. De acuerdo con WBPI <sup>(6)</sup>, se planteó realizar un levantamiento de las plantas del mundo tratando de asociarlas acorde a determinados parámetros (dentro del límite de las complicaciones que ello implica), y obligó, por su envergadura, a establecer bases de análisis muy particulares por lo engoroso de la temática. Estas bases se fundamentaron en los siguientes aspectos:

- Especificaciones y capacidades de los equipos
- Tipos de prensas y fabricantes
- Dimensiones de las prensas

Destaca la fuente que solamente en relación a los tipos de prensas, los especialistas analizaron más de 4 variantes constructivas (Mende<sup>(\*4)</sup>, aberturas múltiples (multiplatos), monoplatos y continuas, entre otras) y dentro del universo de fabricantes; Bisson, Becker & van Hulen, Compak, Motala, Siempelkamp y Dieffenbacher, por referirse solo a los de mayor prestigio y antigüedad en la industria. Resultó tan complicado, extenso y específico que derivó solo el interés para los productores.

La producción de este tipo de panel se tratará de exponer igualmente por regiones geográficas, destacando, dentro de cada una, de ellas los exponentes más relevantes. Las tablas que aparecen a continuación facilitan este análisis.

**Tabla 14.** Producción de tableros de partículas en América del Norte.

Países	No. de plantas	No. de líneas	Capacidad (x 100 m <sup>3</sup> )	Línea promedio (m <sup>3</sup> )
US	44	52	9432	181000
Canadá	12	16	3522	220000
México	8	9	937	104000
<b>Total</b>	<b>64</b>	<b>77</b>	<b>13891</b>	

**Tabla 15.** Producción de tableros de partículas en la Unión Europea.

Países	No. de plantas	No. de líneas	Capacidad (x 100 m <sup>3</sup> )
Austria	6	12	2427
Bélgica	7	14	3340
Dinamarca	1	1	350
Finlandia	3	3	650
Francia	17	19	4116
Alemania	24	24	8892
Grecia	5	7	510
Irlanda	1	1	140
Italia	24	25	4605
Portugal	4	4	1085
España	16	18	2956
Reino Unido	8	12	3050
<b>Total</b>	<b>122</b>	<b>146</b>	<b>32931</b>

La Unión Europea se destaca por poseer líneas de capacidad (promedio) ascendente a 229 mil metros cúbicos por año, que operan bajo tecnologías y maquinarias muy modernas. Holanda es el único exponente que no posee capacidades instaladas para esta producción.

(\*4) Por ser una expresión productiva que se realiza en Cuba, se amplía la información sobre la tecnología de producción, en la cual se emplea dicho tipo de prensa.



**Tabla 16.** Producción de paneles de partículas en Europa (no incluidos dentro de la UE).

Países	No. de plantas	No. de líneas	Capacidad (x 100 m <sup>3</sup> )
República Checa	3	3	840
Estonia	2	2	150
Lituania	2	2	180
Latvia	2	2	200
Noruega	5	5	475
Eslovenia	3	3	200
Eslovaquia	2	2	380
Suiza	2	2	600
Turquía	25	27	1800
Polonia	8	9	2840
Hungría	2	2	440
Rumania	7	7	500
Rusia (*)	29	29	2500
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>95</b>	<b>11105 (estimada)</b>

(\*) Se reportan parámetros poco confiables no solo en cuanto al número de plantas sino también referidos a las capacidades de las mismas.

En sentido general, se plantea que Turquía, Suiza y Polonia se destacan dentro de este conjunto de países en cuanto a la modernidad de las maquinarias, tecnologías y elevadas capacidades de sus plantas.

Las perspectivas de esta tecnología, en cuanto al crecimiento regional esperado para el 2003, se establecen según la tabla 17.

**Tabla 17.** Perspectivas de crecimiento regional mundial.

Países	Capacidad (x 1000 m <sup>3</sup> )
América del Norte	15918 (*)
UE	35126 (**)
Europa	11405
<b>Total</b>	<b>62339</b>

(\*) Crecimiento sobre la base de fibras agrícolas.

(\*\*) Dependiente del posible cierre de una planta alemana.

Puede apreciarse que independientemente del crecimiento establecido en otros sectores de los productos aglomerados tales como los OSB y los MDF, los tableros de partículas, aún en el 2003, mantenían vigencia en el ámbito mundial, producto de sus amplias posibilidades de uso, muy particularmente los dirigidos a la construcción de muebles, presentando una tasa de crecimiento anual promedio por grupos de países como aparece en la tabla 18.

**Tabla 18.** Incrementos anuales de tableros de partículas.

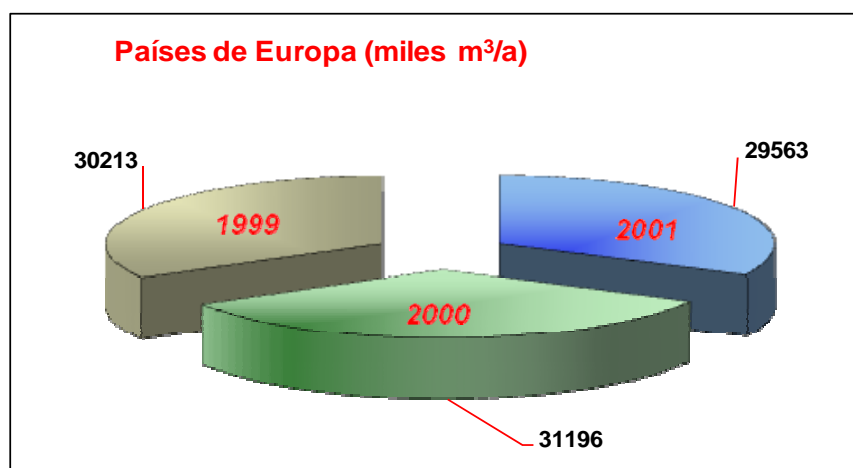
Grupos de países / años	Incrementos en (%)			
	2000	2001	2002	2003
América del Norte	-	3,17	3,28	6,5
UE	-	4,2	2,1	0
Europa	-	2,6	0	0
<b>Total (x 1000 m<sup>3</sup>)</b>	<b>57927</b>	<b>60227</b>	<b>61364</b>	<b>62399</b>

Fuente: *Wood Based Panels International* (Octubre / Nov 2001).

En la tabla se observa cómo en América del Norte los tableros de partículas presentaron un incremento sostenido en el trienio 2001 – 2003, equivalente en su totalidad casi al 13 % a pesar de poseer, en el mismo espacio de tiempo, el mayor potencial productivo de los OSB. Comparativamente la UE, manifestó un modesto incremento productivo.

La figura 16 presenta el consumo aparente del conjunto de países europeos en metros cúbicos por año. Cuando se analiza el potencial instalado y el consumo aparente (sin considerar la posible saturación del mercado “de lo cual no existe manifestación alguna hasta el presente”), puede inferirse la existencia de un posible inventario de productos en almacenes, que potencialmente ha podido ser el causante de la contracción en la demanda del sector industrial para este tipo de panel, anteriormente expresada en la tabla 18.

**Figura 16.** Consumo aparente de paneles de partículas en Europa (año 2001).

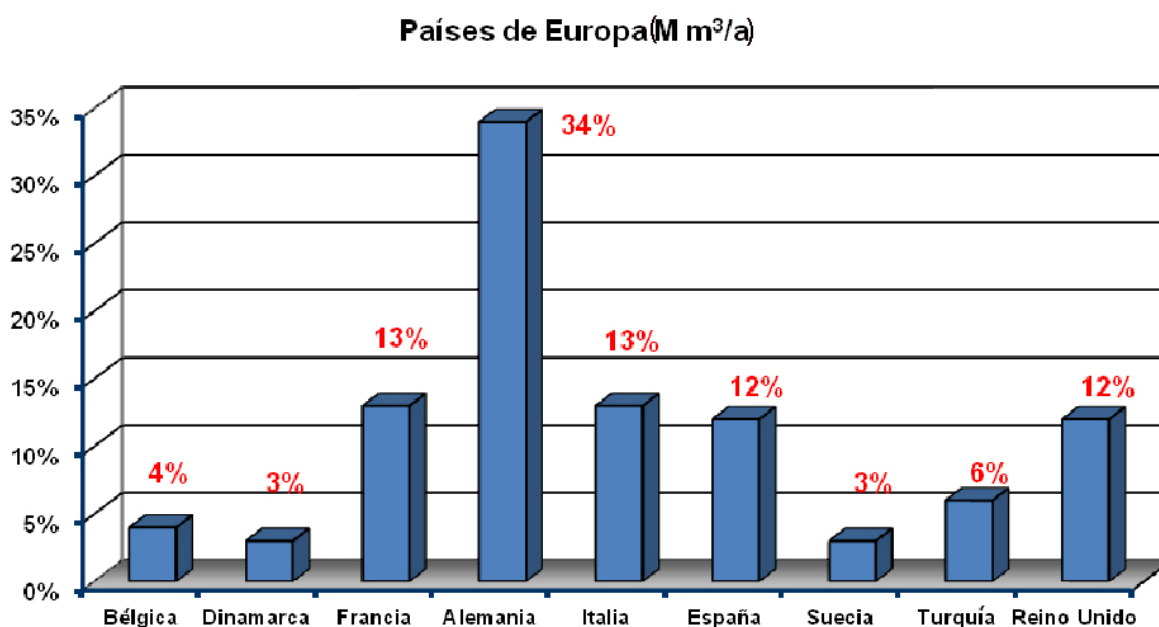


Conceptualmente, aunque lo anterior puede de alguna forma corresponderse con la realidad de esta producción y su mercado, existe el criterio de que la influencia ofrecida por el auge productivo de los OSB, ha tenido una importante repercusión en este mercado, panel, que para determinadas aplicaciones posee propiedades físico mecánicas similares o superiores a los

tableros de partículas y que como novedad productiva apareció más recientemente, con marcada fortaleza en el mercado.

Los países que más se destacan en el consumo de los paneles de partículas, aparecen reflejados en la figura 17, entre los cuales se tomó como caso de estudio, dentro de esta tecnología a Alemania, país considerado como el máximo productor de tableros de partículas en Europa con una producción de 889,2 mil metros cúbicos por año, y a la vez, se destaca como el máximo consumidor con una demanda de 869 mil metros cúbicos para igual período, esto sugiere la idea, que aparentemente no quedan remanentes de producción, cualquiera sea su grosor o tipo de acabado. El movimiento de la producción transita desde el panel como materia prima hasta formas terminadas con valor agregado, acorde a la solicitud del mercado que atienden.

**Figura 17.** Principales consumidores de paneles de partículas de Europa.



Dentro de la expansión de los productos aglomerados (por referirnos al genérico que engloba toda la industria) registrada en todo el mundo, tomamos como caso de estudio a Turquía por considerar su proceso como uno de los exponentes más notables en el período, que ya en el 2004 se ubicaba como segundo en Europa, acorde a su potencial productivo, superado solamente por Alemania, el mayor productor del mundo. La tabla 19 <sup>(13)</sup> ratifica esta idea, en ella solo aparecen las instalaciones que fueron contratadas a la firma alemana Siempelkamp, quizás de haber contado con idéntica información de otros miembros del sector de la competencia, se hubiera tenido una idea más completa de su perfil productivo. Además se presentan otros datos de interés tales como; año de instalación, capacidad instalada, tecnología de producción y tipo de prensa empleada que nos confiere una idea más precisa sobre el potencial de este país.

**Tabla 19.** Incremento de la producción de aglomerados en Turquía.

Año	Nombre de la instalación y localización	Tipo de tablero	Capacidad	Tipo de prensa
1966/1967	Sunta Tahta Sanayi TAS, Istanbul	Particulas	60	Multiplatos (3)
1969	Sunta Tahta Sanayi TAS, Istanbul-Erweiterung	Particulas	100	Multiplatos (4)
1969/1970	Kastamonu Agac Sanayive Ticaret A.S., Istanbul	Particulas	130	Multiplatos (4)
1972/1974	Tever Agac Sanayive Ticaret Isletmeleri A.S., Istanbul	Particulas	110	Multiplatos (4)
1975	Kastamonu Agac Sanayive Ticaret A.S., Kastamonu II	Particulas	270	Multiplatos (5)
1976	Somedogiu orman Urunlerini Degerlendirir me Sanayi ve Ticaret A.S., Tarsus	Particulas	140	Multiplatos (4)
1976	Tever Agac Sanayi ve Ticaret Isletmeleri A.S., Istanbul-Ext	Particulas	220	Multiplatos (8)
1976	Yonsan Ege Ytonga, Izmir	Particulas	240	Multiplatos (8)
1977	MKE Marangoz Fabrikasi, Ankara	Particulas	150	Multiplatos (4)
1977	Ceritoglu, Kastamonu	Particulas	140	Monoplato
1977	Yidiz, Ganziantep	Particulas	150	Trey belt plant
1978/1979	Cumorsan, Tarsus	Particulas	140	Monoplato
1978	Santa Tahta Sanayi TAS, Istanbul-Reorganisation	Particulas	180	Multiplato (4)
1984	Camsan, Ordu	MDF	350	Multiplato (10)
1994/1995	Starwood, Inegol	Particulas	1000	ContiRoll 8' x 23,5 m
1996/1997	Yildiz Sunta, Izmit	MDF	400	ContiRoll 8' x 23,5 m
2001	Yildiz Entegre (Kimya), Koceali	MDF	1000	ContiRoll 7' x 55,3 m
2002	Kastamonu, Gebze	MDF	370	ContiRoll 7' x 20,5 m
2002	SFC, Kastamonu	MDF	500	ContiRoll 7' x 20,5 m
2002	Campsan, Adapazaei	MDF	600	ContiRoll 8/6' x 27,1 m
2002	Taverpan, Cerkezkoy	MDF	550	ContiRoll 7' x 27,1 m
2003	Starwood, Sevim	Particulas	1950	ContiRoll 6' x 47 m

De la tabla se pueden extraer algunos elementos de interés:

1. Dedicaron doce años (1966/1979) a un fuerte impulso en la producción de tableros de partículas para alcanzar un volumen de producción ascendente a 1850 m<sup>3</sup>/d. Quince años después, con el montaje de solo dos instalaciones de nuevo tipo, incrementaron su potencial a 2950 m<sup>3</sup>/d, lo que representó un salto productivo equivalente al 37 %.
2. El incremento productivo resultó sustancial, las prensas de nuevo tipo así lo garantizaron, reafirmandose que a partir del año 1994 todas las inversiones sustentaron el uso de prensas continuas, tendencia que se mantiene como preferencia en el ámbito mundial.
3. Destinaron dieciocho años para el desarrollo de la producción de MDF alcanzando un potencial productivo ascendente a 3770 m<sup>3</sup>/d.

Podemos concluir de lo anterior, que los tableros de partículas no tendrán en la actualidad un auge productivo tan importante como los MDF; sin embargo, se mantienen dentro del mercado de los aglomerados fielmente representado a través de las inversiones que se han realizado en casi todos los países del mundo.

En relación a sus aplicaciones, se mantiene su fortaleza en la producción de muebles, aunque se emplean con cada vez más fuerza, las mezclas de materiales producidos a través de

diversas tecnologías, aprovechando las mejores propiedades de cada uno de ellos, medida encaminada tanto al incremento de la calidad como a la reducción de los costos de producción. Un ejemplo clásico de lo anterior está caracterizado por la sustitución de los fondos de gavetas y cubiertas posteriores de muebles, confeccionados anteriormente con tableros de fibras del tipo duro, y que actualmente son posibles de lograr por tecnologías de prensado continuo de MDF o por los propios tableros de partículas finos, lo cual le brinda a estos tableros segundos aires.

### **Tableros de partículas de espesores finos “Mende”**

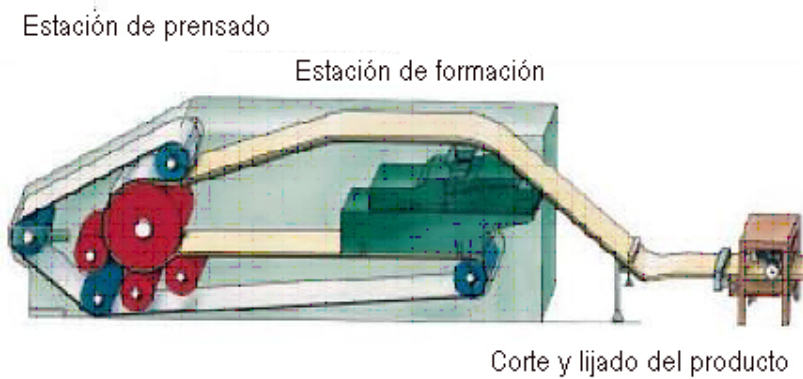
Esta tecnología de producción de tableros de partículas, tal cual estaba definida en la década del 70, constituía una nueva expresión en cuanto al proceso productivo que se ha comentado hasta el momento, no así con respecto a la preparación de las partículas, aspecto que permaneció aproximadamente en los estándares medios planteados para las partículas de las capas centrales y superficiales. Existían algunas restricciones en cuanto a los contenidos de humedad del material que llega a formación y la reactividad de la resina. La formación transcurre tal cual un tablero de partículas de tres capas, logrado por formación neumática por el método continuo. Por lo tanto, las diferencias más notables están reservadas para el proceso de prensado. Los espesores a lograr, con esta tecnología, se encuentran restringidos al entorno comprendido entre 3 – 6 mm (aunque se logró producir establemente hasta 8 mm) y una capacidad de diseño de 130 m<sup>3</sup>/d (23 horas) (\*5). No se impone, por la altura del colchón, como hasta el momento, la necesidad de preensar el colchón en un equipo independiente, sino que la propia prensa resuelve la compactación previa, expulsando el aire del colchón antes de entrar en la zona caliente.

La prensa para esta tecnología, rompe todos los esquemas hasta el momento presentados; emplea una banda metálica fina y pulida especularmente, que conduce el material desde la formación hasta la salida de la prensa y emplea para el prensado un sistema de tambores que aparecen en color rojo y donde se resalta el tambor principal (en mayor medida en la figura 18) y un grupo de tambores de menor diámetro en color azul, que se emplean para mantener la tensión de la banda, el enfriamiento, según el caso, y la zona de trabajo.

---

(\*5) Período normal de explotación productiva para las plantas de tableros.

**Figura 18.** Esquema funcional del sistema Mende.



Se aprecia que la línea resulta tan compacta como le permite la zona de enfriamiento y expansión del tablero, de lo contrario se presentarían deformaciones de carácter irreversible en el producto final.

La figura 19 muestra esta línea única en Cuba, montada en la planta de tableros “Jesús Menéndez”. Similares a esta, se mantienen en explotación otras en China, México y Colombia, mas su empleo a escala mundial no pertenece a la franja de preferencias del mercado y por lo tanto los productores tampoco están montando líneas nuevas.

**Figura 19.** Línea de formación y prensado tecnología Mende.



La velocidad de prensado seleccionada para 6,4 mm de espesor y anchos de calandria de 1,22 o 2,44 m, se encuentra en el entorno de 4,6 a 27 m/min, lo cual da una idea de la productividad de este sistema cuando se compara con el de prensas multipisos.

El tablero a la salida de esta rampa, ya sufrió el enfriamiento y expansión necesarios para evitar deformaciones, pero igualmente ya cuenta con la rigidez suficiente para no poder transitar por superficies curvas. Por lo tanto, a partir de este momento, será seccionado a las dimensiones pactadas por contratación y lijado por ambas caras.

La desviación en los espesores obtenidos posprensado y la calidad de las superficies dependen en gran medida del estado técnico de la banda metálica (de la cual solo existen en el mundo un par de suministradores) y del rodillo de prensado. A tales efectos, la línea posee por diseño un mecanismo destinado a la rectificación de la superficie, sin embargo, el espesor de recuperación superficial está medido en solo unos milímetros, los cuales han sido tratados térmica y químicamente a fin de resistir los inmensos esfuerzos a los cuales está sometido en la operación de prensado, entre los cuales la abrasión es uno de ellos.

De manera general, estos tableros no se pueden recubrir mediante los métodos de folios o papeles melaminados so peligro de deformarles (hay opiniones contrarias al asunto), mas en sentido general, sí pueden estar sometidos a terminaciones de pinturas, lacas o barnices a elegir por el cliente. Su superficie puede resultar lo suficientemente lisa después del prensado y ser mejorada con el lijado, por lo tanto esta apreciación es totalmente posible.

A pesar de que para el año 1977<sup>(81)</sup> Maloney señalara la existencia de 55 instalaciones, el auge de la tecnología decayó ante el empuje ofrecido por la continua tipo *ContiRoll* señalada en la figura 9. En la actualidad, solo quedan algunas instalaciones de este tipo en el mundo, que potencialmente<sup>(\*6)</sup> pueden estar localizadas en China, México y quizás Colombia.

## Tableros de partículas orientadas "OSB"

Hasta este capítulo se han analizado los paneles que conceptualmente se emplean en la industria del mueble y en determinadas aplicaciones en el sector de la construcción. Sin embargo, ninguno de estos aglomerados posee características estructurales; por lo que valdría la pena ampliar este concepto, a fin de que no queden dudas en relación a esta clasificación:

- Tableros estructurales: clasifican los contrachapados (*plywood*), los *waferboard*<sup>(16, 17, 21)</sup> (fabricados con partículas de madera en forma de virutas) y los OSB (producidos a partir de virutas orientadas en camadas de forma perpendicular). Los contrachapados estructurales y los OSB son utilizados en la industria de la construcción y del embalaje, siendo la rigidez la principal propiedad de este tipo de tableros.

---

(\*6) Consulta realizada a especialistas de Dieffenbacher por el propio autor.

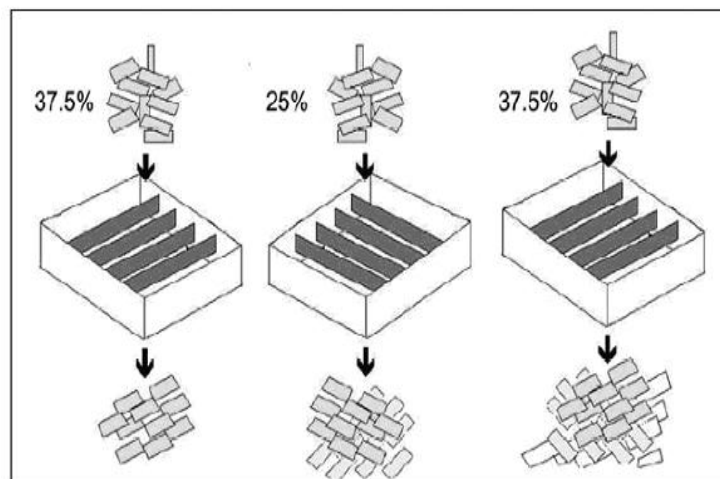
- *Tableros no estructurales*: se emplean en la industria del mueble, encontrándose los tableros de contrachapado decorativo, los de fibras duros y MDF, así como los de partículas.

Los *waferboard* (WB) y los *Oriented Strand Board* (OSB) <sup>(21)</sup> pertenecen al conjunto de paneles conocidos bajo la denominación de *Flakeboard*, o virutas; si se traduce el término al español <sup>(\*7)</sup>. Sus antecedentes datan de la década del 50, y no fue hasta 1978 que alcanzaron el grado de producción industrial. Originalmente las partículas no eran orientadas, sin embargo en 1989, la mayoría de las plantas transformaron la etapa de formación para lograr esta condición en cada capa y surgieron de esta forma los OWB (*Oriented Waferboard*). Una posible forma de lograr la orientación de las diferentes capas del tablero es como se muestra en la figura 20.

Este panel ha reemplazado eficazmente otros productos aglomerados dentro del nuevo tipo de construcciones residenciales en los Estados Unidos, al punto, que es reconocido como de iguales propiedades en idénticos rangos de espesores al *plywood* en todas sus posibles aplicaciones. Han sido diseñados igualmente como sustitutos de la madera rolliza, solución presente en la actualidad en los cinco continentes y ha demostrado durabilidad, excelentes cualidades para las labores constructivas y adecuados coeficientes de aislamiento térmico y acústico.

Su aparición <sup>(18)</sup> se remonta a la década de los 60 cuando por iniciativa de su inventor, la compañía manufacturera Elmendorf, Claimont, New Hampshire, trató de comercializarlo. Fue la primera empresa en producirlo en los Estados Unidos pero no alcanzó el éxito esperado. En los años 80 se comenzó a fabricar en serie, tanto en EE.UU. como en Canadá.

**Figura 20.** Esquema conceptual de la máquina formadora para OSB.



(\*7) En muchos casos la terminología inglesa precede al conocimiento del producto y no resulta indispensable la traducción al idioma español.



En la actualidad <sup>(17)</sup> el 95 % de las viviendas de los Estados Unidos y Canadá se construyen bajo este sistema, debido a su menor costo (frente a la mampostería), mayor rapidez de construcción, excelentes características de habitabilidad y resistencia a las variaciones de temperatura, que enfrentan esas latitudes. En Canadá, y en particular la provincia de Quebec, ocupa el primer lugar en producción de tableros OSB y de partículas, con 14 plantas que ofrecen trabajo a más de 2 000 personas; de hecho, en el 2002, produjeron cerca de 4 millones de metros cúbicos de tableros, de los cuales el 44 % fueron OSB y el resto fue un acumulado entre los tableros de partículas, MDF y HDF.

El destino del producto es variado, acorde a la solicitud de resistencia y sobre la base de ello se aplica uno u otro tipo de agente encolante. Los mismos son como se especifica a continuación:

- *Para pisos:* Tableros con cantos machihembrados y superficies calibradas, que aportan una superficie apta para la aplicación de distintas terminaciones como alfombras, pisos de madera directos y otros.
- *Con aditivos especiales:* Tableros desarrollados para lugares que requieran una protección superior contra termitas y pueden usarse tanto para estructuras como para pisos.
- *Resistencia física adicional (intemperie):* Tableros acanalados cada 102 o 204 mm (4 u 8 pulgadas), con recubrimiento en los bordes. Su superficie exterior tiene una textura que imita al cedro, con un preimprimado que les permite ser pintados fácilmente. Estos tableros son tratados con diferentes preservantes que los hace resistentes al deterioro producido por hongos e insectos que tradicionalmente atacan a la madera.
- *Moldes para concreto:* Corresponde a otra familia de productos diseñados específicamente, para ser utilizados como moldes para concreto, estos tableros cuentan con adhesivos y aditivos especiales que los hace resistentes a la humedad propia de los encofrados.

Técnicamente el criterio de formación es quien establece las diferencias entre los WB y los OSB, en este último, como consecuencia de la orientación específica de las capas o camadas de material encolado que conforman el producto final. Los procesos posteriores de prensado, cortado y si se requiere, de terminación, son comunes dentro de toda la industria de los tableros, para finalmente empacarse y transportarse a su destino.

La madera, que consecuentemente al método de preparación en forma de virutas, resulta específica para esta tecnología, es dimensionada de manera general como unidades de 38 mm de ancho, 76 a 150 mm de longitud y 0,7 mm de espesor, material que por medio de la clasificación (común a casi todas las tecnologías de tableros), las selecciona para ser empleadas tanto para las capas superficiales como la central. La superficie, característica de este tipo de panel, es como se muestra en la figura 21. Las garantías de la formación dirigida se logra gracias a la geometría del material empleado, de aquí que se hayan desarrollado maquinas específicamente para este fin.

**Figura 21.** Superficie característica de los OSB.



La producción de los OSB, industrialmente realizada, a la usanza de distribución en tres capas, se logró en 1980. Esta asemeja la elaboración del *plywood* por la deposición transversal de las fibras entre capas, lo que proporciona el incremento de su módulo de ruptura a la tracción (MOR) con valores muy superiores a cualquiera de los productos con deposición aleatoria de material. Estos presentan densidades que abarcan desde 500 hasta 750 kg/m<sup>3</sup>, y emplean adhesivos resistentes al agua. Los espesores engloban desde 9 hasta 38 mm, lo que permite su uso en diferentes tipos de elementos como producto de tipo estructural y factible de emplearse tanto en componentes interiores como exteriores.

En la actualidad se consideran muy seriamente como sustitutos del *plywood*, los que a mediados de la década del 80, acumulaban hasta un 80 % de la demanda total de paneles estructurales <sup>(5)</sup>.

Desde el punto de vista material, pueden elaborarse empleando tanto maderas suaves (pinos, abetos y píceas) como duras, entre las cuales resulta más común el álamo. El proceso productivo, permite realizar modificaciones como es el caso de emplear distintos encolantes para diferenciar las capas superficiales de la interior, aun cuando implique garantizar otras operaciones del material por separado. El secado del material generalmente se encuentra en el entorno de 4 y 10 % de humedad (b.s.).

Las resinas más empleadas son fenol formaldehído y las cadenas de uretano, conocidas también como isocianatos, las que a pesar de introducir componentes superiores al costo del panel, proporcionan ventajas adicionales en cuanto a la resistencia a la humedad y a las propiedades físico mecánicas, que permitirían reducir la densidad del producto final, sin detrimento de las propiedades y equilibrar el costo por el insumo de madera. Emplean otros aditivos como los agentes hidrófugos, ignífugos u otros, acordes a las propiedades deseadas en el producto final, comunes dentro de la industria de los aglomerados.

Las tecnologías tradicionales de construcción de viviendas en los Estados Unidos consumen un volumen correspondiente a casi las dos terceras partes del total de los paneles

producidos (*plywood* de madera blanda y los OSB). Canadá, con métodos constructivos de viviendas muy similares o iguales, conjuntamente con EE.UU., generaron a partir del año 1999, un cambio sustancial en el mercado de estos productos.

La tabla 20 <sup>(20)</sup>, muestra las propiedades comparativas de los OSB en relación a los *plywood* (compensado), tableros de partículas y los MDF.

**Tabla 20.** Propiedades físico mecánicas comparativas entre algunos aglomerados.

	Compensado	Masisa OSB	Agglomerado	MDF
Resistencia	Media	Media	Media	Media
<b>Paralelo</b>				
MOE (MPa)	5100	5200	1770	2060
MOR (MPa)	43,9	35,5	12,3	23,5
<b>Perpendicular</b>				
MOE (MPa)	3660	3407	1770	2060
MOR (MPa)	39	25,8	12,3	23,5

Fuente: IPT / SP y CETEMO / RS

Como desventajas generales, este tablero presenta las mismas que cualquier producto de la madera: combustibilidad, variación dimensional frente a cambios en la humedad y susceptibilidad al ataque de insectos y hongos, aunque estos aspectos pueden controlarse hasta cierto punto a través de sistemas de protección adecuados.

La figura 22 muestra una línea de formación y prensado para esta tecnología; en específico se aprecia el transportador de la formadora, la pre prensa, así como también algunos paneles apilados en almacenamiento tecnológico.

**Figura 22.** Prerensa para paneles OSB.



La tabla 21, proporcionada por la firma Lowes <sup>(77)</sup>, posee un interesante carácter orientador al proponer usos adecuados para los tableros hasta aquí analizados.

**Tabla 21.** Usos adecuados para MDF, aglomerado (TP) y OSB.

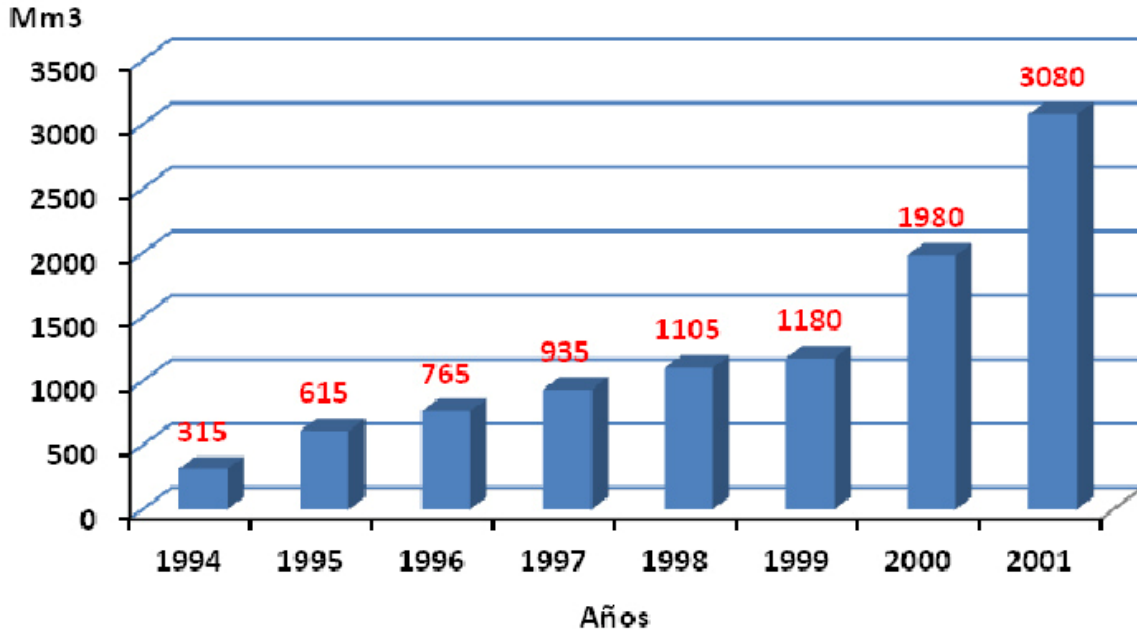
	<b>MDF</b>	<b>Aglomerado</b>	<b>OSB</b>
<b>Usos</b>	Muebles, estanterías, gabinetes, molduras.	Muebles, bases de piso, bases de cubiertas de gabinete.	Revestimientos, bases para pisos.
<b>Cortar y dar forma</b>	Se corta fácilmente con todas las herramientas eléctricas. No se desgarran.	Se corta con cualquier herramienta eléctrica. Moderada resistencia al desgarre.	Se puede cortar con cualquier sierra eléctrica. Como este producto es una hoja o panel para estructuras, no sirve para darle forma, ni ser lijado ni otras operaciones similares.
<b>Acabados</b>	Laminado, enchapado, pintado.	Laminado, enchapado.	La pintura y la pintura base se adherirán al OSB. Sin embargo, la hoja está diseñada para usos como revestimiento de contrapiso o de techo, y no necesita acabado.
<b>Disponibilidad</b>	Hojas de 49" x 97", de 1/2" a 3/4" de grosor. Estantes pre cortados de 4' a 8' de largo, varios anchos, 3/4" de grosor, acabados y sin acabar. Molduras de 8' a 16' de largo.	Paneles de 4' x 8', de 1/2" a 1" de grosor. Tablas, de varios tamaños, pre cortadas para estantes.	Paneles de 4' x 8', de 1/4" a 3/4" de grosor. Disponibles también en paneles machihembrados.

Se opina que para los Estados Unidos, este producto ha sido el mayor aliado y la mejor alternativa de empleo de la madera para el sector de la construcción, en la medida que ha demostrado ser un producto seguro, con buen desempeño, que cubre rápidamente grandes áreas y provee solidez y rigidez a la armazón durante el levantamiento. De hecho, el tablero ha cumplimentado la mayoría de los códigos de construcción en el mundo. El historial de la capacidad productiva lograda en América del Norte (es decir, Canadá y los Estados Unidos juntos) se muestra en la figura 23, mientras que la de Europa aparece en la 24 y ambas permitirán establecer comparaciones.

En sentido general, estas construcciones con OSB y otras similares, emplean una gama de productos aglomerados con la finalidad de lograr acabados superficiales de forma directa. En tal sentido se aplican con mucho éxito los aglomerados tomando como base el yeso que sin implicar

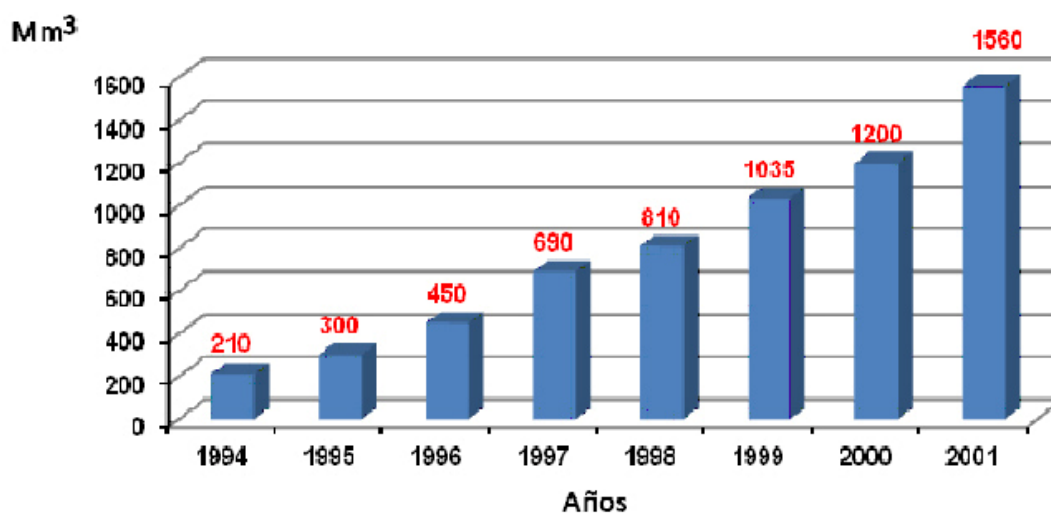
grandes gravámenes económicos, adelantan las construcciones al evitarse la aplicación de finos, estucados y otras formas de acabados superficiales.

**Figura 23.** Capacidad de producción de OSB en América del Norte.



Estados Unidos es el principal productor mundial de este producto y sus mayores exportaciones se realizan hacia Canadá, país capaz de asimilar hasta el 98 % de las mismas, aún y cuando, solo la provincia de Quebec posee un potencial productivo inmenso en producción de tableros OSB, con 14 plantas que ofrecen trabajo a más de 2 000 personas. De hecho, en el 2002, produjeron cerca de 4 millones de metros cúbicos de tableros de los cuales, el 44 % fueron OSB y el resto se distribuyó entre TP, MDF y HDF. Europa, según la figura 24, ha mostrado un progreso más lento en esta tecnología, en el año 2001 se registró un consumo de OSB incrementado en 29 %, potencial que corresponde a 1,4 millones de metros cúbicos, lo que de forma coyuntural, unido al creciente uso de productos de orden doméstico, y coincidentemente con el alza de las exportaciones, provocó una considerable disminución en las existencias estimadas para finales del año analizado.

**Figura 24.** Producción de OSB en Europa.



El simple ejercicio de superposición de las figuras 23 y 24 daría como resultado las significativas diferencias en cuanto a instalación y aprovechamiento de capacidades productivas de este producto. El año 1995 estampó una diferencia notable entre ellas, mostrando un volumen de producción en Norteamérica ascendente a casi el doble, a partir del cual Europa logró igualarse, incrementando sus volúmenes productivos desde 1,1 millones de metros cúbicos por año reportados en año 1999 hasta aproximadamente 2,5; para finales del 2002. Representó un crecimiento promedio anual en el período 1996 – 2002 equivalente al 16 %, de contabilizarse solo hasta el 2001, representaría un incremento del 65 %. Posteriormente, en el período 2001 – 2002, ocurrió una segunda detonación productiva en América del Norte que retomó la cabeza y en términos prácticos volvió a duplicar su potencial en comparación a la producción total europea.

Actualmente, en América del Norte, el uso de estos paneles representa aproximadamente el 70 % de todos los componentes madereros presentes en la construcción de viviendas, entretanto, Europa emplea materiales constructivos diversos, entre los que podemos mencionar los aglomerados con aglutinantes inorgánicos. A causa de ello, las diferencias tan notables en cuanto a demandas y capacidades productivas instaladas.

Debido a este favoritismo por los OSB y otros estructurales, se profetiza que los *plywood* seguirán una tendencia gradualmente decadente hasta fatales consecuencias, a no ser, que ocurra algún cambio en la tendencia del mercado, causado por elementos que hasta hoy se desconocen.

La construcción de viviendas con el empleo de esta tecnología se inició en diciembre de 1999, con el objetivo de superar los 1,6 millones de unidades anuales, récord que fuera establecido por los Estados Unidos solamente 9 años antes. Es de esperar, que este gigantesco ritmo constructivo supere la tasa de crecimiento poblacional y conjuntamente con el agotamiento del área permisible, determine la contracción de este volumen constructivo y con ello, la producción de los paneles asociados a la tecnología. A pesar de ello, el creciente conocimiento de

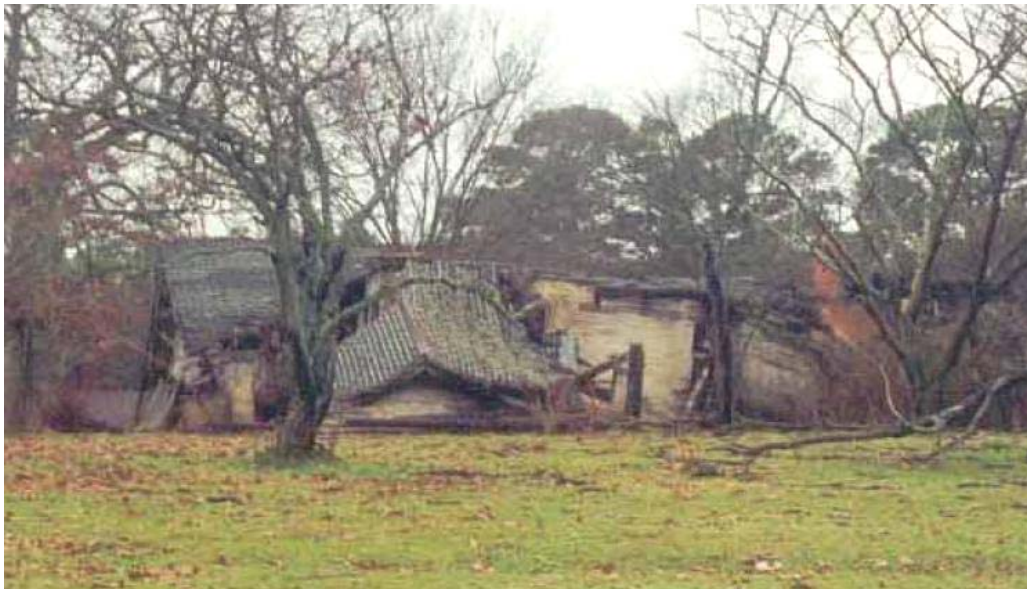


los usuarios en política medio ambiental, ha prendido a través de programas y campañas propagandísticas en las cuales los OSB están siendo beneficiados por las indudables ventajas ecológicas que reporta el empleo de la *panelería*, ante el uso de la madera natural, para estas aplicaciones. No obstante, el simple hecho de garantizar el mantenimiento de todas estas instalaciones asegura un considerable nivel de producción por largo tiempo.

Resulta interesante citar para todos aquellos afectados por las grandes inclemencias climatológicas, algunas de las ideas planteadas en un trabajo sugestivamente titulado; “*Durabilidad de las casas construidas a partir de madera. Lección aprendida de los desastres naturales*”, realizado por la universidad de Minnesota, EE.UU., en el año 2007 <sup>(23)</sup>, en el que se analiza el empleo de los OSB como material estructural en la construcción de viviendas, la importancia del mantenimiento y la necesidad de emplear soluciones tomando como base el cemento en los OSB, en este caso se denominarían MSB (*Mineral Bonded Strandboard*). En este trabajo se muestra claramente cómo los elementos con base cementosa, muestran mayor resistencia a la intemperie que los tradicionales OSB, aglutinados con productos de origen sintético.

La figura 25 muestra una vivienda elaborada con OSB y puede ser un reflejo real del enfrentamiento de la naturaleza con la obra del hombre, en la cual, independientemente de la extrema condición que representó este evento en el sur de los Estados Unidos, induce a pensar en la importancia de los cuidados, atenciones y especificidades de uso para estos productos.

**Figura 25.** Vivienda destruida durante el huracán Katrina, Estados Unidos.

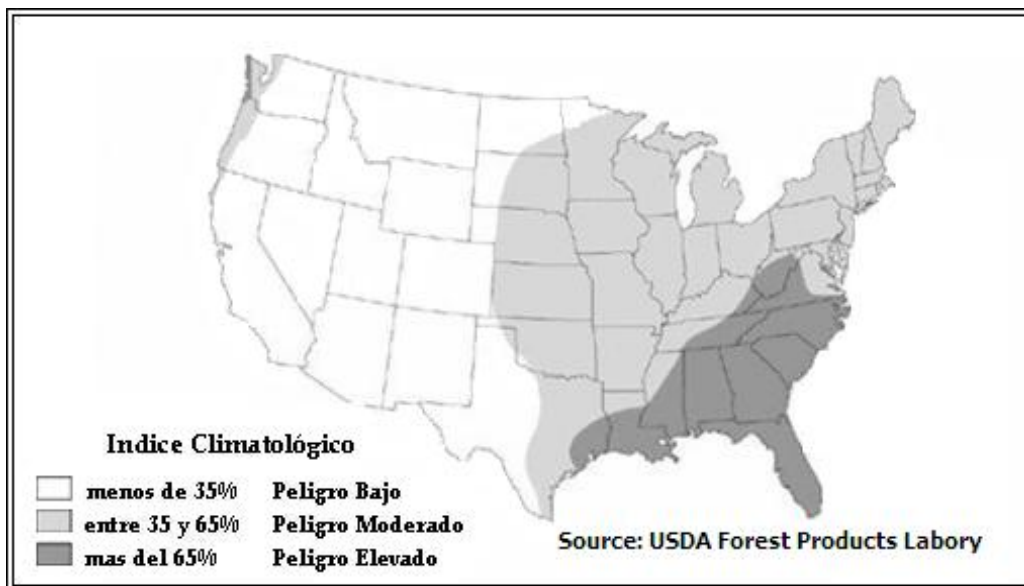


Se establece en el trabajo, que entre los factores que más influyen en la durabilidad de las viviendas construidas por este método, lo constituye el deterioro del material, consecuentemente con los continuos ciclos de humectación y secado de los materiales expuestos a la intemperie. De igual forma, la proximidad de los paneles a la línea de terreno, facilita la acción destructiva

ocasionada por colonias de hongos y bacterias presentes en el suelo, que debilitan de forma considerable el material hasta alcanzar la pérdida de importantes valores de las propiedades sobre cuya base se realizaron los correspondientes cálculos estructurales.

La figura 26 muestra el territorio continental de los Estados Unidos; en la misma, aparecen señaladas tres zonas de caracterización de humedad, parámetro que como se expusiera anteriormente, está catalogado de importancia en la estabilidad de las viviendas construidas a partir de tableros estructurales. De esta figura y a los efectos prácticos para Cuba, se puede tomar como referencia la zona de la Florida, que con humedades superiores al 65 % está considerada de alta peligrosidad para los sistemas constructivos, a partir de resinas sintéticas.

**Figura 26.** Distribución de humedad en el territorio de los Estados Unidos.



A partir del agravamiento del estado de la construcción, que se muestra en el esquema de la figura 27, la resistencia mecánica de los paneles comienza a comprometerse, debido al incremento del contacto natural entre el panel y el ambiente, que unido a la fuerza del viento acompañante, característica devastadora de estos eventos climatológicos, se originan esfuerzos superiores a los normalmente calculados y resistidos por el sistema, compromiso que una vez resquebrajado, conduce irremediablemente al colapso estructural.

Por otra parte, la coexistencia de otros perjuicios a los paneles, a menudo imperceptibles por la localización del panel o como consecuencia de su acción interna, causado por el ataque de hongos y termitas, impone a estos inmuebles, considerados como de bajo costo, la necesidad de un mantenimiento preventivo periódico que asegure su condición técnica. Aquí resulta común el empleo de estructuras herméticas tipo “carpa” a las cuales se le suministra insecticidas, bactericidas o antifúngicos en forma gaseosa, entre otros, con la finalidad de reprimir y/o desaparecer la contaminación.



**Figura 27.** Pared expuesta a los efectos de la intemperie.



Entre las lecciones aprendidas de los eventos climatológicos, el saldo de destrucción en la esfera constructiva y en particular lo que nos ocupa, la aplicación de los OSB a la vivienda, se deduce la imperiosa motivación a realizar un cambio paulatino dentro de esta tecnología y a emplear soluciones tecnológicas más resistentes a la acción de la humedad y que resulten inmunes al ataque de elementos externos, debilidades que caracterizan a estas tecnologías constructivas modernas de bajo costo.

Independientemente de los estragos que muestran el tiempo y las inclemencias climatológicas en estos productos, existe el criterio de que los efectos de la globalización de la producción, caracterizada por la creciente regionalización de la inversión y propiedad, acompañada por sus propagandas respectivas, actúan en dirección plena por coronarse ante la competencia de cada vez mayores espacios de mercado, fundamentalmente en aquellos países donde existen normalmente representaciones de capitales y elección entre las diferentes tecnologías. Esto aunque no carece de racionalidad deja lugar a todo género de dudas, en cuanto a los resultados expuestos y propagandas diseminadas en el mundo.

### **Aplicaciones de los OSB**

Estos productos están destinados a la esfera de la construcción, reconocidamente divididos en cuatro categorías <sup>(18)</sup>, según propiedades mecánicas y resistencia a la humedad: OSB/1, adecuado para uso general y aplicaciones interiores y secas (incluyendo mobiliario); OSB/2, para uso en ambiente seco; OSB/3, ambiente húmedo, y OSB/4, para carga elevada y uso en ambiente

húmedo. Algunos ejemplos de construcciones se ofrecen en la figura 28, que muestra dos modelos de edificación en momentos constructivos diferentes.

**Figura 28.** Construcción con OSB.



En el caso de la figura 29, conjuntamente con los OSB, se ofrece un detalle interesante que se emplea a manera de introducción de otros aglomerados que existen en el mercado a partir de la madera, los *Engineered Wood Products* “EWP”. Estos constituyen en la imagen, la armazón para estos tipos de construcciones, elementos en los que se ampliará más adelante, en el acápite Laminados de la madera.

**Figura 29.** Construcción con OSB y otros EWP.

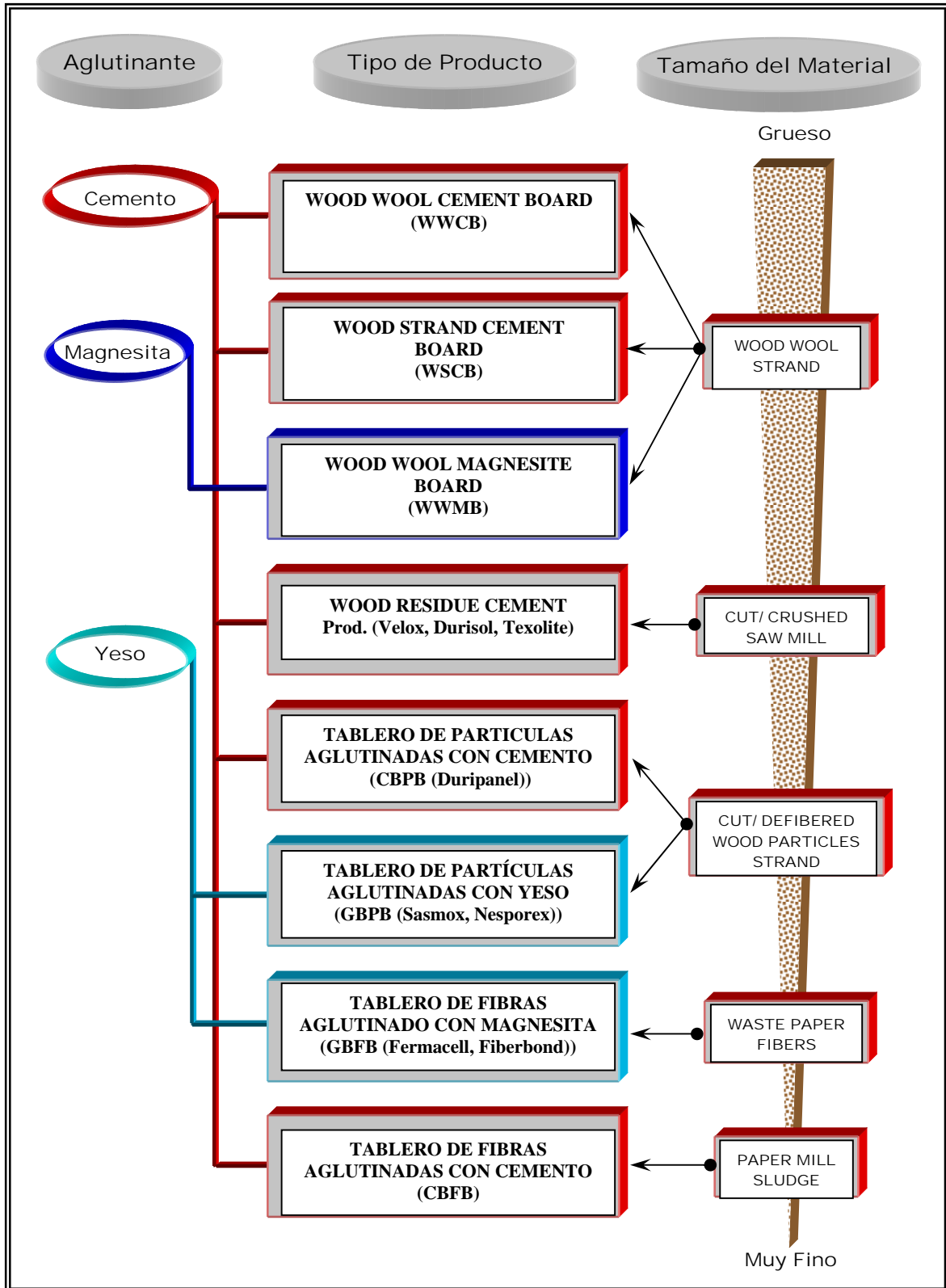


La figura ofrece algunas informaciones de importancia para este tipo de construcciones a partir de madera y paneles ligeros, entre los cuales podemos mencionar cómo las dimensiones que se emplean reducen, en gran medida, el uso de elementos para izar, desaparece casi por completo el empleo de áridos, incrementa el potencial de cubierta y la agilidad de colocación. Entre estas soluciones estructurales se manifiestan los marcos, vigas y viguetas, cada una de ellas cumpliendo una función resistiva, acorde a su posición y objeto dentro del proyecto, se recuerdan conocidos arreglos de carpintería, por lo cual su complejidad es relativamente baja y se ajustan con facilidad, dentro de sus posibilidades, a los más variados proyectos arquitectónicos.

## **Aglomerados con aglutinantes inorgánicos**

A las aplicaciones técnicas y difusión de esta tecnología en el mundo, con toda intención, se le destina un capítulo dentro del conjunto de productos aglomerados, merecido por la conquista de la atención dentro del mercado, fundamentalmente en lo que a la sustitución de materiales de la construcción respecta y en determinada medida, como se mostró anteriormente y se confirma en lo adelante, representan los más fuertes competidores de los OSB. Las producciones que se realizan en el mundo, a partir de los aglutinantes inorgánicos que se emplean a este fin (yeso, magnesita y cemento) son como aparecen en la figura 30. En la tabla, los productos que no se pueden producir a partir de fibras anuales como el bagazo, se mantienen acorde a su nomenclatura en idioma inglés.

**Figura 30.** Producciones con aglutinantes inorgánicos.



Bajo este calificativo de aglomerados con aglutinantes inorgánicos, encontramos una amplia gama de productos e incluso tecnologías que están soportadas sobre una base mecánica muy similar y que tomaron parte del desarrollo de los paneles de partículas, los *waferboard* (WB) y hasta de los propios OSB, de los cuales asimilan algunas operaciones básicas, reservándose a partir del mezclado, las transformaciones tecnológicas más importantes que los caracterizan y diferencian, en relación al resto de los aglomerados.

Existen referencias de que en Austria, alrededor del año 1914, se elaboró el primer panel de tipo estructural acorde a este proceso, empleando magnesita como aglutinante. Para el año 1963, tan solo 49 años después, y precisamente en ese mismo país, ya se producían cerca de 600 mil metros cuadrados de paneles elaborados por la compañía Heraklith<sup>(24, 25, 26)</sup>, la cual llegó a fabricar cerca del 50 % del total de este tipo de material consumido en el mundo. Posteriormente, se amplió la gama de aglutinantes inorgánicos, empleando en 1928 el cemento y después el yeso. En dependencia de la interacción de cada uno de estos aglutinantes y el relleno fibroso empleado, se ostenta un producto cuyas aplicaciones, dentro del sector de la construcción, variarán en función de sus propiedades.

Resulta posible la interacción de diferentes tipos de materiales y rangos de espesores de productos en una misma aplicación en proyectos de vivienda o edificación, respondiendo a requerimientos tan diversos como los devenidos por su uso en techos, paredes interiores, exteriores o hasta los propios pisos. En la actualidad las solicitudes de estos productos han ganado en interés, tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo, por lo que las demandas indujeron a la proliferación de un grupo importante de industrias distribuidas en casi todas las latitudes.

Estos composites clasifican como dos tipos diferentes; los constituidos por partículas de madera y cemento y los de fibras de madera con cemento. La fuente de la madera, igualmente en estos casos, no tiene que responder a madera maciza virgen, pueden emplearse residuos forestales que quedan después del corte, la poda, así como también de producciones agrícolas, que de forma sostenida han ido ganando en popularidad como fuentes alternativas para este fin. Otras composiciones cementosas (no estructurales) contemplan el uso de papel como relleno.

Otra clasificación se deriva de conjugar la tecnología tradicional de los OSB con los aglutinantes inorgánicos, en este caso, el principio de orientación de la fibra daría como resultado un incremento notable en las propiedades mecánicas y muy particularmente en relación al módulo de rotura a la flexión (MOR) en comparación con aquellos cuyas propiedades resultan de la deposición aleatoria de partículas.

Como tecnología de aglomerados, bien a partir de madera o fibras anuales, se establecen denominadores comunes a la industria; comienzan con la preparación del material lignocelulósico que incluye operaciones básicas de reducción de tamaño y clasificación del material fibroso, para posteriormente adicionar adecuadamente los agentes aglomerantes, hidrófugos, ignífugos u otros, que se encargarán de aportar propiedades específicas al producto y que los caracterizan a solicitud del cliente o el uso y culminan con un prensado muy típico y terminación.

Estas tecnologías con aglomerantes inorgánicos como las anteriores, no apelan a reacciones químicas de la resina que involucran la temperatura de la prensa, sino que realizan un prensado en frío hasta alcanzar el grosor solicitado, el cual se mantiene de forma mecanizada hasta que fragüe el aglutinante y se alcance la estabilidad del producto. Para ello se contraen importantes compromisos y se acuden a soluciones tecnológicas propias de esta industria. En dependencia del aglomerante, serán las características del proceso, maquinaria relacionada y hasta el compromiso de propiedades finales, todo lo cual puede tomar hasta 21 días de producción.

Estos composites utilizan en su formulación una gran cantidad de aglomerante, en comparación con las proporciones de madera, bagazo o material lignocelulósico que se asuma en el proceso. En el caso particular del cemento, se emplea normalmente una relación de hasta 3:1 (cemento / fibra), en consecuencia, estos aglomerados poseen una elevada densidad (mayor a  $1300 \text{ kg/m}^3$ ), lo que los hace poco manipulables, algo resistentes al corte, clavado y transportación. Técnicamente resultaría deseable lograr productos de menor densidad reduciendo la proporción de cemento o resultaría igual soportar mayores cantidades de fibra en la formulación, lo cual influiría muy positivamente en la economía del proceso al reducir el costo unitario del producto.

Sin embargo, la reducción de densidad se encuentra directamente proporcional con la contracción de las propiedades físico mecánicas, característica común a todos los productos aglomerados, por lo tanto, si se modificara la densidad, debe realizarse dentro de un término discreto y contemplar decisiones en cuanto al cambio geométrico de las partículas que integran el producto. Esto hasta cierto punto de vista, puede modificar etapas tempranas de preparación del material y hasta la propia formación del colchón. Otras ideas relacionadas con el fin de eliminar cemento de la formulación, podrían estar vinculados al empleo de otros materiales de relleno, naturales o artificiales, que igualmente en solución acuosa actúen en su conjunto como aglomerantes.

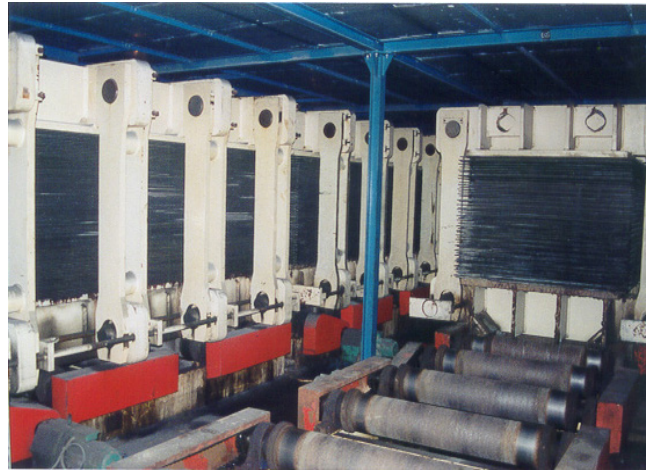
En estas tecnologías (donde se incluyen igualmente los tableros de partículas aglutinados con cemento) el proceso de prensado trata de armar un paquete o sándwich, integrado por los colchones formados y las platinas que los sustentan, las que a su vez actúan como separadores entre las sucesivas capas de los semiproductos que integraran una prensada. La regla que rige el proceso depende del fabricante, mas en sentido general constituye una convención que vincula la cantidad de paneles y el espesor de los mismos con la altura del soporte de prensado. Por ejemplo, resulta similar 30 paneles de 40 mm de espesor o en su defecto 120 de 6 mm, ambas relaciones brindarían una apertura en el entorno, relativo a los 1400 mm. Entre estos dos parámetros máximos, pueden analizarse diversas variantes que dan cobertura a la gama de espesores posible de producir dentro de esta tecnología. La figura 31, muestra un sándwich entrando a prensado, según tecnología de partículas con cemento y en la figura 32 aparece el paquete cerrado dentro del túnel de curado.



**Figura 31.** Prensa para la tecnología de tableros de partículas de madera aglomeradas con cemento.



**Figura 32.** Túnel de fraguado para la tecnología de tableros de partículas de madera aglomeradas con cemento.



La figura 32 muestra la manera en que los paquetes o sándwich se trasladan por medio de un transportador de rodillos, cuya velocidad de rotación ofrece la duración programada al ciclo de fraguado dentro del túnel, y resulta evidente además la robustez de los mismos a fin de conservar la estabilidad del pesado paquete, que garantiza dimensionalmente el producto terminado. Este ciclo por regla general dura 8 horas, tras las cuales la mezcla alcanza valores de resistencia suficientes para hacer los paneles manipulables y facilitar el desarme del sándwich en la propia prensa.

El diseño del túnel permite mantener, a partir de la inyección de vapor saturado, un caudal de aire que en ambiente cerrado contribuya a alcanzar una temperatura entre 60 y 80 °C en atmósfera altamente saturada de humedad que conduzca a agilizar el fraguado de la mezcla cementosa.

El procedimiento implica que cada planta requiera de un número importante de dispositivos de prensado así como de platinas de aluminio para facilitar la formación del material, aspecto en que se asemejan a la tecnología de los tableros de partículas que trabajan bajo el principio de prensas multipisos, en las cuales las platinas siguen un circuito cerrado dentro del proceso productivo y consecuentemente implican un valor importante dentro del equipamiento empleado.

Aún y cuando no se favorecen las comparaciones dimensionales, se asemejan bastante los dispositivos de prensado a los empleados en la planta de partículas aglomeradas con cemento. En la figura 33, que representa un proceso de producción de WWCB (*Wood Wool Cement Board*), acorde a una planta típica de tecnología holandesa, se muestra el conjunto de prensado en frío,



dispositivos de cierre o mordazas y la forma mecanizada de manipulación de los mismos. En esta tecnología los paneles solamente poseen 600 mm de ancho, mientras que en la anterior pueden exceder a los 2 metros.

**Figura 33.** Línea de prensado tecnología holandesa de WWCB <sup>(25)</sup>.



Resulta obvio, que las prensas asociadas a estas producciones y sus correspondientes dispositivos de prensado poseen algunas diferencias en cuanto a solicitudes de esfuerzos mecánicos, sin embargo, conceptualmente resultan similares. En este caso se aprecia el accionamiento vertical, ubicado en el cabezal superior que desarrolla una presión total de 220 toneladas, la construcción tipo estructural y la forma de cierre y transportación de los paquetes. Para este proceso se establece un período mínimo de 7 días.

Los WWCB, tal como se les conocen en Europa, son elaborados a partir de madera y se caracterizan por la preparación de ésta, según se aprecia en la figura 34, que muestra sus peculiares proporciones (longitud que oscila entre 25 y 125 mm, ancho entre 10 y 13 mm y espesor entre 1 y 1,5 mm). El material, para alcanzar esta configuración, se prepara en una especie particular de cortadora radial con soporte multicuchillas, producida por diferentes firmas acreditadas en el mercado, según se muestra en las figuras 35 y 36.

**Figura 34.** Preparación de madera para WWCB.



Todos los productos constitutivos del panel (hebras, acelerador, cemento y agua), se mezclan y se homogeneizan, se estabiliza la humedad, se pasan a un sistema de formación mediante el cual se distribuyen tal un colchón, sobre platinas de aluminio, conjunto ya explicado, común a estas tecnologías cementosas. Esto se puede apreciar, de forma más explícita, en la figura 37, que brinda el ambiente del flujo tecnológico típico de una instalación, empleando aglutinantes inorgánicos.

**Figura 35.** Cortadora radial para WWCB.



**Figura 36.** Rolos para cortadoras radiales empleadas en los WWCB.



**Figura 37.** Estación de formación para WWCB.



Posteriormente al período de fraguado, por regla general, se conduce el paquete nuevamente a la prensa para proceder al desmontado de platinas y paneles, que se realiza mecánicamente, y quedan despejados los dispositivos de prensado. Las platinas se limpian y esperan por próximos vertidos, mientras que los paneles permanecen como semiproductos en el almacén durante 28 días, hasta que ocurra el curado total del cemento y se alcancen las propiedades finales del producto. Pasado este tiempo, se cortan a dimensión, se empaican y se transportan al mercado.

Aunque no se persigue profundizar dentro de las tecnologías que se han mostrado, no se puede evitar el abordar someramente las propiedades de los productos, y en tal sentido la densidad de los mismos, a lo cual se le destina un fragmento particular, ya que constituye la clave del éxito en lo que a las propiedades físico – mecánicas se trata. Para ello, el diseño del proceso

productivo se concibe desde la preparación de las partículas hasta la formación, con miras a cumplimentar este fin. La correlación de las propiedades en función de la densidad ha sido ampliamente estudiada por disímiles autores. En el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar, (ICIDCA), Cuba, se ha transitado igualmente este camino estudiando de forma muy particular su influencia en las propiedades de los tableros de partículas <sup>(27)</sup>, que puede en mayor o menor medida considerarse similar dentro del amplio sector de los productos aglomerados.

Diferentes artículos técnicos relacionan estos aspectos, entre ellos, Maderas, ciencia y tecnología <sup>(28)</sup> que expresa cómo en los tableros de fibras de alta densidad producidos por proceso seco, los resultados experimentales demostraron correlaciones entre la densidad del tablero y las propiedades de tracción paralela, MOR, MOE, mientras que el hinchamiento no presenta una clara dependencia.

Los rangos de densidades <sup>(30)</sup> y las propiedades de resistencia a la flexión y elasticidad para los diferentes composites se muestran en la tabla 22, confeccionada a partir de los parámetros reportados por un compendio de fuentes.

**Tabla 22.** Propiedades mecánicas de diferentes productos.

Tipo de panel	Unidad			
	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	MOR (MPa)	MOE (GPa)	Ref.
WWCB (no- estructural)	375-550	1,7 – 5,5	0,6 – 1,3	(1)
WWCB (estructural)	650-750	7 - 15	1,8 – 2,7	(2)
WWCB (orientado)	700-800	17	4,0	(2)
Tablero de partículas	≈ 750	11 - 16.5	1,7 – 2,8	(3)
<i>Plywood</i>	≈ 750	20 - 48	6,9 – 13,1	(3)
OSB natural	≈ 750	47	8,3	(3)
OSB aglutinado con cemento	1000-1200	23 - 50	6,5 – 8,0	(4, 5)
MDF	640 - 800	24 – 34,5	2,4 – 3,4	(3)
Tablero de fibras aglutinadas con cemento CFB	1200-1300	25	10	(6)
Tablero de partículas aglutinadas con cemento CPB	1250 - 1450	9 - 15	4,5	(3, 4)

La columna (Ref.), muestra los números de referencias bibliográficas, en las cuales aparecen reportados los valores presentados. (1) Kollmann, 1963b, (2) Cabangon *et al.*, 2002, (3) Youngquist, 1999, (4) Elmondorf, 1963, (5) Ma *et al.*, 2002, (6) Wolfe and Gjinolli, 1997, 1999.

donde:

$$\text{MOR} = \text{Módulo de resistencia a la flexión} = \frac{P_{\text{máx}} \times L}{2b \times d^2}$$

$$\text{MOE} = \text{Módulo de elasticidad (módulo de Young)} = \frac{P_1 \times L^3}{4b \times d^3}$$

Los parámetros  $b$  y  $d$  dependen de las dimensiones correspondientes a las probetas según parámetros establecidos por las normas, mientras que  $P_1$  y  $P_{máx.}$  responden a las cargas aplicadas en el ensayo y  $L$  a la distancia entre apoyos establecidos en la normativa de análisis.

De la tabla se infiere que las densidades de todos los elementos considerados como estructurales, con excepción de los OSB aglutinados con productos orgánicos comienzan en  $1000 \text{ kg/m}^3$ , de aquí que el peso de los mismos resulte considerable al compararse con sus homólogos no estructurales, por ejemplo para muebles.

Los composites cementosos resultan suficientes, desde el punto de vista de resistencia, para brindar respuesta a las más disímiles solicitudes de la industria de la construcción, aspecto vedado para aquellos aglutinados con resinas sintéticas, a los cuales se les ha de añadir otras peculiaridades como son: resistencia al fuego, humedad extrema y escasos riesgos al deterioro biológico. En este caso, resultan más ventajosos, en comparación con otro tipo de panel. Esta producción no genera residuos tóxicos y su aglutinante se considera libre de los riesgos a la salud que están asociados a los aglutinantes obtenidos por síntesis química. Sin embargo, la imposibilidad de retornar cantidades importantes de polvo al proceso, el carácter incombustible atribuible al bajo contenido de materia orgánica y la presencia de agua cristalizada en el aglutinante, han motivado buscar otras vías para hacer sostenible la tecnología desde el punto de vista ambiental, entre ellas se aplica el uso del cemento como material inerte en la formulación del material. En el caso de paneles fracturados, recortes, etc., se acostumbra a emplearlos como material de relleno dentro de plataformas u otros elementos en la construcción de viviendas, donde no se exigen muy elevadas resistencias, entre otras opciones.

De la propia referencia <sup>(30)</sup> se toma un grupo de ideas relativas a la densidad de los paneles donde expresa; "...la ventaja más significativa de los composites de madera y cemento para las aplicaciones de ingeniería está unida a su capacidad de absorber y disipar la energía mecánica, así como también por sus buenas propiedades de absorción y disipación del sonido, que unidas a los aspectos económicos, tales como su bajo costo, al ser comparados con otros materiales, han atraído la atención sobre los mismos, para el desarrollo de barreras acústicas en autopistas, aplicación que ha resultado ser un significativo propulsor de estos productos en el mercado".

Tomando como base las propiedades de disipación, estos composites, también han encontrado aplicaciones en zonas sujetas a actividades sísmicas, así como también donde existen elevadas cargas de viento como corresponde a zonas con azote de huracanes y tormentas. Por todas estas razones en países tales como Japón, se han convertido en un comodín para la ejecución de revestimientos residenciales, país donde las construcciones están sujetas a reglamentaciones especiales a causa de terremotos e incendios, asumiendo para el año 1991 un mercado del 41 % , en relación a todos los materiales de construcción utilizadas para este fin.

A pesar de su elevada relación peso – resistencia, los composites de madera y cemento han ido ganando en popularidad, particularmente en Europa, Asia y Oceanía, para usos en exteriores, techado y para pisos, enfrentando rigurosos incrementos de solicitudes para el diseño de edificaciones, con requisitos contra incendios o disminución de fallas por detrimentos de sus propiedades. Algunas aplicaciones típicas en exteriores, donde encajan a la perfección, pueden

ser edificaciones agrícolas, edificios móviles y prefabricados, techos planos, barreras acústicas y contra incendio y baldosas de pavimentación, entre otras.

La producción y uso de estos productos, con destinos domésticos, se ha incrementado de forma importante en Rusia, países de Europa Occidental y Japón, donde las superficies a relieve y técnicas de pintura asemejan a terminaciones similares con piedras decorativas, ladrillos o madera sólida en los recubrimientos externos. En México ya existe un mercado masivo para estos productos, calificados como de bajo costo para la construcción de viviendas, de corte modular que tienden a ser construidas por el propio interesado.

Estos productos han demostrado poseer una larga vida de servicio, mantienen e incluso incrementan su resistencia ante la exposición a los elementos externos. Por ejemplo, paneles expuestos a la intemperie a temperaturas desde -55 a 55 °C en regiones de Moscú, después de 12 años mantienen una media elevada de resistencia a la flexión de 16 MPa. Las propiedades resistivas, incluyendo la rigidez de estos CPB (tableros de partículas aglutinados con cemento), se incrementan marcadamente con el tiempo, bajo determinadas condiciones de almacenamiento.

Para brindar una mejor perspectiva acerca de estos productos, en relación a otros comercializados en el mundo, varias muestras fueron sometidas a 5 ciclos de trabajo en un rango de 27 a 97 %. Comparadas con los rangos comerciales para tableros aglutinados con resinas UF y FF, *plywood* o los propios tableros duros (HB), lograron el menor de todos los coeficientes de hinchamiento por exposición a la humedad. En el estudio resaltó, que estos paneles también mostraron una excelente estabilidad dimensional y solamente una pequeña reducción en cuanto a las propiedades mecánicas, después de 10 años a la intemperie.

Esta industria destina importantes cuidados a la clasificación y preparación del material fibroso, resultando más selectiva que el resto de los aglomerados en atención al contenido de ácidos, azúcares, taninos o sales, entre otros elementos; ante cuya presencia pueda retardarse o, en dependencia del contenido presente, hasta inhibir del fraguado del cemento. Particularmente, en el caso del bagazo de la caña de azúcar, el contenido de azúcares postmolida puede estar en el entorno de 1 a 3 % lo que lo inhabilita de forma directa para este uso, mientras que la humedad, generalmente en el entorno del 50 % no entra en contradicción con la tecnología, al contrario, podría considerarse como un ahorro de agua. De aquí que el proceso y el fundamento bajo el cual se obtienen las propiedades en el producto final, difieran de forma significativa con el resto de las tecnologías del sector de los paneles.

A pesar de los obvios beneficios, cuando se les compara con otros tipos de paneles, se constata que existen diferentes factores que han frenado su difusión en el mercado, entre ellos se encuentra los largos períodos de curado posteriores al prensado, que implican un gran inventario de productos y capital inmovilizado en el proceso. Otro de los factores es el desgaste de las herramientas en su conversión a producto terminado, como consecuencia de los elevados tenores de cemento.

El tercer elemento en importancia radica en el obstáculo que representa el éxito de la compatibilidad de la madera y el cemento. Existen diferencias muy notables en esta dirección cuando se trata del empleo de maderas duras y blandas, resultando de todo esto una gran especificidad en cuanto al potencial posible de emplear para estos composites. Esta compatibilidad que puede estar grandemente influenciada por factores tales como las estaciones,



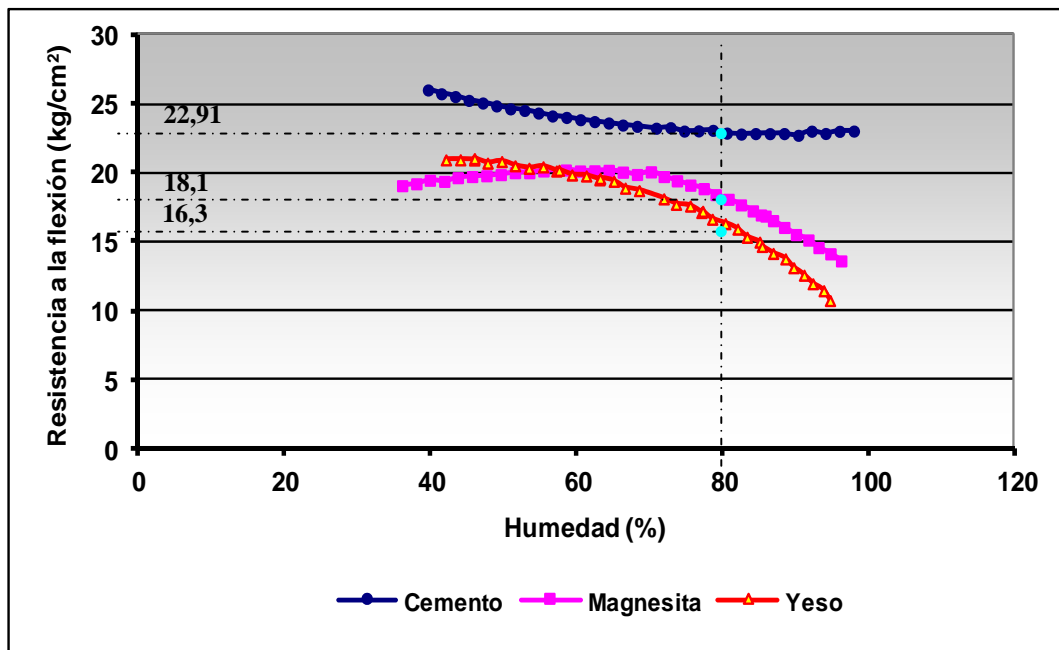
en las cuales se realiza la tala del árbol, el retardo entre el corte y el uso, el contenido de azúcar y taninos, identificados como los más críticos, especialmente cuando se trata de maderas blandas.

La adición de cemento en este escenario se halla altamente influenciada por la presencia de electrolitos aplicados a manera de aceleradores tales como el  $\text{CaCl}_2$  y el  $\text{MgCl}_2$ , que se encuentran entre los más empleados, a fin de contrarrestar el efecto inhibitorio del fraguado del aglomerante en este composite. Por ejemplo, la resistencia a la flexión (MOR) de un CPB a partir de abeto fue incrementada cerca de un 400 % debido a la sola adición de 3 % de  $\text{CaCl}_2$ . Otro de los aditivos más conocidos y empleados son  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$  y  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  frecuentemente utilizados en combinación, para ayudar con la consolidación al desarrollo de parámetros resistivos superiores.

Se establece que los composites aglutinados con yeso y magnesita, no están comprendidos en el campo de los paneles estructurales y por lo tanto se registran para usos en interiores como forros de paredes o divisiones, integrando falsos techos y otras aplicaciones similares. No obstante estas limitantes, existe un mercado importante para estos productos, por cuanto la tecnología, además de posibilitar la producción de placas planas, logra obtener otras formas terminadas de interés decorativo en el ambiente de la construcción y sobre todo implican un aligeramiento en las estructuras colgantes.

No resulta posible concluir la temática de los productos aglutinados con productos inorgánicos sin acudir a la figura 38, la cual muestra la vinculación de la resistencia mecánica a la flexión de cada uno de estos materiales con respecto a la humedad relativa del medio que los rodea. Se concluye que la experiencia ha resultado abrumadora y no han de esperarse futuras equivocaciones al respecto de las selecciones de productos, acorde a su repercusión no solo económica, sino en su aspecto más doloroso, el social.

**Figura 38.** Influencia de la humedad en las propiedades mecánicas de los productos aglomerados con aglutinantes inorgánicos.





Puede notarse en la gráfica, que con un valor de humedad del 80 %, relativamente bajo para muchos de los países comprendidos en la franja Ecuatorial y los respectivos Trópicos, los aglomerados cementosos reducen la resistencia a la flexión hasta unos 23 MPa y prácticamente se mantienen en este entorno debido a su escaso potencial de hinchamiento, sin embargo, el resto de los productos representados en la gráfica y que responden a otros aglutinantes inorgánicos, comienzan a reducir sus propiedades de forma importante y ya prácticamente a 100 % de humedad carecen de resistencia y pueden hasta quebrarse si el reticulado soporte no ha sido diseñado sobre la base de esta posibilidad.

## **Aplicaciones de las composiciones cementosas**

No resulta ocioso resaltar, que las soluciones con paneles estructurales son conocidas desde la década del 80, por lo tanto, ha transcurrido tiempo suficiente para que estas técnicas se decantaran como inservibles o hubieran adquirido la debida madurez para considerarlas entre aquellas posibles de extenderse en uso a los variados sistemas climatológicos existentes y acomodarse a las necesidades y posibilidades de la sociedad a la cual se vincula. Desde el punto de vista ingenieril, estos paneles estructurales son capaces de soportar determinadas cargas, más conceptualmente las mismas han de analizarse dentro de un sistema global capaz de lograr una deseada estabilidad.

Se piensa en esta aplicación como una solución confiable para cualquier país del mundo pero en especial para los tercermundistas donde la demarcación del poder es cada día más abrupta y la lucha por el bienestar social y la erradicación de conflictos humanos está muy relacionada con el hábitat y sus necesidades, por lo tanto, resulta de un interés mayor. Se debe analizar a Brasil como un caso típico, país que a pesar de exhibir un desarrollo fabuloso en determinados sectores de la industria, o en la producción de bienes y servicios, con indicadores de turismo, por solo mencionar algunos elementos que lo caracterizan, muestra por otra parte la cara de una moneda bien diferente al enfrentar un déficit habitacional de 6,5 millones de familias, acorde con las estadísticas del año 2002 confeccionadas por SINDUSCON.

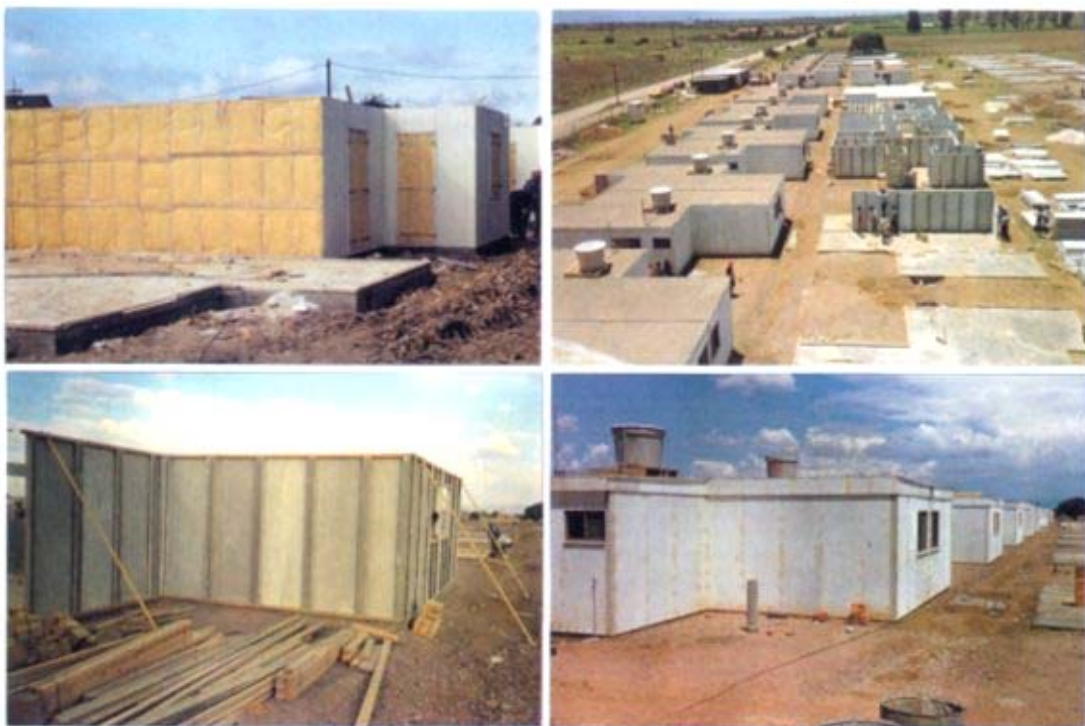
De manera singular, el crecimiento en la construcción fue más significativo que el experimentado por la industria de la transformación, y aún queda sin resolver el problema habitacional como consecuencia del costo de las mismas y el crecimiento poblacional. Otro de los elementos relacionados con estos planes constructivos es posibles aportaciones al fondo laboral, dignificante por demás ya que no solo produce un salario que le permite mantener la economía familiar, sino, al conjunto de la sociedad en su ciclo productivo, al promover el consumo de bienes y servicios de otros sectores de la economía en una dirección multivariada.

De esta forma, los planes constructivos con el empleo de esta tecnología pueden diversificar el panorama social acorde a las características del sector urbano o rural y sobre todo amigables con el medio, por cuanto no requiere de canteras de donde obtener cantidades importantes de áridos, requiere de escasas solicitudes de resistencia en los suelos para realizar sus

cimentaciones, lo cual reduce los períodos de construcción, izado y transporte por solo mencionar algunas de sus bondades.

Se poseen ejemplos como el de la figura 39, en la cual aparecen diferentes momentos en la construcción de un asentamiento rural, en el cual toda la estructura portante se realiza tomando como base listones de madera y adicionalmente se aprovecha el espacio entre placas para favorecer el aislamiento térmico. De igual forma, se denota la planificación constructiva a partir de las balsas o plataformas sobre las cuales se levantan las viviendas y que le sirve entre otras funciones de anclaje al espacio de terreno donde fueron ubicadas.

**Figura 39.** Asentamiento rural con paneles estructurales.

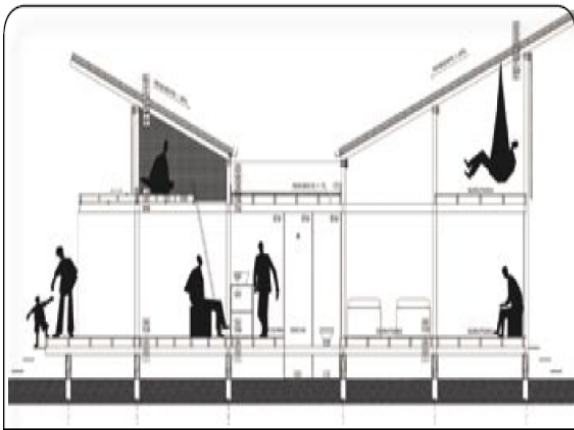


Los métodos de construcción, a partir de paneles, normalmente recurren al diseño de una estructura soporte acorde al proyecto de la edificación, empleando en este sentido perfiles a partir de laminados metálicos, hormigón, madera o mixtas, los cuales se proceden a cubrir por ambos lados con los paneles, de aquí la nomenclatura de montaje en forma de sándwich. En estos diseños, los espacios entre paneles realizan múltiples funciones entre las que se aprecian la ubicación de las líneas eléctricas, hidráulicas o simplemente actúan como aislantes acústicos o térmicos.

La figura 40 muestra una solución para la vivienda de carácter social, sustentada sobre la base de módulos que en su conjunto dan origen a una unidad funcional. Este es el resultado de investigaciones sobre la aplicación de los tableros en la construcción, dirigidas a comunidades de alto riesgo, ubicadas en ambiente plenamente rural y que corresponden a esfuerzos conjuntos

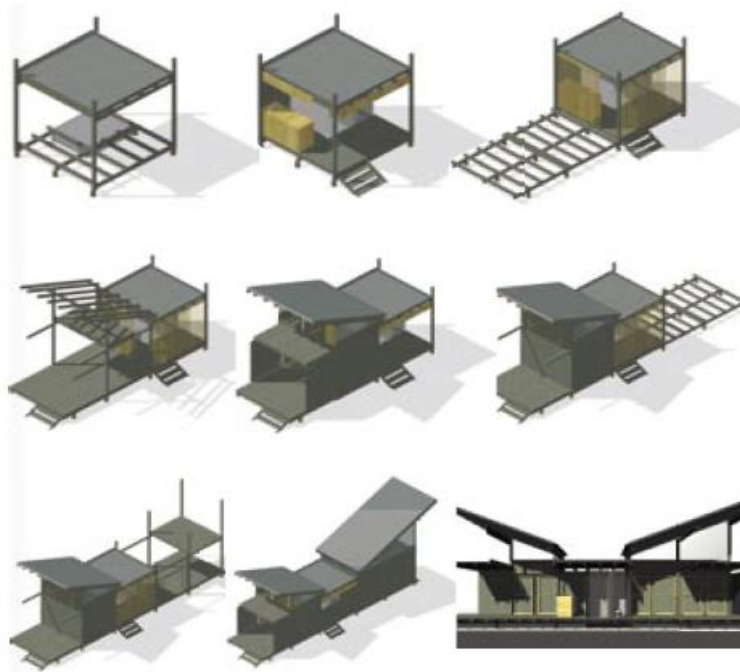
entre entidades estatales, privadas y proyectos de I+D de la Universidad Pontificia Bolivariana de Colombia <sup>(31)</sup>, quien responde por el diseño de la vivienda.

**Figura 40.** Vivienda de carácter social rural. Colombia.



El detalle interior de la vivienda, muestra la función de cada módulo acorde a la concepción arquitectónica del proyecto, en el contexto ambiental del mismo. La figura 41 ejemplifica el contexto de la solución como “refugios ambientales, sostenibles, livianos, modulares, transportables, económicos, productivos y expansibles”; características del proyecto en el que, a través de diferentes etapas de autoconstrucción, las familias tendrán la oportunidad de diseñar su propio hogar. Esta es la secuencia del proceso constructivo que contempla el montaje de los dormitorios, la zona de servicios, el área colectiva externa y finalmente una segunda fase de dormitorios. El resultado: viviendas de carácter social.

**Figura 41.** Estructuración modular del refugio o conjunto habitacional.



Las figuras 42 y 43, muestran un inmueble logrado mayoritariamente a partir de productos WWCB. A esta vivienda, que responde a la categoría de modular y bajo costo, ubicada en un ambiente urbano, se le han aplicado, posteriormente, soluciones de terminación, según el elemento (estucado, pinturas especiales, coberturas, etc.).



**Figura 43.** Aplicación de techado.

**Figura 42.** Vivienda WWCB terminada (Filipinas).





Para el techado, se muestra en la figura 43 un producto catalogado como de baja densidad, encaminado a lograr un mejor aislamiento térmico (interno y externo) sobre el cual posteriormente, se aplican otras soluciones como la colocación de tejas, mantas o recubrimientos; la aplicación de pinturas u otros elementos resistentes a la acción climatológica.

Las soluciones constructivas para las viviendas, a partir de estas tecnologías, no establecen límite a una sola planta como se muestra en la figura 44, por el contrario el basamento fundamental de las estructuras portantes debe ser capaz de facilitar los más diversos diseños y satisfacer necesidades a capricho dimensional y funcional, acorde a las posibilidades económicas de los moradores, o del proyecto habitacional por solo citar algunos elementos que pudieran resultar de utilidad al especialista en construcciones, no identificado con la temática.

Otras soluciones se advienen a construcciones netamente estructurales, a partir de perfiles y laminados metálicos y se procede a cubrir la misma con los paneles. Aquí no resulta de interés el número de niveles, por cuanto es la estructura quien asimilará las cargas. Ejemplo de esto se presenta en edificios del tipo estructural a vista o cubiertos según diseño.

**Figura 44.** Proposición habitacional dúplex.



Soluciones de productos moldeados podrían explotarse para este fin y se pudieran aplicar, de forma conjunta con las tecnologías tradicionales, empleando exteriormente un impermeabilizante que brinde una resistencia aun mayor al producto base, se podrían. Estos proyectos arquitectónicos se vienen abriendo paso con más fuerza en países latinoamericanos. La figura 45 muestra imágenes correspondientes a una vivienda en Venezuela, que comprende todo lo anteriormente expuesto y, donde además se exponen complementos arquitectónicos como son el empleo de jardineras y otras obras ornamentales recubiertas por lajas de piedras naturales. En Brasil también se vienen dando algunos pasos para introducir estas soluciones.

**Figura 45.** Vivienda modular y de bajo costo. Tecnología Eltoboard en Venezuela.



La afinidad de las diferentes soluciones constructivas con las producciones de aglomerados de base cementosa, brinda inmensas posibilidades en cuanto a definiciones de espacio y terminación, por lo que se prestan a muy variadas técnicas y soluciones de proyecto arquitectónico, que las diferencie entre sí o que simplemente respondan a las necesidades según el caso.

Existen portafolios de proyectos arquitectónicos que ofrecen múltiples soluciones constructivas para las viviendas, que pueden motivar serias rivalidades con los métodos tradicionales, los cuales se ajustan en área, elevación, facilidades y prestaciones, entre otras razones. Resulta de interés destacar que los plazos de ejecución no superan escasos meses para las de mayor complejidad. La figura 46 muestra solo dos proyectos <sup>(29)</sup> del portafolio de la Citrus. Otro productor como el Holding de la Helkim OZGE YAPI <sup>(32)</sup>, que en el año 2007 cumplió 15 años de tradición productiva en la construcción de viviendas prefabricadas, igualmente posee su propio portafolio de producciones y así de forma similar muchos otros dentro de este gran mercado competitivo.

**Figura 46.** Portafolio de viviendas modulares. Citrus Iberia.



- **Modelo: “Ania”. 2 habitaciones, 1 baño-70 m<sup>2</sup>.**



- **Modelo: “Gracia”. 4 habitaciones, 2 baños -304 m<sup>2</sup>.**

Aplicando estas tecnologías de paneles se han ejecutado múltiples obras en Cuba, algunas dentro del sector de los servicios como puede ser parte de la red hotelera del país, donde se ha logrado acumular una experiencia en esta dirección. El antiguo Ministerio del Azúcar de Cuba, hoy Azcuba, igualmente posee experiencias básicas con estos productos. Lo que resulta fundamental en esta dirección es el dominio de la tecnología de producción, que combinada con diseños acordes a nuestras necesidades y las normativas imperantes en el país, simbolizaría un importante aporte a las soluciones de viviendas requeridas por el país, de concretarse las condiciones propicias para ejecutar las inversiones en este sector.



## Asociaciones y adquisiciones en la industria de los paneles

Durante la búsqueda de información, por diferentes vías, se encontró una elevada tendencia hacia la concentración de capitales y una marcada integración, tanto horizontal como vertical, de la producción dentro de la rama, implicando con ello la formación de grandes consorcios vinculados con el sector forestal, en relación a la producción de los tableros de diversos tipos, y con el sector papelerero. La industria mecánica, representada en la producción de paneles a través de la construcción y modernización de la maquinaria, ha estado igualmente identificada en estos procesos por lo cual se ha decidido abordar el tema de forma independiente.

### Región asiática

Dentro de este movimiento, se ha podido identificar un gran número de asociaciones, unas creadas dos decenios atrás, que marcaron la pauta a seguir, y otras de muy reciente creación; ambas contribuyeron a ganar un espacio mayor en el mercado de los productos aglomerados. Particularmente en China, este fenómeno ha sido característico de esta rama y ha crecido, de forma muy significativa en el espacio interno de su economía y en el exterior. Sus exportaciones han estado representadas tanto por productos como por maquinarias, y han originado un movimiento interno a través de la importación de equipamiento de punta que caracteriza su producción de vanguardia.

En relación al impetuoso desarrollo de esta industria, existen aspectos que no han escapado de la atención de los interesados en la misma, observados a partir de los resúmenes del anuario productivo de paneles (tablas 9 - 11), las que muestran de forma precisa la evolución empresarial de la rama, impulsada por las leyes de la demanda, abarcando tanto la industria de la construcción como la del mueble, esta última mucho más exigente en cuanto a la calidad del producto final. Se expresan a continuación algunos ejemplos que en determinada medida ejemplifican la tendencia de estas evoluciones y que han servido de motor impulsor a la producción y satisfacción de las demandas del mercado.

En Asia <sup>(33, 37)</sup> el potencial de mayor relevancia está ubicado en China, en este entorno se declara que entre las uniones o transacciones de adquisición empresarial, fue bien conocida la realizada en el año 2004 por la Carter Holt Harvey <sup>(\*8)</sup> de origen australiano (CHH) y Plantation Timber Products (PTP), en la cual, la primera adquirió por un valor de 134 millones de dólares estadounidenses el 85 % de las acciones de la PTP, bajo el concepto de asociación, el 15 % de las

---

(\*8) Carter Holt Harvey empresa forestal internacional con diversas representaciones en el mundo (Chile, Nueva Zelanda, y otros), cuyo perfil está relacionado tanto con los bosques como con los mercados de productos forestales (rollizos, celulosa, madera aserrada y tableros).

restantes acciones conquistadas conjuntamente con la Shishou y la Leshan Forestry Bureau. Esta operación se considera que resultó de extrema sensatez en cuanto a que logró el aseguramiento de los recursos productivos y brindó la debida continuidad a la red de distribución en el mercado, que abarcaba la compañía.

La corporación Kronospan <sup>(4, 13)</sup> logró tres asociaciones en China; las dos primeras destinadas a la producción de MDF, conocidas como: Kronospan-Senhua de Beijing (con una capacidad de 100 mil metros cúbicos por año), Kronospan-Danyang (de 50 mil metros cúbicos por año) y por último, la Kronospan-Shanghai Wood-Based Panel Machinery de Shanghai reconocida como la mayor productora de maquinaria para la industria maderera de China.

Asia Decor Heyuan (Guangdong) responde a una asociación entre compañías chinas y europeas, que comenzaron a operar conjuntamente en julio del 2004, en un principio, con una sola línea de tableros MDF y posteriormente, se consolidaron con la adquisición de otras dos plantas que pusieron en operación, emergiendo ya a finales del 2005 con un potencial total equivalente a unos 760 mil metros cúbicos por año.

Otro ejemplo se manifestó con la Shandong Dongying, que representa una compañía de capital mixto, igualmente bajo formas asociativas para la producción de MDF, ejecutada entre el Grupo Guangyao Shihua, declarado como dueño de la empresa y la compañía alemana ARC. La misma posee una línea de producción construida en China y una segunda de importación para totalizar a finales del 2004 con 250 mil metros cúbicos por año.

La asociación entre la empresa alemana Homanit (70 %) y la Yichun City Forest (30 %), esta última encargada de la gestión de comercio de la producción, operó con una línea de 50 000 m<sup>3</sup>/a y una segunda planta de maquinaria importada de 200 000 m<sup>3</sup>, para ese entonces en el 2004, en pleno proceso constructivo.

Las oportunidades del mercado y las cada vez más particularizadas infraestructuras de distribución en China, continuaron moviéndose más allá de las tradicionales inversiones en los sectores industriales locales, reconocidas en el pasado como empresas de manufactura y exportación de bajo porte, alcanzando mediante estos esquemas de integración multinacional una categoría muy superior, produciendo y ofertando de forma creciente productos competitivos en el mercado internacional dada su mayor calidad y mejores acabados.

Las inversiones en el sector de la producción forestal en China han estado en correspondencia con los planes globales de expansión de su economía y mantuvieron un crecimiento estable en el período, análogamente acontecieron eventos similares en otras regiones de Asia, Norteamérica y Europa. Todos estos factores se combinaron de forma efectiva a partir de las múltiples oportunidades que le brindó el mercado, concretaron un ambiente productivo de marcadas tendencias a incrementar la competitividad y el éxito industrial, apoyándose en sus reservas naturales y sus posibilidades productivas.

La competencia foránea y la acumulación de capitales, igualmente influyó en la producción a partir de la introducción de maquinaria con tecnología de punta, elemento que mejoró los cánones de su producción mecánica especializada, a la vez que los productos obtenidos lograron calidades competitivas con el mercado y las normas mundiales.

Las adquisiciones en la industria forestal <sup>(34)</sup> han sido igualmente importantes en este país catalogado como segundo gran consumidor de madera en rolo, productos del papel y consumo de paneles en su totalidad, ubicados a continuación de los Estados Unidos.

Como consecuencia de la diferencia entre el suministro de madera por medios locales y la demanda causada por el rápido incremento de la producción, el gobierno chino ha tomado medidas para alentar procesos inversionistas en plantaciones de árboles. Consecuentemente con ello, compañías madereras internacionales han establecido plantaciones en provincias tales como Guangxi, Guangdong, Hainan, Hu'nán, Yun'nan, Jiangxi, Jiangsu and Fujian, tanto en forma de asociaciones como de inversiones directas.

Una fuente importante de obtención de la materia prima ha sido lograda a través de las importaciones. Durante los últimos años, Rusia ha sido el principal proveedor de madera en bruto y aserrada, a tenor de sus precios competitivos, de la similitud de especies entre ambos países y de la política preferencial de comercio transfronterizo que permitía a las empresas chinas importar pagando solamente la mitad del IVA (6,5 %). Pero la situación para Rusia ya no es tan ventajosa, ya que por decisión gubernamental se incrementó el arancel para la exportación de madera en bruto hasta un 25 %, razón que la hace cada vez menos atractiva. Los importadores entrevistados <sup>(35)</sup> afirman que el precio del pino ruso ha sufrido un aumento del 40 % en los últimos dos años, hasta alcanzar un precio de 160 dólares estadounidenses el metro cúbico. Este cambio ha sido reflejado en las estadísticas, ya que las importaciones chinas de madera en bruto de Nueva Zelanda aumentaron un 99 % en 2007, mientras que las de Rusia sólo aumentaron un 27 %.

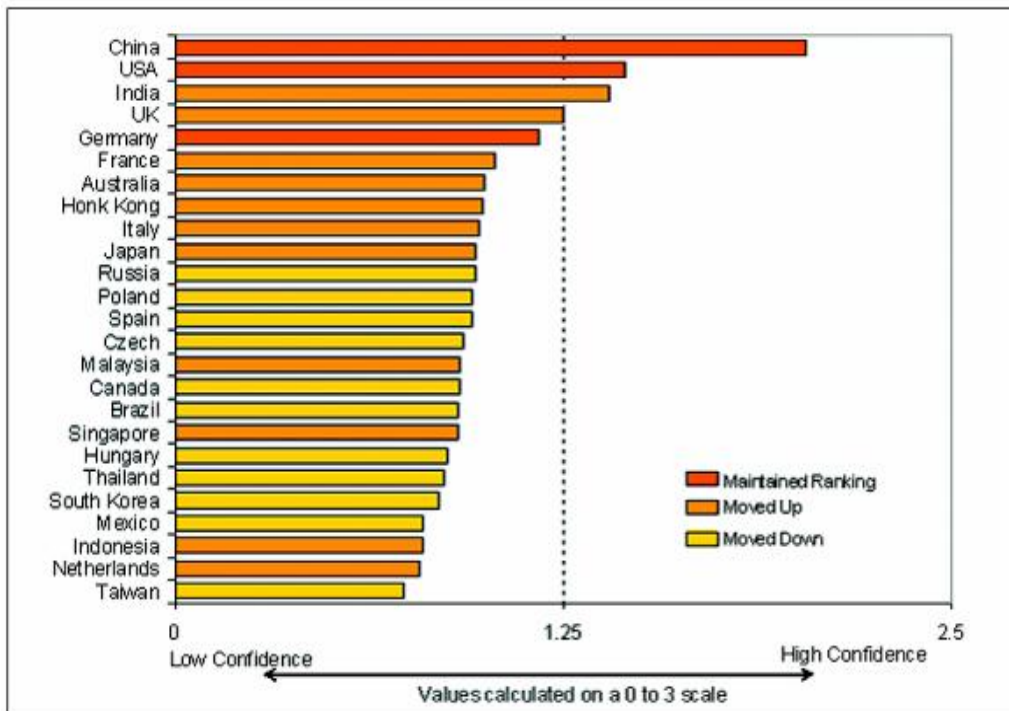
Según datos aportados por el puerto de Manzhouli (noreste de China), por donde entra el 88 % de la madera rusa, las importaciones, hasta mayo del 2008, fueron de 900 mil metros cúbicos que representa una reducción del 26 % en volumen y un aumento del 0,5 % en valor, con respecto al mismo período del año anterior. Expertos aconsejan a las empresas chinas establecer relaciones con nuevos proveedores como América del Norte, del Sur y África, para reducir el riesgo derivado de los incrementos en los aranceles de exportación de Rusia. Algunos importadores han encontrado en Nueva Zelanda un sustituto, cuyo pino es de muy buena calidad y tiene un precio competitivo de 130 dólares estadounidenses el metro cúbico.

El comercio de madera en bruto y aserrada, en el año 2007, representó para España un monto de 600 000 dólares estadounidenses, lo que indica la colosal utilización de la madera en el mercado de este país.

En el caso de las partidas de tableros de madera, renglón igualmente reflejado en el balance de importación / exportación de China, los principales proveedores son Malasia, Indonesia, Tailandia y Myanmar, de los que con seguridad los obtienen a modo de materia bruta a precios competitivos.

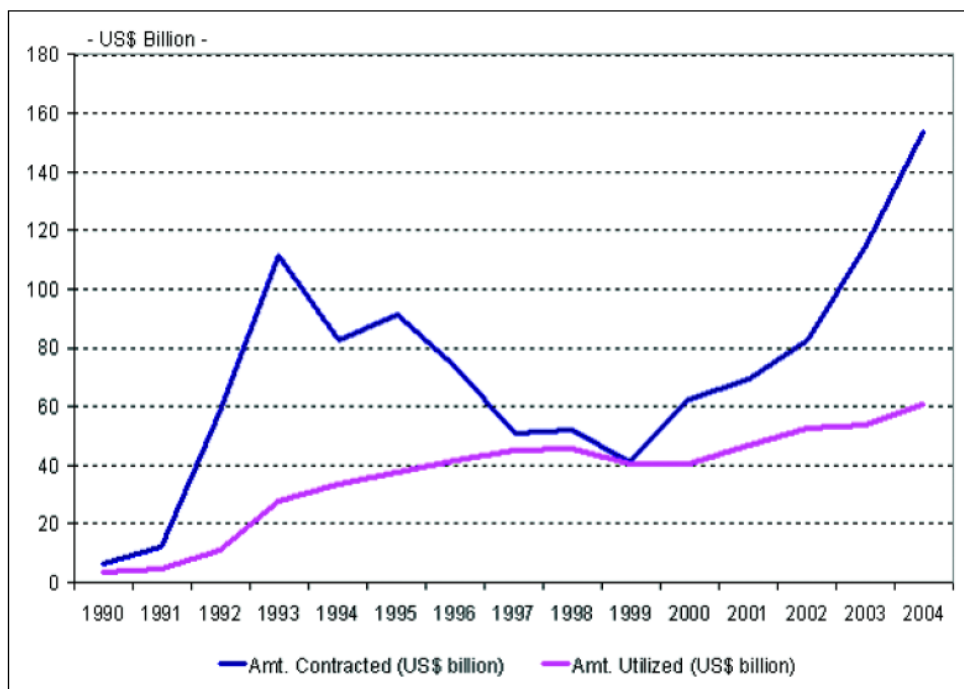
Esta amplia demanda, unida al rápido crecimiento económico del país, estimuló a que China posea un índice para el fondo de inversión directa extranjera (FDI) que la cataloga como muy atractiva <sup>(34)</sup>. En el año 2004 este fondo le adjudicó un record de 153 miles de millones de dólares estadounidenses en nuevos acuerdos, lo cual representó un 33 % superior al 2003. La figura 47 muestra el (FDI) para los primeros 25 países del mundo.

**Figura 47.** Primeros países acorde al índice de confianza en inversiones.



Fuente: Consejo Política Global de Negocios, A.T. Kearney

**Figura 48.** Fondo de inversiones directas realizadas en China.



Fuente: Ministerio de Comercio Chino y el Consejo de Negocios US – China.

En la figura 48 aparece representado de manera gráfica el fondo de inversiones otorgado a este país, en el período de 1990 a 2004, para el desarrollo de las mismas. Las cantidades que aparecen en la gráfica, justifican el elevado volumen de producciones que lo elevó a posiciones cimeras en la producción de MDF del mundo, y que se desglosa más adelante.

De la gráfica se aprecia cómo las inversiones directas realizadas en China en el año 2004 ascendieron a 153,47 miles de millones de dólares estadounidenses, de estas se ejecutaron totalmente por empresas extranjeras el 76 %, en asociaciones con equidad el 18 % y por la modalidad de riesgo compartido el 1 %.

El crecimiento de esta industria en China está caracterizado por factores tales como: altos índices anuales de crecimiento macroeconómico, sostenidos por más de una década; mejor redistribución de la riqueza social; mayor población del planeta con un nivel creciente de ingresos per cápita; bajo nivel de riesgos para inversionistas; alta estabilidad político – social, y mayor reserva de dólares norteamericanos del planeta, fundamentalmente en bonos del tesoro. Todo lo anterior resume el “milagro” de la producción en China y el resultado de su inusual trayectoria industrial que se resume en una sumatoria de acciones de mercado e inyección de capitales tanto procedentes de sus empresarios locales como de las empresas transnacionales extranjeras, que han asimilado el mercado chino tanto de productos como de maquinarias.

## Sudamérica

Los tableros en este continente pueden ser vistos como producto “commodity” <sup>(21)</sup>. En años recientes, los precios de los tableros han sido totalmente favorables debido a la alta demanda de nuevas casas en los Estados Unidos.

En la región, el máximo exponente en producciones madereras lo constituye Arauco <sup>(72)</sup>, consorcio chileno el cual acorde a las estadísticas del sector en el año 2006 ocupaba el sexto lugar mundial en utilidades netas; integrado por el Grupo Angelini, Antar Chile S.A. y Empresas Copec, esta última ubicada en el 2008, por capital de mercado, en el tercer escaño mundial, y a su vez actúa como controladora de Arauco.

Arauco posee un mercado mundial capitalizado y está caracterizado por ser uno de los mayores productores de madera aserrada del mundo con más de 900 000 ha de terreno plantadas, las que tributan a producciones de alta rentabilidad como es la obtención de celulosa, la cual representa el 48 % de las ventas de la empresa y de este el 90 % las realiza en mercados foráneos. La capacidad instalada asciende a algo más de 3 millones de toneladas que la ubica como segunda en el ámbito mundial.

En cuanto a madera aserrada, esta actividad constituye otro importante renglón de ventas, ocupando el sexto puesto mundial con una capacidad instalada de casi 4 millones de metros cúbicos por año. Esta condición es seguida muy de cerca por el sector global de la construcción y le representó un beneficio de unos 770 millones de dólares estadounidenses.

En relación con la producción de otros aglomerados (*plywood*, tableros de fibras duros, de partículas y MDF), Arauco constituye un núcleo de 9 plantas de producción, exhibiendo

maquinaria de tecnología de punta, equivalente en su conjunto a una capacidad de 2,55 millones de metros cúbicos por año, consolidados en Chile, Argentina y Brasil.

Arauco dentro del ámbito latinoamericano de este sector industrial, constituye un grupo de importancia indiscutible, tanto en lo que se refiere a volúmenes de producción como a tecnología aplicada. Este, en el enfoque de nuevas inversiones en el año 2007, conjuntamente con la firma Stora Enso (empresa sueco-finesa que se dedica a la producción de pulpa de celulosa y papel), en septiembre de ese año, firmaron una alianza estratégica a un monto de 208 millones de dólares estadounidenses en Brasil.

Otro de los exponentes de relevancia en el sector, lo constituye la empresa Masisa<sup>(36)</sup>, la cual data de principios de los años sesenta y fue fundada con el objeto de producir y vender tableros de partículas en el cono sur. Esta se fusionó en el año 2005 a su controladora Terranova, productor chileno que comenzó con la producción de molduras de maderas, tableros de partículas, tableros MDF y otros productos forestales con operaciones en Chile, Estados Unidos, México, Venezuela y Brasil. En el año 2002, Terranova adquirió el 43,16 % de Masisa a través de inversiones con Pathfinder de Chile, y en mayo 2003, aumentó su participación a un 52,43 %. Asimismo, mediante su división de maderas sólidas fabrica uniones dentadas *finger joint*, molduras MDF y puertas, productos de elevado valor agregado y que están orientados hacia el mercado americano.

Terranova era controlada indirectamente a través del Grupo Nueva, perteneciente al empresario Suizo, Stephan Schmidheiny. Se considera que los aportes de capital de este inversor europeo en el período de 1994 a 2002, ascendieron aproximadamente a 350 millones de dólares estadounidenses que representaron un gran soporte para la compañía. Con la fusión, Terranova asumió todos los activos y pasivos de la ex –Masisa, que sigue siendo controlada a pesar de la fusión, por el Grupo Nueva.

En Latinoamérica los países que registran una mayor demanda del tablero OSB son en este orden: Chile, Brasil, Argentina y México. Particularmente, desde que Chile firmara el TLC con los Estados Unidos<sup>(17)</sup> se han incrementado los proyectos inmobiliarios a consecuencia de la promoción de la construcción de viviendas con tableros OSB, certificados internacionalmente por la Engineered Wood Association, entidad que avala la calidad de la mayor cantidad de tableros estructurales en el mundo.

Si bien los precios en Latinoamérica siguen la tendencia mundial, la volatilidad de la región está afectada por otras variables como son la fortaleza de la economía y el grado de concentración de la producción de tableros del país en que Masisa opera. En Venezuela y Colombia, esta goza de una posición dominante, en Chile comparte el mercado de tableros con Arauco, mientras que en Brasil el mercado se caracteriza por ser altamente fragmentado.

En este contexto, Louisiana Pacific, empresa estadounidense, invirtió 40 millones de dólares, para duplicar su producción a 270 mil metros cúbicos de tableros OSB anuales, con la expansión de una de sus sucursales en Chile, realizando en el 2007 el traslado de una planta desde Montrose (EE.UU.) con una capacidad productiva de 150 mil metros cúbicos por año.

Masisa S.A., líder en Sudamérica, invirtió recientemente más de 45 millones de dólares en su sucursal de Brasil (segundo sitio más importante en términos de producción y ventas para la

empresa), donde la compañía una capacidad anual de 250 mil metros cúbicos de MDF y 350 mil metros cúbicos de OSB. La compañía también es dueña de 15 000 hectáreas de bosques. Tanto la planta MDF como de OSB de Brasil son modernas y datan sus inicios de producción en el año 2002.

La empresa expandió sus intereses en México produciendo para Masisa en el 2002, cuando la empresa adquirió una planta de tableros de partículas a Mac Millan Guadiana S.A. de C.V. que posee una capacidad de producción de 144 mil metros cúbicos por año. De forma similar expandió sus operaciones a Argentina y realizó la apertura de puntos de ventas, llamados Placa Centros <sup>(10)</sup>, en la propia Argentina, Brasil, México, Perú, Ecuador y Paraguay. Estas tiendas, que operan con franquicias, ofrecen al cliente toda la variedad de productos y artículos necesarios para la producción de muebles.

Antes de la fusión, la estructura de financiamiento de la empresa fluctuaba entre muy conservadora a muy apalancada. La deuda financiera de la entidad aumentó durante los años de expansión (2000-2003) para luego disminuir el endeudamiento recurriendo a diferentes fuentes de capital. Estas fuentes, incluyeron la venta de participaciones minoritarias en sus negocios forestales, emisión de acciones, venta de tierras prescindibles y del negocio de producción de resina. El 31 de marzo de 2006, Masisa tenía una deuda de 656 millones de dólares estadounidenses y 110 millones de caja, banco y valores negociables. Considerando el año fiscal con cierre en marzo de 2006, la empresa generó 149 millones de dólares en dicho ejercicio fiscal.

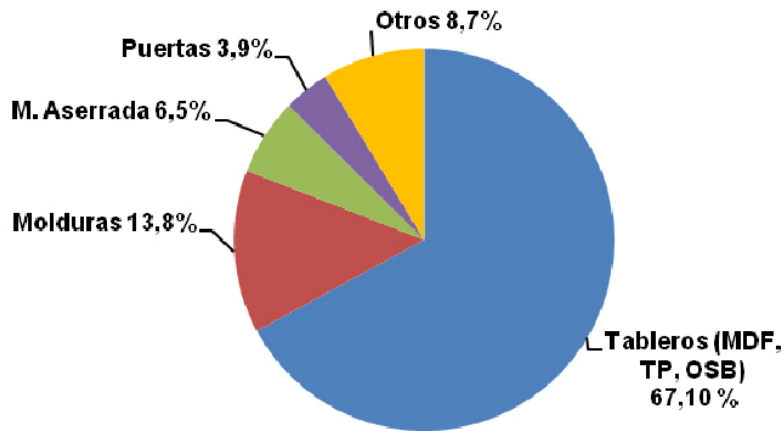
Otro campo de operaciones de la empresa lo constituye Venezuela, donde Masisa tiene instalada una capacidad productiva de 120 mil metros cúbicos por año de tableros de partículas y 250 mil metros cúbicos de tableros de fibras MDF. Estas plantas son igualmente modernas, construidas recientemente por Terranova. La empresa es dueña de 112 mil hectáreas de bosques de especies de lento crecimiento que implican menor valor intrínseco que los ubicados en Argentina y Chile. La demanda de tableros en Venezuela es baja, pero desde aquí la empresa exporta importantes cantidades a México y los Estados Unidos. Durante el primer semestre de 2005, Venezuela representó el 14 % de las ventas consolidadas medidas por origen y el 8 % de las medidas por destino final.

Masisa <sup>(38)</sup> mostró un incremento de 17,6 % en su resultado operacional, cifra que ratifica la recuperación que venía mostrando en este ítem en los últimos dos trimestres. El fuerte crecimiento en los precios de los tableros MDF y PB, cercanos a 20 %, permitió compensar la reducción del 6 % en los volúmenes físicos de estos mismos productos y el magro desempeño de sus negocios de madera sólida y tableros OSB en su conjunto, ante la menor actividad que ha mostrado la industria de la construcción en los Estados Unidos. Dentro de este panorama se debe destacar la presión que han generado los costos de dos de los principales insumos de la industria; la resina y el gasto en energía. La empresa logró mejorar su margen bruto de 22,3 % a 24,6 %.

En la figura 49 se aprecia la distribución de ingresos por producciones que realiza Masisa, que en el contexto sudamericano abarca casi la totalidad de la gama de productos que se mueven dentro del mercado de interés. Se observa en la misma cómo los tableros constituyen la clave del éxito de los ingresos entrantes.

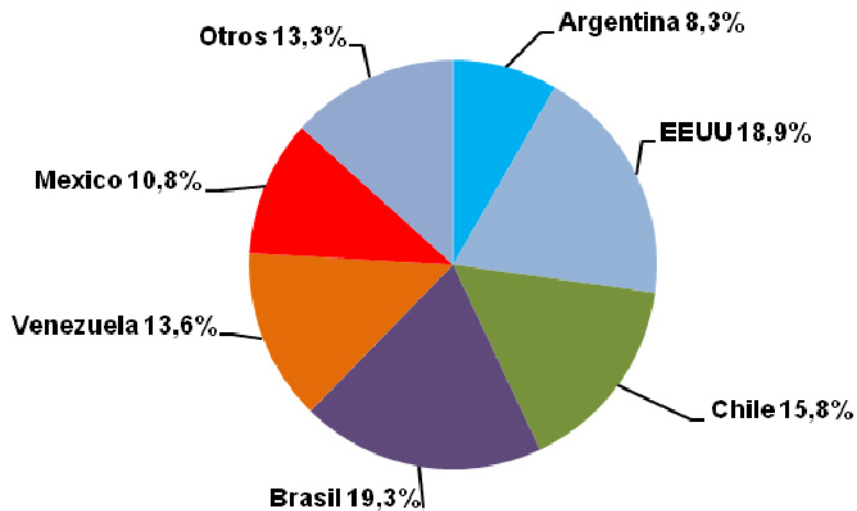


**Figura 49.** Distribución de ingresos de Masisa.



Del destino de estas producciones, la figura 50 permite adentrarnos en el mercado de este productor. Se observa cómo entre los Estados Unidos y Brasil se disputan casi el 40 % del total de la producción, aún y cuando por sí mismos presentan un volumen productivo de tableros catalogado como “impresionante”. Cita el artículo que el número de Placa Centros, posterior a la fusión con Terranova, creció a 259 desde septiembre de 2005, en comparación con los 131 que existían a finales del 2002.

**Figura 50.** Distribución de mercados de Masisa.



Otra de las noticias del sector dentro de la región está vinculada con la creación de la empresa Sadepan Latinoamericana <sup>(39, 40, 43)</sup> de capital conjunto con el Grupo Mauro Saviola de Italia, que inició sus actividades en 1963 con la producción de paneles aglomerados, hoy agrupa a nueve empresas que emplean a 800 personas y cuya facturación global creció 300 % en los años 90, estableciéndose en los 430 millones de dólares estadounidenses, con exportaciones por más de 100 millones de dólares estadounidenses, en 1997. Produce anualmente un millón de metros cúbicos de paneles crudos, 25 millones de metros cuadrados de paneles con algún tipo de valor agregado, 400 mil toneladas de colas y resinas y 100 millones de metros cuadrados de papeles impregnados.

El holding incluye lo que considera es su eje central; Sadepan Chimica, una empresa dedicada exclusivamente a la producción de los insumos químicos que intervienen en los diferentes tipos de paneles que se fabrican en las otras plantas. Se encuentra entre las mayores de Europa en la producción de formaldehído y resinas a base de urea, además de fabricar los papeles decorativos de melamina con los que revisten sus paneles.

Sin embargo, su punto fuerte es la producción de aglomerados, que abarca paneles crudos, hidrófugos, ignífugos, enchapados con melamina en una o dos caras, enchapados con folias, enchapados con PVC, estampados/laqueados y para pisos. También fabrica paneles de MDF crudos, revestidos con melamina e hidrófugos, paneles en fibra o MDF laqueados y seccionados, paneles de MDF de bajo espesor revestidos con melamina, molduras, laminados y acabados posteriores.

Este grupo se planteaba, para julio del 2007, establecer modificaciones dentro de una de sus instalaciones ubicada en Viadana, Italia, ejecutada bajo la fiscalización de la firma alemana Dieffenbacher y con la cual incrementaría su capacidad de esta instalación a 550 mil metros cúbicos al año.

La presencia multinacional y las asociaciones han estado presentes también en Uruguay <sup>(41, 64)</sup>, país que está en la mira de importantes empresas internacionales, orientadas a la producción de celulosa y de productos madereros. Además, cuenta con una superficie plantada de 86 mil hectáreas a través de su subsidiaria Forestal Oriental. Compañías como la española ENCE y la Finlandesa Stora Enso, fuertemente arraigadas en China y además referenciadas con Arauco, confirmaron planes de construir plantas de celulosa en ese país, en ambos casos con una capacidad de producción de aproximadamente 1 millón de toneladas anual. De hecho, la subsidiaria de ENCE, Eufores (1990), es una de las empresas pioneras en este sector en Uruguay, hoy cuenta con 80 mil hectáreas de patrimonio forestal, con un puerto (terminal logística e industrial M'Bopicuá, ubicada en Fray Bentos), una planta de astillado de madera de 800 mil metros cúbicos al año y un aserradero de *Eucaliptus grandis* (Maserlit) que produce 35 mil metros cúbicos de madera aserrada y seca. Stora Enso, por su parte, posee actualmente 4 650 hectáreas plantadas con pino y eucalipto, pero su objetivo es alcanzar en unos años, 118 mil hectárea de bosques como prerequisite para construir su planta de celulosa.

En la rama de los tableros, la firma estadounidense Weyerhaeuser, una de las compañías norteamericanas más conocidas en la producción de pulpa y papel <sup>(73)</sup>, se asoció en 1996 con la TIMO Global Forest Partners LP (GFP) para crear Colonvade S.A., y comenzó a adquirir tierras

para desarrollar posteriormente un proyecto de madera sólida. Cuenta actualmente con unas 128 mil hectáreas de plantaciones. A fines de 2004 comenzaron a construir una planta de chapas, con una capacidad de producción de 130 mil metros cúbicos, para la cual emplearían indistintamente pino o eucalipto como materias primas fibrosas. La fusión pretendía en esa fecha, duplicar la capacidad de producción de tableros en Uruguay, según le confirmó a LIGNM Bernardo Hudema, gerente de la planta de Colonvade, durante una visita a las instalaciones de la empresa.

Urupanel S.A. <sup>(34, 43)</sup>, formada en el año 2004 a partir de capitales chilenos, resulta otra empresa que ha invertido en Uruguay con perspectivas de crecimiento. Plantó bosques que para el 2006 empleó como materia prima para otra planta de tableros con capacidad de producción de 100 mil de metros cúbicos y manifestó interés de construir una planta de MDF delgado, de 70 mil de metros cúbicos por año, primera de este tipo en el país. “Nos encontramos con que teníamos una generación importante de astillas, por lo que evaluamos distintos proyectos para aprovechar ese recurso, optando al final por una planta de MDF”, expresó el chileno Rodrigo Correa, gerente general de la empresa.

Para el régimen de producción celulósica, los eucaliptos se desarrollan como promedio, entre nueve y doce años (para productos de madera sólida varía entre 15 y 17 años), y los pinos de 20 a 22 años. Esto depende por supuesto, de la zona geográfica, densidad inicial, raleos y, en definitiva del manejo de silviculturas de cada empresa. Además de las ventajas naturales con que cuenta Uruguay para el establecimiento de plantaciones de rápido crecimiento (*Eucalyptus Grandis*, *Globulus* y *Pinus Elliottii*, fundamentalmente), las empresas internacionales han introducido importantes capitales para la inversión, debido a su estabilidad jurídica, política, tranquilidad social, y la educación de su población.

Por su parte, Pedro Lencart, Director Forestal de Stora Enso Uruguay, destaca que el crecimiento silvícola en ese país forma parte de la estrategia nacional de desarrollo, lo que hace que el clima de inversión sea muy favorable. “Es un tema de Estado”, comentó. Además, asegura que en Uruguay las condiciones son muy buenas para producir fibra competitiva, ya que existen favorables condiciones topográficas y de suelo, y un clima favorable, con sol y 1 300 mm de lluvias como promedio al año, lo que hace que esta nación tenga “un gran potencial para las plantaciones de alta productividad, tanto de pino como de eucalipto”.

Como ha podido apreciarse en este capítulo, las intenciones de integración, concentración y expansión productiva dentro de la rama han abarcado un horizonte de muy amplia acción, unos comenzando por asegurarse de la tierra para el mantenimiento y/o crecimiento de sus áreas boscosas, otros invirtiendo capitales en plantas que no producían, poniéndolas en marcha o anticipando procesos de actualizaciones tecnológicas para mejorar su funcionamiento y en otros casos monopolizando las producciones, fundamentalmente para las tecnologías de MDF y TP sobre las que ha habido el mayor interés en los últimos años.

La industria de los tableros es, como se analiza en este capítulo, una empresa con elevado grado de racionalización ya que entra la materia prima a la fábrica y salen ya terminados, los tableros, con mínimo empleo de mano de obra, propensión a la reducción de los costos fijos y reduciendo riesgos vinculados al capital humano y que atentan contra la calidad de los productos terminados. Dicho de otra forma, la industria de los tableros, cuando se compara con la industria

tradicional de la madera, es una rama de baja intensidad de capital humano, en consecuencia con su alto nivel de mecanización y automatización.

Según lo referido en el documento “Creación de una industria de los tableros” <sup>(22)</sup>, encontramos un grupo de sugerencias para enfrentar el desarrollo de la rama y uno de los elementos con que se comienza a alentar a los nuevos inversionistas radica precisamente en entrar en sociedad con un fabricante establecido, con el cual obtener ventajas corporativas y competitivas tales como: ofertas de los proveedores de maquinaria; oportunidades de exportación, asistencia en la ponderación de los elementos a favor y en contra, reducción del período de “espera de capital” que obliga los retrasos en el planeamiento y posibilidades de capacitar en una fábrica ya existente al personal que ocuparía los puestos clave de la nueva fábrica, entre otras.



Todo parece indicar, que los productores establecidos siguieron la misma línea de razonamiento esgrimida por los iniciadores, trabajar en la capitalización del sector productivo a partir de la tenencia de tierras, la planificación y rotación boscosa hasta la introducción del producto de calidad en el mercado, de ahí el resultado de su éxito empresarial. De igual forma, un consorcio poderoso tratará potencialmente de luchar espacios de mercado aún mayores a los que se consiguieron con la fusión y sin lugar a dudas de no alcanzarse dentro de frontera, explorarán abarcar espacios mayores en las exportaciones hacia países tales como China, aún insatisfecho en su demanda.

Aún dentro del ámbito de América del Sur, específicamente en Brasil, dos de sus productores más representativos en la industria de los aglomerados, y que de por sí dominaban un espacio de mercado importante, como es el caso del Grupo Satipel <sup>(44, 45)</sup> y Duratex se fusionaron. El Grupo Satipel en el 2008, a un costo de 250 millones de dólares estadounidenses, culminó una unidad doble de producción de MDF combinada con MDP, ambas empleando tecnología de punta con prensado continuo del tipo *ContiRoll*, y una unidad de recubrimiento superficial que se encontraba aún en proceso de montaje.

La información obtenida del sitio web de Duratex <sup>(7, 46)</sup> (22 de junio del 2009), implica que la globalización de las producciones continúa manifestándose en el sentido de fortalecerse y protegerse entre los actores, de las poderosas fuerzas provocadas por la desaceleración que motivan la crisis y la competencia internacional. Esta nueva Duratex presenta un volumen de producción como se expresa en la tabla 23.

Esta fusión coloca a la nueva Duratex con la mayor capacidad productiva de todo el cono sur, dejando, al resto de las asociaciones y productores, la generación de mayor valor a través del cambio de escala, la diversificación geográfica, y la adopción de mejores prácticas de gestión industrial, comercial, forestal y del capital humano. Otros elementos tales como atracción y retención de talentos, así como la introducción de mejoras resultantes de la investigación y el desarrollo son igualmente estimulados por este proceso.

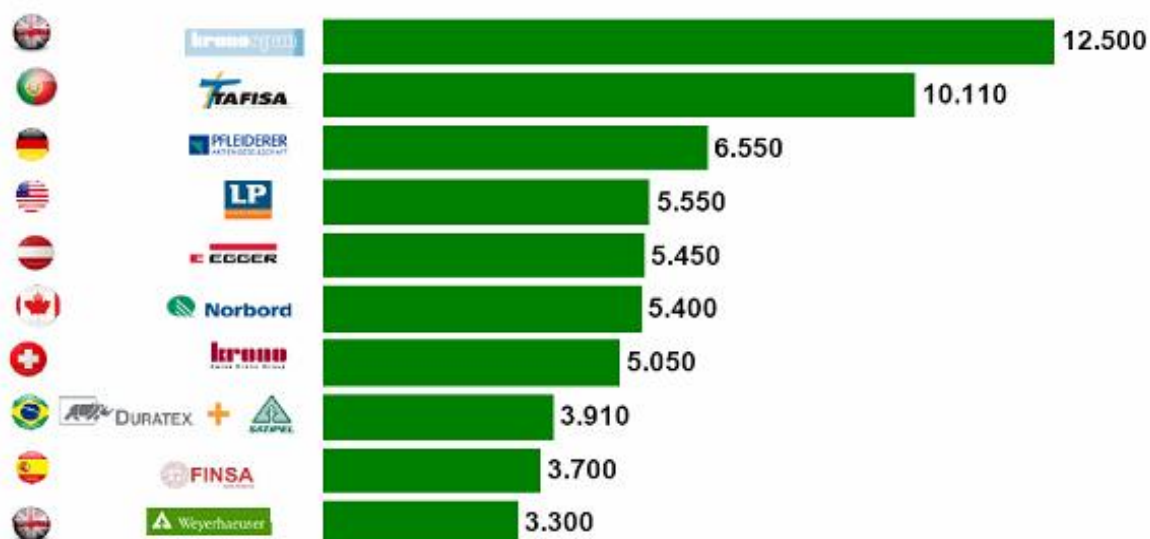
**Tabla 23.** Producciones de la nueva Duratex.

			NOVA DURATEX
Paneles m3/año	<b>2.160.000</b>	<b>1.750.000</b>	<b>3.910.000</b>
MDP	500.000	1.400.000	1.900.000
MDF	1.450.000	350.000	1.800.000
Chapa de Fibra	210.000	0	210.000
Revestimiento (m2/año)	<b>105.720.000</b>	<b>58.100.000</b>	<b>163.820.000</b>
BP	37.320.000	26.500.000	63.820.000
FF	14.400.000	31.600.000	46.000.000
Pintura	54.000.000	0	54.000.000
Piso laminado (m2/año)	6.000.000	0	6.000.000
Componentes (m2/año)	0	1.500.000	1.500.000
Area forestal (ha)	<b>122.700</b>	<b>86.600</b>	<b>209.300</b>
DECA (em 1.000 peças/ano)	<b>22.800</b>	<b>0</b>	<b>22.800</b>
Metales	15.800	0	15.800
Lozas	7.000	0	7.000

Piso laminado confeccionado a partir de MDF

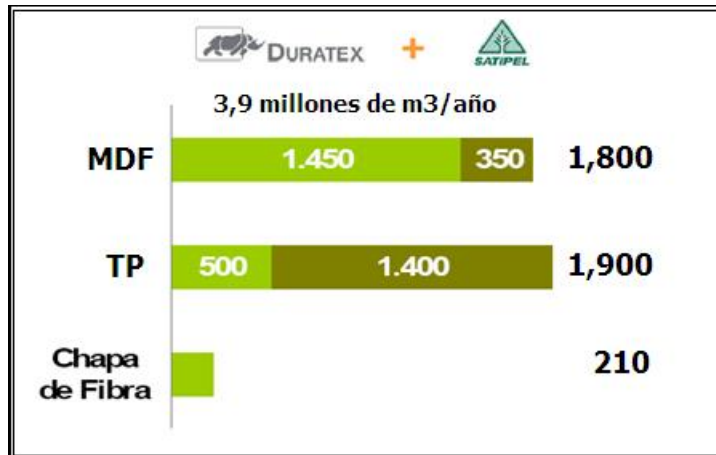
La figura 51 muestra cómo la fusión Duratex + Satipel ubica a la nueva Duratex en una posición cimera entre todos los productores, con una capacidad total de 3,91 millones de metros cúbicos por año, colocándola en la octava posición entre los grandes consorcios productivos de todo mundo, por lo que resulta evidente que la globalización mundial igualmente se ocupó de la producción de MDF.

**Figura 51.** Principales agrupaciones productivas en el mundo.



Las producciones de paneles, que de forma independiente se elaboraban en estas instalaciones, después de la agrupación, abarcan tres formas terminadas y una importante representación en el ámbito mundial. La figura 52 muestra la producción de la asociación.

**Figura 52.** Producciones del nuevo complejo Duratex



Regresando a la figura 51, se observa que la décima posición la ocupa la firma norteamericana Weyerhaeuser, la cual como se anunciara anteriormente tuvo participación conjunta en la producción de celulosa con Arauco, acumulando un total de 2,6 millones de toneladas, y ocupa además una posición cimera en relación a la producción mundial de madera aserrada y se verá más adelante su posición al estudiar los WPC invirtiendo fuertes capitales en los Estados Unidos, concentrados en no menos de seis instalaciones que aplican las más recientes tecnologías de la madera en materia de OSL y Parallam. Traemos a colación estos aspectos para mostrar una vez más el carácter global y diversificado que caracteriza a estas asociaciones.

## Aspectos económicos de las producciones

El balance general de las producciones de tableros posee dos elementos de alto impacto: la materia prima y la resina o encolante; la energía incluso puede quedar relegada a segundo plano cuando se hace una buena planificación productiva y se aprovechan los diversos residuos sólidos del proceso, aún más, si la industria se encuentra acoplada a otras producciones y se considera diversificada.

Existen límites para los precios que los tableros pueden alcanzar en los mercados, ya que considerados como materiales sustitutivos no pueden exceder los productos naturales. Por otra parte, aun cuando la calidad ha ido en aumento creciente, la madera rolliza fundamentalmente de frondosas, posee toda una tradición y merecido reconocimiento en la industria del mueble, por lo

tanto todos los esfuerzos de esta producción se encaminan a fijar precios condicionados según el destino específico final.

La tabla 24 muestra los precios (dólares estadounidenses por tonelada) promedios trimestrales <sup>(42)</sup> de exportación de tableros desde el año 1991 al 2001, lo que refleja el comportamiento mundial acorde a la acción competitiva del mercado.

**Tabla 24.** Precios promedio de los tableros. Decenio 1991 – 2001.

<b>Productos</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>
<b>MDF</b>	297	340	458	486	402	393	344	327	344	359
<b>Contrachapados</b>	601	692	679	649	760	934	550	615	603	555
<b>Partículas</b>	278	346	326	267	243	239	291	266	218	191
<b>Tableros duros</b>	260	236	253	257	268	260	242	242	234	246

Un aspecto que resulta evidente en esta industria es su alta vinculación a las economías de escala, resultando una ventaja bastante evidente, acoplar esta actividad a una industria que produzca adecuados desechos y que pueda utilizarlos como materia prima. Por otra parte, las pequeñas fábricas de tableros tienen que afrontar elevados costos, por lo que sería más provechoso instalar en gran escala, siempre que las condiciones justificaran la empresa, de aquí un compromiso a evaluar por el inversionista. Cuando se analizan las fibras anuales, el horizonte no resulta diferente, las fuentes de materias primas han de estar ubicadas lo más cercanas posibles y los sistemas de recolección asociados con un máximo de eficiencia, a fin de que no se introduzcan más lastres al proceso.

La economía de escala por ende, estará en relación directa con el tamaño de mercado meta de las producciones finales y la existencia de materias primas suficientes para darle cobertura. No existe una receta única para proponer la escala productiva, pero es aconsejable utilizar aquella que garantice como mínimo su sustento financiero a largo plazo, satisfaciendo la demanda cuantitativa y cualitativa del mercado meta.

Como tendencia mundial, se prefieren las plantas de gran capacidad. En la tabla 10 se constata claramente que China con un número importante de instalaciones posee comparativamente la misma capacidad que Europa en su conjunto, mostrando capacidades iguales o superiores a los 200 metros cúbicos por día de operación. Para las plantas de tableros de partículas, la introducción de las prensas *ContiRoll*, ha representado un incremento de su capacidad superior a los 1000 metros cúbicos por día, valores que anteriormente no podían ni tan siquiera ser soñados con las prensas existentes. Por lo tanto, el costo unitario por metro cúbico se ha ido reduciendo de forma sustancial a favor de la producción.

Posteriormente a todo lo enunciado y de forma resumida se puede expresar que la industria internacional de tableros y productos relacionados está caracterizada por:

- a) Un alto proceso de concentración e integración de capitales y producción.
- b) La búsqueda de economías de escala que garanticen la sostenibilidad económico – financiera del sector.



- c) Un amplio proceso de integración tanto vertical como horizontal.
- d) Un alto desarrollo tecnológico para lograr una eficaz explotación de los factores de la producción.
- e) Un sostenido crecimiento cualitativo de los productos finales.
- f) Un impetuoso desarrollo productivo en aquellos países y regiones capaces de garantizar tanto la explotación máxima de las capacidades instaladas (por la existencia de un mercado solvente), como la posibilidad de proveer a la planta productiva de las materias primas y equipamiento que la conviertan competitiva, ante el mercado de las maderas naturales.

## **Valor agregado de las producciones**

Resulta inminente que el desarrollo industrial de cualquier producto no debe ser detenido, de lo contrario las propias exigencias del mercado establecerían las bases para eliminarlo o sustituirlo a corto plazo por una nueva opción que garantice sus demandas.

Para el caso de los paneles en su conjunto, se estila incrementar la calidad superficial o implantar motivos decorativos a las superficies, así como mantener las técnicas habituales de aplicación de chapillas, papeles u otras, que además de cumplir funciones decorativas, lo protegen ante determinados ambientes y productos catalogados como usuales dentro del ambiente de aplicación de los mismos. Igualmente se aplican pinturas, barnices, decorados a rodillos o aplicación de polímeros muy estrechamente vinculados a una línea de diseño o tendencias impuestas por el objeto del mercado.

Las directrices de la industria actual se encuentran destinadas a:

- Producciones a granel para reducir los costos y aumentar el nivel de competitividad.
- Producciones a la medida, para satisfacer demandas especiales.

Muchas empresas tratan de cumplimentar ambas líneas de deseo, aprovechando el sinergismo entre las operaciones.

De lo anterior resulta que existen productores que se vinculan directamente o forman parte accionista de talleres para la conversión del panel o aglomerado en producto terminado, listo para ocupar espacio en estanterías. Lo cierto es, que por cada industria en particular, existe un gran cúmulo de pequeños y medianos talleres concebidos para convertir los productos en unidades funcionales, lo que conduce a que la mayoría de los productores vendan el tablero como producto terminado y en ello es que ponen especial énfasis.

Otra forma interesante de lograr nuevas posiciones de mercado lo encontramos en Malasia, donde han logrado que parte de la producción de MDF se transforme en un nuevo producto que resulta del moldeado de las fibras. Se plantea que pueden lograrse variadas formas de productos acordes a las representaciones en los moldes, que son construidos de metales especiales en los cuales la calidad superficial resulta de vital importancia no solo por una razón estética, sino para evitar la adhesión de las superficies y además contar con una excelente transferencia del calor. El

destino fundamental está dirigido a la exportación a Reino Unido, Europa, Estados Unidos y China, este último como uno de los países al cual le atribuyen los mayores éxitos de mercado. Aseguran entonces que el moldeado de fibras con resinas resistentes a la intemperie, con determinada diversidad de formas y decorados, presenta un futuro relevante confirmado por la magnitud de la demanda. El acabado superficial resulta fundamental y posiblemente apliquen diversos productos químico sintéticos a fin lograr apariencia y durabilidad, leyes de respeto al mercado y que definen la estabilidad del mismo en la escala de la popularidad.

Para el caso de la producción de paneles de partículas, la anexión de una planta de productos moldeados constituye una vía interesante para lograr producciones de más alto valor agregado, para ello se implementan esquemas de transporte de fibra encolada por medio de conductores y silos de distribución de material, acordes al número de plazas de prensado. Por regla general, se impacta escasamente en la producción de paneles y en todo caso dependerá del estudio económico que determine hacia dónde se deberán movilizar los mayores esfuerzos teniendo en cuenta las ganancias o los compromisos empresariales.

La forma de presentación de los paneles depende de la peculiaridad de su superficie, para ello resulta común aplicar chapillas, papeles melaminados o depositar una fina capa de poliéster, entre otras maneras para brindarle terminación al panel. Más recientemente <sup>(47)</sup> ha cobrado mucha fuerza la aplicación de pinturas en las superficies, apoyada en el desarrollo de la industria química, el uso de softwares para la modelación de superficies, el pintado superficial digital y el fraguado rápido en túneles UV, proceso de extrema flexibilidad, que se fundamenta en bases almacenadas digitalmente y que son transferidas a las superficies de forma rápida y precisa. Estas se pueden cambiar en cuestión de horas, aún cuando se trate de altas velocidades de línea, y además por ser considerado limpio, desde el punto de vista ambiental.

Otra forma de lograr valor agregado estriba en la elaboración de productos de alta demanda tales como las paletas de carga, (figura 53), y que resulta, de forma evidente, de la unión de varias tecnologías de aglomerados o de madera y aglomerados. Se trata por todos los medios de aprovechar materiales defectuosos o recortes que provocan una expresión económica y favorable para la empresa.

**Figura 53.** Paleta de carga unitaria.



La imagen fue tomada de un boletín comercial de la firma española Inka Palets del año 2009 <sup>(48)</sup>.

La incorporación de valor agregado por regla general implica la obtención de mayores ganancias de la producción básica, no obstante su implicación directa en el incremento de los costos inversionistas totales de la instalación. Una regla que algunos productores han seguido ante la imposibilidad de contar con los recursos económicos totales para estos fines, ha sido contemplar los inicios de la producción en bruto y posteriormente abrazar la idea de brindar terminación a la misma.

## Cuba y la industria de los aglomerados

Se ha incluido este capítulo como un digno reconocimiento a Cuba dentro del desarrollo de la industria de los aglomerados. Por iniciativa propia o un poco presionada por las alternativas económicas de la época, tan tempranamente, en la década del 20 del pasado siglo, resultó ser uno de los pioneros mundiales en la producción de aglomerados a partir del bagazo.

Cuba por definición carente de bosques extensos, capaces de brindar cobertura a producciones como las aquí expuestas, vislumbró en el bagazo de la caña de azúcar la fibra que requería para lograr las producciones de paneles, tableros o madera artificial como fueron catalogados por mucho tiempo los paneles de partículas y/o expresiones tales como “cartón tabla” aún empleados popularmente cuando se hace referencia a los tableros de fibras semiduros y duros a los cuales hizo referencia el acápite de tableros de fibras.

Entre las referencias más antiguas que se disponen, se menciona en un informe de la subdirección de economía del ICIDCA un elemento escasamente difundido, asociado a la patente de proceso de producción de tableros conocido como Vazcane <sup>(49)</sup>, registrada en julio de 1930, que protege un proceso en el cual se le brindaba un tratamiento muy particular a la caña en aras de acondicionarla convenientemente para la producción de azúcar a la vez que brindaba una adecuada preparación de la fibra para la industria de tableros. El proceso desarrollado, resultó prometedor y se decidió construir una planta piloto de corte semi industrial en las cercanías del Central Toledo (después “Manuel Martínez Prieto”), ubicado en La Habana, donde se corroboraría la teoría patentada y que brindara resultados muy positivos en la producción de tableros de fibras empleados posteriormente en la construcción de viviendas. La industria funcionó exitosamente durante varios años, pero la compañía Celotex montó una planta en Louisiana, EE.UU., también a partir del bagazo, de mayor capacidad a la enunciada, no haciéndose esperar la invasión del producto al mercado cubano, por demás gozando de la debida protección otorgada por las políticas arancelarias existentes durante la República. La infeliz competencia forzó al cierre de la primera instalación.

Los equipos de la planta con el tiempo, sufrieron diferentes suertes y derroteros, se comenta que algunos de ellos fueron instalados en Cárdenas, provincia de Matanzas no sin antes sufrir algunas modificaciones en la instalación, conocida bajo el denominativo de Henetec, hoy “Jesús Menéndez”, aún en funcionamiento gracias al tesón de sus operarios.

No fue hasta el año 1958 que la tecnología de producción de estos tableros de fibras encontró otra expresión productiva en el país, esta vez una instalación industrial de mayor porte y pretensiones a la anteriormente señalada, con la posibilidad de lograr tableros de diferentes densidades y con ello diversas aplicaciones para la industria de la construcción, conocida como Primadera, a la cual le tributaba bagazo el central “Amancio Rodríguez”, ubicado en la provincia de Las Tunas.

En el propio año 1958, en la provincia de Cienfuegos, poblado de Cruces, aldeaña al Central Ramón Balboa, se fundó una instalación capaz de producir diferentes tipos de paneles de

partículas a partir del bagazo que se conoció y se recuerda hasta la fecha como “PROCUBA” acrónimo de Productos Cubanos del Bagazo, posteriormente Mártires del Girón. La tecnología de esta instalación se hizo obsoleta y con ello declinó la calidad del producto final, fue considerada dentro de un proceso de modernización ejecutado en la década del 80, conjuntamente entre el ICIDCA (como centro promotor tecnológico), y empresas polacas, lográndose algunas mejoras en cuanto eficiencia, propiedades físico-mecánicas y calidad superficial del producto, estos últimos, de extrema importancia en la industria del mueble, así como también incrementos en el volumen de producción destinados a mejorar su economía e impacto en el mercado.

Las capacidades productivas de *plywood* también encontraron un exponente en el país, en las cercanías del actual central Manuel Fajardo, en La Salud. Por algunos años estuvo en explotación una instalación de pequeña capacidad conocida como “Maderas Técnicas”, posteriormente Emilio Baltasar, cuya finalidad fue producir *plywood* a partir de la madera de almácigo <sup>(\*)</sup> árbol oriundo de Cuba, perteneciente a la familia de las burseráceas, cuya madera se prestaba bajo determinadas condiciones de preparación para estos fines. Esta instalación que fue conocida por “Taller 02”, casi llegó hasta la actualidad, y durante algún tiempo, posterior al triunfo de la Revolución, se destinó a la producción de chapillas para el recubrimiento de tableros mono capas que se producían en una instalación aledaña, diseñada en aquel entonces para procesar los residuos de la primera. Al igual que en el caso de PROCUBA, con el tiempo se aplicaron en esta diferentes modificaciones, para emplear el bagazo residual de un central cercano, en este caso el actual “Manuel Fajardo” como central tributario. Producía también, paneles monocapas, y fue modificada mediante un proceso de modernización, especialmente diseñado para ella con la finalidad de producir tableros de tres capas mediante formación neumática.

Los procesos de modernizaciones analizados hasta el año 1979 traerían como resultado incrementar unas cinco veces la capacidad de producción heredada en el año 1958 que en comparación con el resto de los países del mundo, empleando exclusivamente fibras naturales representó para Cuba un salto impresionante en la esfera internacional, al alcanzar como productor de tableros de bagazo un indicador cimero de 24,6 m<sup>3</sup> de panel por cada 1000 habitantes.

El conocimiento acumulado en el tiempo destaca, entre los cubanos, habilidades en manipulación, tratamiento y almacenamiento del bagazo, sobre el resto de los procesos que toman lugar en la producción de tableros, conjuntamente con otros factores productivos vinculados a la industria azucarera, que garantizaron un mercado nacional y posibilidades de exportación, lo cual potenció el montaje en el país de tres instalaciones de tecnología moderna para la década 70 /80, licitación ganada por la compañía Bison Werke, en su momento uno de los exponentes más notorios de la producción de aglomerados de Alemania. Estas tres instalaciones conllevaron a criterios productivos que modificaron técnicas de almacenamiento y mejoras dirigidas a la preparación de la fibra, como aspectos más relevantes del proceso a partir del bagazo.

---

(\*)9) Otras fuentes plantean eucaliptos. (Carvajal, Ofelia. Revista ICIDCA).

De lo anterior, la industria productora de tableros se subdividió en dos segmentos muy bien definidos: el primero, heredado de antes de 1959 al cual con el transcurso de los años se le habían realizado determinadas renovaciones en su equipamiento pero aun conservadoramente se mantenía como de baja capacidad y calidad; y el segundo, con tecnología de avanzada, en las cuales se sustentó una floreciente industria del mueble mostrando nuevas exigencias de calidad que garantizaron además exportaciones de producto bruto. La tabla 25 representa el cuadro productivo que existía en Cuba entre los años 1929 y 1984.

**Tabla 25.** Capacidad de producción de las plantas de tableros instaladas en Cuba.

Año	Instalación	Producto	Localización	Capacidad	Unidad	Operación
1929	Henetec	Fibra duro	Matanzas			Si
1956	Primadera (*)	Fibra duro	Las Tunas	4550	m <sup>3</sup> /año	No
				7000	m <sup>3</sup> /año	
1957	PROCUBA (*)	Partículas	Cienfuegos	14000	m <sup>3</sup> /año	No
				20000	m <sup>3</sup> /año	
1958	Maderas Tecnicas (*)	Partículas	La Habana	8000	m <sup>3</sup> /año	No
				12000	m <sup>3</sup> /año	
1979	Camilo Cienfuegos	Partículas	La Habana	55000	m <sup>3</sup> /año	No
1981	Primero de Enero	Partículas	Ciego de Avila	55000	m <sup>3</sup> /año	Si
	Jesús Menéndez	Partículas	Las Tunas			
1983	Mende			39000	m <sup>3</sup> /año	Si
1984	Monoplato			55000	m <sup>3</sup> /año	No
<b>Total aproximado instalado</b>				<b>245000</b>	<b>m<sup>3</sup>/año</b>	

(\*) Antes de la modernización

Capacidades indicadas, acordes con el diseño de la instalación

Otros elementos importantes en relación al desempeño nacional en esta industria, están representados por el sector de producción de las resinas o aglomerantes para esta industria. El empleo de la resina urea formaldehído llegó a convertirse en uno de los problemas más graves de estas producciones. Esto se debe a dos aspectos fundamentales: uno relacionado con la importación de la resina líquida, la cual como consecuencia del vencimiento de su vida útil, bien por condiciones no adecuadas de almacenamiento o por exceso del tiempo de transportación, llegaba a las fábricas cerca de su tiempo de polimerización. El segundo se relaciona con el costo de la resina y las influencias externas de los mercados accesibles al país, que en muchos casos condicionaba, incluso la capacidad productiva.

Investigadores del ICIDCA se dieron a la tarea, primeramente de modelar la síntesis en sus laboratorios, escalarla y diseñar instalaciones para este fin y anexarlas al propio flujo productivo de las plantas y poder realizar la síntesis *in situ*, como medida racional para vencer las dificultades técnico - económicas del momento. Se ejecutaron estudios comparativos en condiciones de operación estable para sustituir materias primas de más elevado valor por otras

más accesibles al mercado o de menor costo, ejemplo de ello lo tenemos en las evaluaciones de la resina urea formaldehído por urea para-formaldehído <sup>(50)</sup>.

La preocupación por la calidad de los tableros destinados a la producción de muebles no escapó de las regulaciones internacionales, al plantearse la producción de resinas con bajo contenido de formaldehído libre, elemento que instrumenta la diferenciación de las calidades de resinas en E1, E2 y E3. Resulta ya una práctica internacional producir tableros con una mezcla de resinas, no solo las del tipo urea formaldehído, anteriormente analizadas, sino con mezclas con melamina formaldehído buscando mejores propiedades de resistencia a la humedad.

En la actualidad, la producción de paneles se ha deprimido de forma importante como consecuencia de la contracción de la producción azucarera en el país, reduciéndose de forma dramática las disponibilidades de bagazo y adicionalmente condicionada por el normal desgaste de una industria desfavorecida en mantenimiento, por falta de reposición de piezas y partes de la maquinaria principal, proveniente del primer mundo.

Desde el punto de vista investigativo, el país y muy particularmente el ICIDCA, mantuvo por años un adelanto importante del desarrollo, en relación a la industria, que propició una cartera de conocimiento tecnológico anticipada a la realización de los procesos inversionistas, representada por tecnologías como los productos aglutinados con productos inorgánicos o los moldeados de bagazo, en las cuales se incursionó con éxito en la construcción de los herramientas para la materializaron de una producción experimental de cajas de bagazo aglutinado con resina UF. Más recientemente, se amplió el campo de conocimiento enfrentando la tecnología de producción de composites de fibras y plásticos conocidos por las siglas WPC, que se tratan de forma independiente más adelante.

Hasta aquí los aspectos relacionados con los tableros, mas como se indica en la tabla 1, existe un grupo de producciones a partir de la madera conocidos como EWP, que para el caso de Cuba poseen un carácter si bien no novedoso al menos rompen con los tradicionales modos de elaboración de la madera. A continuación se expondrán algunos elementos sobre estas tecnologías.

## Laminados de la madera. EWP

El desarrollo de estos productos a partir de la madera ha tenido un proyecto de desarrollo paralelo al de los diferentes tipos de tableros que hasta la sección anterior han sido expuestos, y que en determinada medida comparten un espacio conjuntamente con los *plywood*, sobre los cuales de forma expresa no se ha deseado extender en este trabajo y que resultan conocidos por todos.

El inicio del desarrollo moderno de las construcciones con madera laminada encolada comenzó en el siglo XIX, cuando el alemán Otto Karl Friedrich Hetzer empleó vigas laminadas de 10 m de longitud en el edificio Reichstag en Berlín, patentando por primera vez su invención en Suiza en el año 1901. En 1910, en la Exposición Mundial de Bruselas, presentó una viga laminada tipo “Hetzer” de 43 m de longitud que causó sensación, ya que fue la primera construcción de un elemento estructural de madera que había excedido la longitud de un árbol. La idea principal del alemán fue mejorar las propiedades de resistencia de la madera <sup>(51)</sup>.

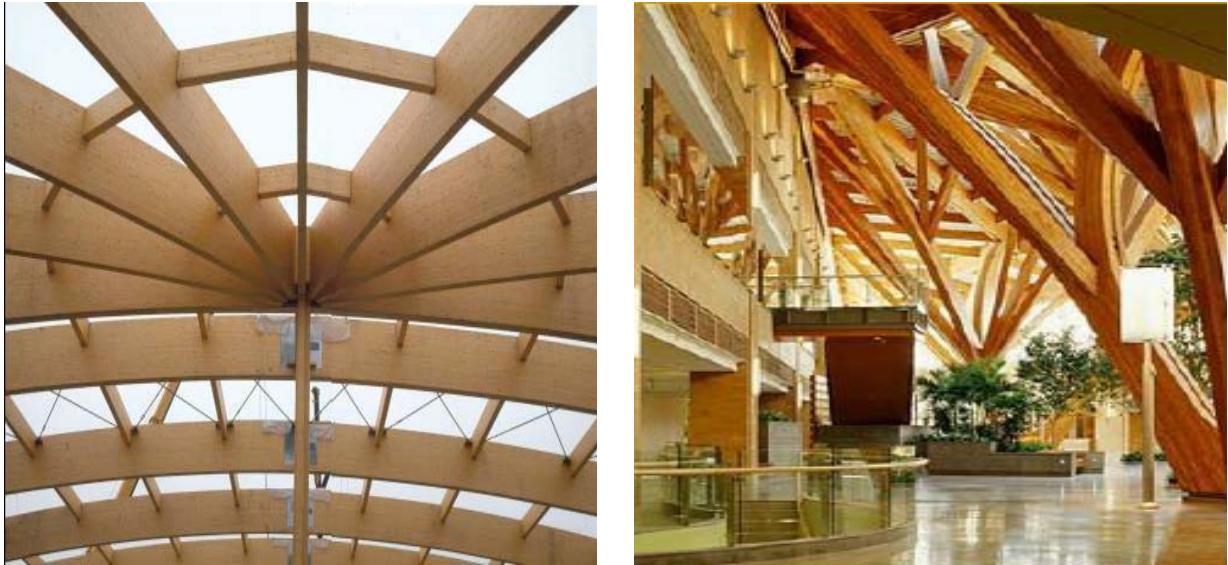
A todos estos productos derivados de la madera laminada y encolada (vigas, viguetas - pilares compuestos, etc.), se les conoce en el mercado con las siglas EWP (*Engineered Wood Products*), cuya traducción podría ser productos estructurales confeccionados a partir de la madera; aunque a veces también se encuentran como SCL (*Structural Composite Lumber*), cuya traducción objetivamente sería elementos estructurales compuestos con productos derivados de la madera que resulta complicado seguir en Español, de aquí que al igual que los OSB, MDF y otros, el empleo de las siglas como identificadores haya ido por delante de su definición. Si se les analizara detenidamente, parecen haber surgido más como respuesta a los múltiples problemas que presenta la construcción ante las soluciones estructurales mixtas, (cuando se relacionan aceros y madera en un propósito resistivo común) que como una tecnología, aunque poseen sus propias técnicas constructivas y cumplen igualmente exigentes normativas internacionales.

En la tabla 1 se les había denominado Perfiles Estructurales de Productos Derivados de la Madera, de los cuales se muestran algunas aplicaciones en las figuras 54 – 56.

Analizaremos en el contexto del capítulo cada uno de ellos por separado en cuanto a la forma de empleo, cargas resistivas asociadas y métodos de sujeción, entre otros. Aparecen como elementos normalizados en el mercado común, por lo tanto, los proyectos de edificaciones que los contienen, en determinada medida, poseen regulaciones y restricciones de uso; unas devenidas de los cálculos realizados por los especialistas, y otras de la práctica cotidiana.



**Figura 54.** Usos estructurales de los Glulam.



Se aprecian los Glulam participando de forma activa dentro del conjunto de elementos en la elaboración de estructuras portantes.

**Figura 55.** Otros usos de los Glulam.



Al igual que el caso anterior, se presenta una estructura soporte, en la cual las soluciones de fijación se realizan a partir de pernos de anclaje.

A continuación del posicionamiento, se realizan los “amarres” estructurales, para la continuidad del proyecto, tal cual ocurre en la práctica cotidiana con los aceros, solo que aquí se requiere un premontaje antes de proceder a la fijación.


**Figura 56.** Estructuración de pisos.



La figura 56 muestra una aplicación típica para la confección de un piso o entre piso a partir de soluciones realizadas con aglomerados. Se aprecia la estructura soporte subyacente a partir de Perfiles Estructurales, mientras que en la cubierta de suelo, pueden participar soluciones posibles de realizarse a partir de cualquiera de las tecnologías de paneles analizadas (composites de madera plástico o hasta soluciones cementosas de alta resistencia a la humedad). Este es un ejemplo típico de múltiples soluciones para la construcción a partir de esta industria.

La figura 57 muestra las recomendaciones de uso de elementos acorde a los espesores de tableros de partículas y reticulado de soporte ante la aplicación de cargas calculadas (kPa), para obtener una deflexión máxima de 2 mm; según normativas de la Asociación Australiana de Producción de Paneles; que aparecen en el manual de diseño de suelos, a partir de tableros de partículas estructurales<sup>(74)</sup>.

**Figura 57.** Recomendaciones de cruzamiento para pisos.

$k_1 = 1$                        $j_2 = 2$                       

Espesor del Tablero de Partículas mm	Cruzamiento en mm						
	300	350	400	450	500	600	700
19	18.2	13.4	10.2	8.1	6.5	3.5	2.0
22	24.4	17.9	13.7	10.8	8.8	5.5	3.2
25	31.5	23.1	17.7	14.0	11.3	7.9	4.6

Resulta indudable, al visualizar estos productos o simplemente leer los resúmenes de proceso productivo, percatarse que ellos están plenamente diseñados para el mejor aprovechamiento de la madera y que existen pocos materiales no maderables que pueden competir en este sentido. Las fibras anuales no participan en este maratón, al menos, hasta el momento no se dispone de reportes que indiquen lo contrario.

No se pretende otro fin que no sea mostrar estos desarrollos como soluciones que comparten un espacio de mercado con los productos aglomerados que ya nos son familiares. La concepción del genérico, corresponde fielmente con la de obtención artificial de una madera realizada por el hombre, acorde a sus necesidades, a través de medidas de ingeniería. La preparación de la madera permite la obtención de un nuevo material “optimizado” en el que no existen las fallas de homogeneidad como es característico del producto natural, por ejemplo los nudos, direcciones predominantes de las fibras, etc.

Los elementos se obtienen aplicando calor y presión a piezas de madera de distintos formatos, orientaciones de las fibras formando filas que previamente encoladas forman las láminas que los componen. Las fuentes más utilizadas pueden ser restos de planchas o tiras de madera; en las que predomina geoméricamente su longitud ante las dimensiones de su sección transversal.

## **Productos LVL (Laminated Veneer Lumber)**

Troutner y Thomas <sup>(52, 53)</sup> crearon oficialmente a principios de 1960 una empresa que fue conocida como TJ International (EE.UU.), para vender las sorprendentes “Truss Joists” o viguetas de celosía. Esta vigueta de alma hueca empleaba dos listones; superior e inferior, ambos de madera estructural. Estos listones estaban conectados por un alma, resultando de ello una forma en “I” distributivamente eficiente, que concentraba en la madera estructural de los listones la capacidad portante de los esfuerzos aplicados a la misma. El mercado estaba preparado para el debut de este producto y las ventas se dispararon fundamentadas por su ligereza y resistencia, junto a su capacidad para cubrir grandes vanos, que le convirtieron en un sustituto ideal para la vigueta de madera maciza e incluso, según el caso, a la metálica.

Sin embargo, la producción dependía del suministro de madera estructural aserrada y de los tableros contrachapados de alta calidad, que se hacían cada vez más difíciles de adquirir en el mercado. La creatividad de Troutner dio como resultado un producto alternativo a la madera maciza, un laminado paralelo de planchas de Abeto Douglas de 1/10 de pulgada (2,54 mm) de grosor, encoladas y fraguadas por radiofrecuencia, que alcanzan propiedades de resistencia y uniformidad óptimas para viguetas. Este taco, sin laborar, denominado zoquete o tocho, posteriormente es cortado a las dimensiones deseadas. El producto reproduce la estructura natural de la madera sin sus defectos típicos mostrando una estructura resistiva mejorada.

En enero de 1970, TJ patentó el proceso de fabricación del Microllam® LVL que fue como le denominó al nuevo producto. Los nuevos TJ's MICRO-LAM, estaban compuestos por alma de contrachapado y alas de planchas laminadas (LVL). El producto se erigió como el mayor éxito

comercial de los EWP en todo el mundo. El LVL, que fuera creado exclusivamente para ser usado en las viguetas Truss Joist cobró vida propia y empezó a utilizarse en otros formatos y con dimensiones superiores. Comenzó a utilizarse como viguetas de segundo orden y actualmente sustituyen con eficacia, en algunas aplicaciones, a la madera laminada. En formato de tablero estructural, su campo de aplicación es todavía pequeño.

En Finlandia se desarrolló el llamado LVL europeo, que se comercializa bajo la marca Kerto-LVL, surgido como resultado investigativo de la empresa Finnforest. La fábrica está ubicada en Lohja, al sur de este país y hasta el año 1998 fue la única empresa que fabricaba este producto en Europa. Curiosamente en la década del 60, en España, la empresa Peninsular Maderera S.A. perteneciente al grupo Bergaz, confeccionó piezas de LVL para producir bastidores de puertas planas. Pero a consecuencia de la crisis de Guinea, que conllevó a la pérdida de las colonias y al excesivo precio del producto, a finales de los 70 dejó de producirlos, por lo que nunca el producto pudo ampliar su campo de aplicaciones. También la empresa CAMSA (actualmente Puertas Norma S.A.) elaboró perfiles laminados en los años 70 con esta técnica, en su fábrica de tableros contrachapados ubicada en Cataluña, pero su excesivo coste les hizo desistir en el empeño.

La aplicación aparece reflejada en la figura 58, participando tanto en la configuración de las alas del perfil en I como en los cierres de la estructura, mientras que el alma puede ser configurada a partir de variados productos; WF, OSB o a partir de los OSL que se presentará más adelante.

**Figura 58.** Muestra del producto LVL.

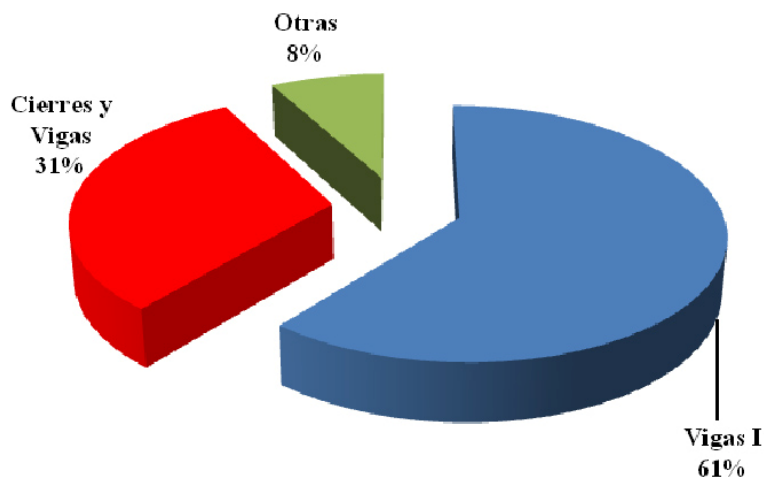


Se plantea que como resultado de la ubicación paralela de las fibras, se alcanzan propiedades superiores a las de la madera natural, son perfiles sólidos, consistentes y sus propiedades predecibles ante las labores de corte con buena estabilidad a esta operación, mantienen sus dimensiones sin deformaciones por delaminado o arqueamiento. El proceso de corte y ensamble permite obtener productos de grandes dimensiones aún y cuando el material

base pueda proceder de árboles de pequeño porte, lo cual brinda una opción interesante al mejor aprovechamiento de la madera.

El mercado de los LVL ha alcanzado un crecimiento importante en demanda, como resultado de sus insustituibles propiedades en aplicaciones, tales como la preparación de las vigas en I. La figura 59 corrobora esta condición.

**Figura 59.** Mercado de los LVL.



Los LVL constituyeron el primer perfil estructural normalizado en el mercado europeo, de estos existen tres tipos que se diferencian en propiedades en dependencia de la aplicación final. Estos se denominan como sigue:

- LVL / 1 para aplicaciones en ambiente seco
- LVL / 2 para aplicaciones en ambiente húmedo
- LVL / 3 para aplicaciones en exteriores (se utilizan bajo certificación de cumplimiento de aplicación de tratamientos que aseguran su durabilidad en esta clase de uso. Además del tratamiento se puede recubrir su superficie y sus cantos).

### **Dimensiones y tolerancias**

- Longitud: en Europa hasta 85 m, en Norteamérica hasta 24,4 m.
- Espesor o ancho del perfil: desde 39 hasta 45 mm.
- Canto del perfil: en Europa normalmente inferiores a 200 mm, en Norteamérica desde 240 hasta 406 mm.
- Normativa europea de referencia para las tolerancias: UNE EN 14.374 y UNE EN 14279.

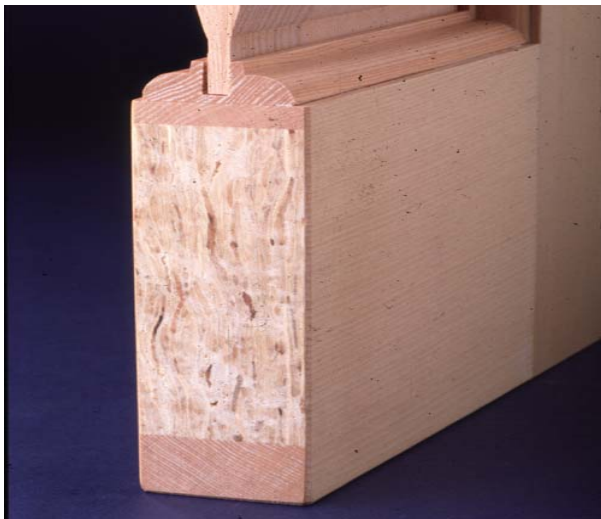


Antes de culminar la presentación de este producto, se debe resaltar el hecho de que los mismos, al igual que se planteó con los OSB, ofrecen una fuerte competencia a los *plywood*, los que de alguna forma siguen reduciendo paulatinamente su presencia en el ámbito maderero. La familia de los enchapados multilaminares <sup>(54)</sup>, a partir del año 1990, comenzaron a “robarle” espacio de forma tal que tan solo en un año, la producción se contrajo en cerca de 2 mil millones de pies cuadrados, equivalente a 1,86 millones de metros cuadrados, base 10 mm de espesor. Ya en el 2005, había significado una reducción de 5,57 millones de metros cuadrados en igual base de espesor, casi todo como consecuencia del impacto productivo de los LVL.

## Oriented Strand Lumber “OSL”

Transitando casi conjuntamente con los OSB y participando de la misma fuente de materias primas; es decir la madera, han aparecido en el mercado los OSL sigla de Oriented Strand Lumber, que se traduce al castellano como madera de virutas orientadas. Los OSL ocupan también un amplio espacio dentro de los elementos estructurales para componentes de techado, paredes y pisos, en aplicaciones para la construcción de viviendas y edificaciones comerciales. Entró al mercado por corporaciones que incluyen a Huber Engineered Woods LLC, Georgia-Pacific y Louisiana-Pacific, entre otras.

**Figura 60.** Aplicaciones de los productos OSL.



La figura 60 representa una solución aplicada al diseño de una pared o a una división tradicional con empleo de marquería en corte transversal.

Existe un grupo de patentes norteamericanas que cubren tanto los OSB como los OSL, que ubica básicamente a este último como madera obtenida por EWP y recuerda en parte a los mismos OSB confeccionados con virutas aglutinadas con resinas de isocianato (metil difenil diisocianato) <sup>(55)</sup> o fenol formaldehído con formación en multicapas orientadas. Aquí las virutas se producen en el sentido de la fibra del tronco, con

espesores que pueden ocupar los rangos de 0,2 a 1,27 mm, con una longitud (al parecer no tan significativa) desde menos de una pulgada (25,4 mm) hasta varias de ellas y en relación al ancho, igualmente poco controlado, desde menos de una a varias pulgadas; tratando de cumplimentar una relación de esbeltez (cociente entre magnitudes de longitud/ancho) cercana o mayor a 3 pulgadas (76 mm).

Todas estas aplicaciones tratan de aprovechar al máximo los recursos forestales disponibles, tan es así que se considera en estas aplicaciones un índice de aprovechamiento ascendente al 98 %, relativamente elevado cuando se compara en su conjunto, con los resultados que se logran con otras tecnologías.

Soluciones constructivas mixtas, en las que participan los OSL, aparecen reflejadas en la figura 61.

**Figura 61.** Otras aplicaciones de los productos OSL.



Este producto se diferencia del tablero de virutas orientadas debido a que todas las capas están orientadas en la misma dirección, paralelas en la dirección longitudinal y la relación longitud/espesor es muy elevada. En relación al LSL, se diferencia porque las virutas empleadas son más estrechas.

## **Perfiles conformados en "I"**

Los perfiles en I (viguetas doble T) como la palabra lo indica no son más que soluciones de ingeniería para una configuración estructural lograda a partir de algunas de las soluciones técnicas anteriormente nombradas. Se destinan igualmente al sector residencial y existen ligeras aplicaciones en el comercial. Más adelante se expresan las formas más frecuentes de aplicación.

El producto clasificaría como la unión de los LVL para los listones y empleo de OSB o los propios LVL para el alma. El perfil en doble T o viga I que se muestra en la figura 62 (representado igualmente en otras figuras de estructuras portantes), resulta similar a los conocidos tradicionalmente en la esfera del diseño estructural (mecánica, civil, etc.), confeccionados por



laminación de acero en una pieza única y que fueran estandarizados dimensionalmente según fabricantes, por lo que responden más a una concepción de diseño que tecnológicamente a un nuevo producto.

**Figura 62.** Representaciones de vigas en “T” a partir de diferentes productos madereros.



**Figura 63.** Aplicación de las vigas en “T”.



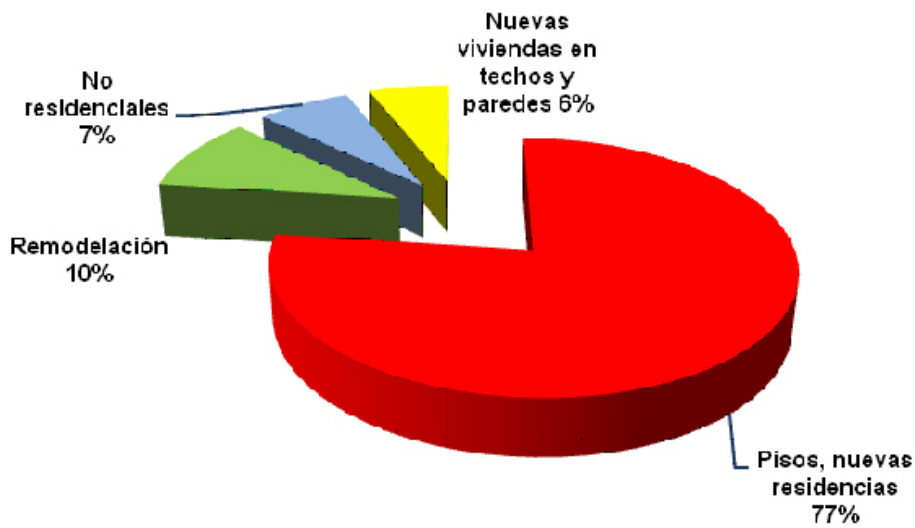
La figura muestra un tramado de vigas en I, conectadas a una viga de madera maciza, perfil de LVL o solución similar a estas, formando entre ellas un plano estructural.

La posibilidad <sup>(75)</sup> de emplear diferentes materiales en la preparación del perfil (alas y alma), produce un conjunto de comportamiento anisótropo, presentando respuestas beneficiadas ante los diferentes esfuerzos a que estaría sujeto el perfil

en su ubicación. La configuración de la estructura se comporta tal cual solución ingeniera con vigas en I con encastres tanto al alma como a las alas del perfil, de aquí la facilidad del empleo de recortes, a fin de solucionar las necesidades propias del proyecto constructivo que se realiza.

La figura 64 muestra la utilización por destino que se le brinda en los Estados Unidos a este tipo de producto y como en combinación con otras formas materiales ha ganado paulatinamente en aceptación, fundamentalmente dentro de los grupos dedicados a la construcción.

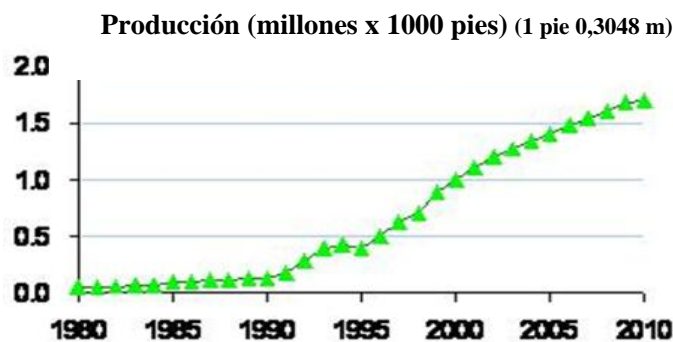
**Figura 64.** Destinos de las vigas en “I”.



La figura 65, muestra claramente el comportamiento de la demanda de estos perfiles y el pronóstico de crecimiento del producto, dentro del mercado de la construcción de viviendas y otros tipos de instalaciones.

De la demanda representada en la figura, es de esperar que el producto abarque cada día más espacio dentro de la política constructiva y reconstructiva de inmuebles e instalaciones, incluso que se promuevan tomando como base las innovaciones u otras perspectivas de empleo como solución técnica acorde al uso de estos materiales.

**Figura 65.** Pronóstico de demanda de las vigas en “I”.



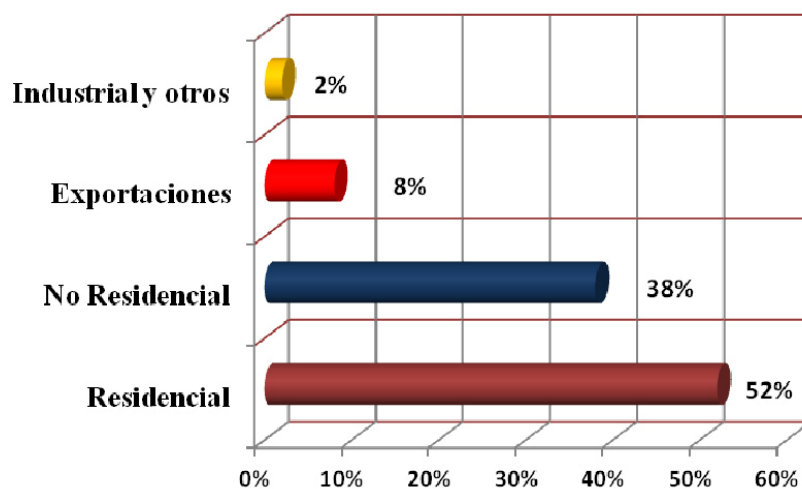
## Glulam

Constituye un laminado confeccionado a partir de madera cortada en listones, que encolados en frío se prensan para lograr una unidad. El mismo se destina a usos dentro de la construcción y como se aprecia más adelante, se adapta con facilidad a obras de magnitudes superiores, las que requieren de un soporte estructural de alta resistencia y en este caso, el constituye este soporte.

Las construcciones realizadas con Glulam evidencian un diseño particular del producto, acorde a un proyecto específico, y dimensionalmente responden a las solicitudes de esfuerzos, a los cuales están sometidos. Así la catalogación de trabajos artesanales de madera, ya lanzada anteriormente a esta clasificación de EWP, se adviene en este caso mejor que a la presencia de una tecnología de aglomerados. Sin embargo, una vez que la madera es procesada, encolada y prensada, por nomenclatura es un aglomerado.

En la figura 66 se manifiesta claramente la elevada participación de los Glulam dentro del mercado actual de los EWP y los sectores de la construcción, donde participan de forma importante.

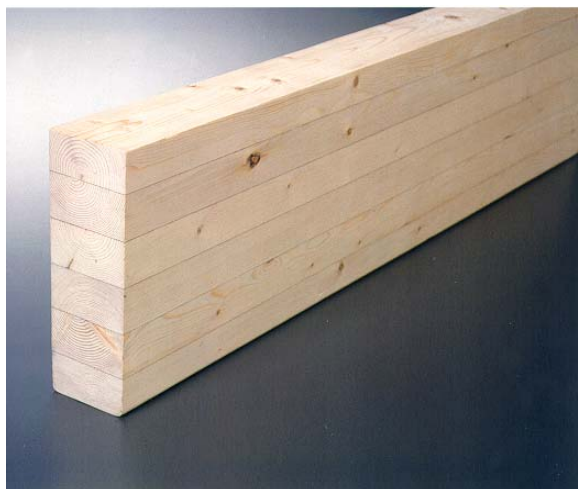
**Figura 66.** Participación en el mercado de los productos Glulam.



La figura 67 muestra, en primer término, una viga recta “virgen” terminada y una segunda imagen dentro de un conjunto estructural, conformada y trabajada acorde a los requerimientos de un proyecto de sostén. Aplicaciones de lacas, pinturas o barnices otorgan adecuada terminación y preservación a la madera, de esta forma elaborada.

**Figura 67.** Aplicaciones diversas de los Glulam.

*Viga recta virgen*



*Viga conformada en el espacio funcional*

La rigidez y resistencia de estos ensambles de madera también resultan superiores a las comparables en idénticas construcciones, elaboradas a partir de la madera natural y adicionalmente se logran importantes beneficios en costo y reducción en el uso de materia prima virgen para igual configuración. Por otra parte, se plantea que los diseños de vigas a partir de este material requieren de escasos apoyos o soportes intermedios en los diseños estructurales, lo cual le ofrece elevada flexibilidad en el diseño. La resistencia dentro de un mismo perfil puede variar con relación a la especie de madera que se emplee para este fin.

Los conocedores de las temáticas de materiales reconocen que en una viga sometida a flexión, se establece que las fibras de la parte superior están sometidas a compresión mientras que en el lado opuesto resulta todo lo contrario, eso implica que naturalmente habrán de seleccionarse los materiales que componen la viga, a fin de lograr los mejores resultados en el diseño. Debido a esto, las vigas confeccionadas especifican la posición para la misma en el montaje.

Otro exponente productivo se encuentra en la firma Nordlam<sup>(56)</sup> de la cual se muestra, en las figuras 68 y 69, parte del proceso de formación de una viga así como también una segunda trabajada para permitir la unión a otro elemento.



**Figura 68.** Línea de producción de Glulam.



**Figura 69.** Preparación de los Glulam para el ensamblaje.

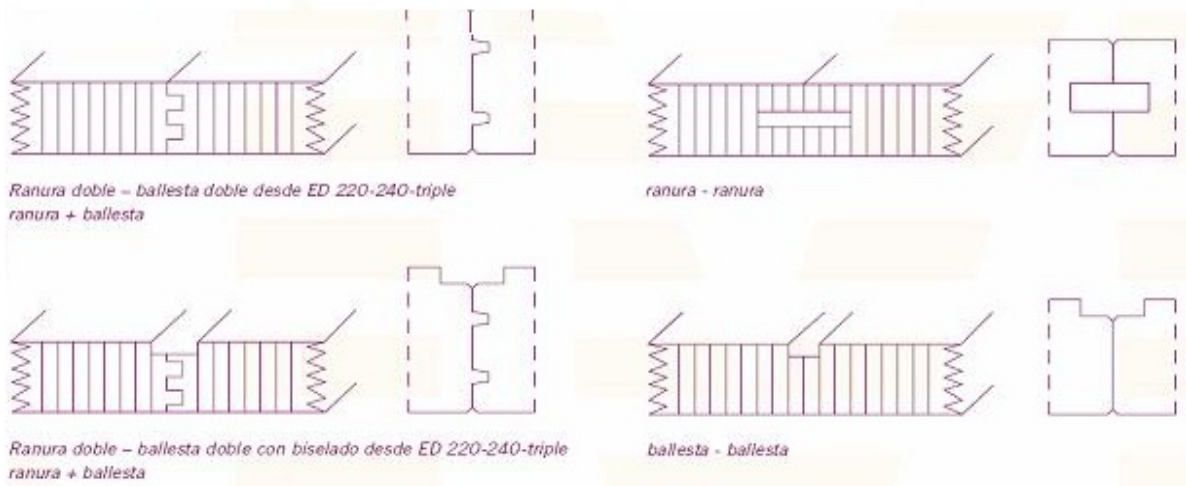
La longitud de la viga en la figura 68 muestra claramente la posibilidad de ensamblar la misma a partir de diferentes secciones de madera, logrando en su conjunto la posibilidad de alcanzar elementos, cuya longitud sobrepase a los elementos de madera natural que le dieron lugar. Aparentemente, por diseño pueden mantener o no simetría, en cuanto a la orientación de la fibra.



La figura 69 muestra el perfil de preparación para ensamble, el cual se realiza por medio de herramientas especializadas que permiten la elaboración a todo lo largo del material preparado.

La figura 70 muestra las diferentes formas de unión o acoplamiento de las vigas para la conformación de techos. Como se aprecia esta unión puede ser realizada por medio de ranuras o dientes en la viga y posteriormente acoplarlos mediante encolado y presión o incorporando un tercer elemento conector. Resulta igualmente evidente en esta imagen un comportamiento similar a todos los EWP y el máximo aprovechamiento de la madera maciza para lograr un concepto estructural determinado.

**Figura 70.** Modos de ensamble de los Glulam para techado.



Estas soluciones para el techado de viviendas, ofrecen ventajas como se reportan a continuación:

- Peso inferior a las construcciones de hormigón.
- Corto tiempo de montaje.
- Ambiente interno agradable.
- Elevada capacidad al soporte de carga estática.
- Gran estabilidad de forma y precisión en el ajuste.
- Manejo sencillo.
- Estéticamente agradable.
- Calidad constante.

En el ambiente europeo, no se encuentran muchas empresas que presenten estas tecnologías en su cartera de producciones. La firma Rubner, con sede central en Alemania, constituye un grupo de empresas de orientación internacional de gran actividad, que se destaca en producciones de madera aserrada, tableros de madera maciza, madera laminada encolada, estructuras de madera encolada, puertas, ventanas, casas climatizadas y edificaciones, todas ellas satisfaciendo las más estrictas exigencias de mercado.

## Parallam

El Parallam fue una creación de Mac Millan Bloedel (MB), empresa canadiense catalogada por especialistas como una leyenda en los elementos estructurales de madera. Durante los años 70 y 80 la empresa había mantenido un equipo muy activo de investigadores que desarrollaron los

productos líderes de la firma: el *waferboard* (Aspenite), el *Timber Strand* y el *Space Kraft* (un contenedor para alimentos líquidos y productos químicos no peligrosos, que reemplazaba a los envases metálicos). Derek Barnes, director de la mayoría de los proyectos de MB, y Mark Churchland & Walter Schilling de Mac Millan Bloedel Research, fueron los padres del Parallam, un producto que recibió muchos premios a la innovación.

El Parallam o PSL (*Parallel Strand Lumber*) es un producto compuesto por tiras obtenidas del corte de láminas de madera orientadas en la dirección longitudinal de la fibra, encoladas y prensadas. La nueva madera reconstituida es un material “optimizado” homogéneo y sin nudos que presenta la misma anisotropía que la madera natural. La marca Parallam fue registrada por Mac Millan Bloedel en la oficina de patentes, el 19 de noviembre de 1985, con el N° 734 856 57.

Los antecedentes del PSL son confusos ya que a principios de los 80 se produjeron varias patentes de materiales estructurales a base de partículas de formas variadas. La novedad del nuevo producto se basó en la sencillez de su obtención, lo que dio lugar a otras patentes para el equipo de Barnes (N° 4421149 de 1983). El Parallam o PSL en general, ha tenido una existencia exitosa. En sus dos formatos, como perfil estructural o como tablero, puede sustituir con éxito a la madera aserrada estructural y a los tableros estructurales, aunque su elevado precio ha limitado su expansión. Lo que no fue considerado al principio, su agradable aspecto, ha pesado en su elección actual, más que sus propiedades tecnológicas.

El producto se muestra en la figura 71, técnicamente los listones cortados en el sentido de la hebra de la madera, se sumergen en el encolante y se colocan de forma paralela para la realización de un prensado en caliente, caracterizado por su ejecución continua, conformando una viga como unidad, en toda su magnitud, al culminar el proceso. Desde el punto de vista de resistencia mecánica se compara como elemento estructural, con los aceros de bajo grado de carbono. Las vigas se fabrican en dimensiones de hasta 305 x 508 mm (12 x 20 pulgadas), y son capaces de soportar importantes esfuerzos de flexión como de compresión, se emplean en la confección de pisos y entrepisos de alta resistencia. Por su parte la figura 72 presenta una ilustración del uso del producto.

Resulta de interés en la figura 72 resaltar cómo las vigas representadas resisten tanto cargas a flexión como a compresión en el diseño estructural que se muestra. Y de manera general, se observa dentro de una misma estructura la existencia de diferentes EWP comprometidos, cada uno de ellos, con una función propia y económica dentro del diseño estructural. Los Parallam tienen la capacidad de resistir mayores cargas que las propias maderas que le dieron origen en consecuencia de su modo de preparación y composición, es decir prácticamente estructurados a partir de la dirección de la fibra y densidad muy similar a la del material maderero que le da origen, en este caso generalmente pinos, sauces o abetos, que se emplean para la confección de los mismos.



**Figura 71.** Configuración de un Parallam.



**Figura 72.** Ilustración de uso de los Parallam.



**Figura 73.** Ilustración de uso de Parallam.



La figura 73 muestra las formas en que el perfil se sujeta para cumplir su función dentro del contexto de aplicación. Tanto en la figura anterior como en esta, se aprecian dispositivos metálicos conformados y el empleo de diversos elementos de sujeción, sobre esto en el próximo capítulo se amplía la información.

Cuando se analizaron estas producciones especiales de aglomerados en el contexto mundial, se puede observar que anualmente las mismas se producen en cantidades inimaginables. Solamente en 2006, la producción de las vigas I para

aplicaciones en suelos alcanzó unas 240 000 millas (386 200 km.).

Dentro del grupo de productores de EWP, se muestra un exponente de tradición europea en el sector de la industria maderera; el grupo Stallinger-Kaufmann,<sup>(57)</sup> el cual posee seis plantas de producción ubicadas en Austria, Alemania y Suiza, fabricando productos de calidad a partir de la madera, los que acorde con el grupo, constituyen materiales ecológicos y de carácter sostenible.

El grupo está constituido por la unión de dos productores:

- Los aserraderos Stallinger: producen leña, productos cepillados y productos especiales para la exportación.
- Las plantas de Kaufmann fabrican productos para el encofrado de hormigón y para la construcción en madera de alta calidad.

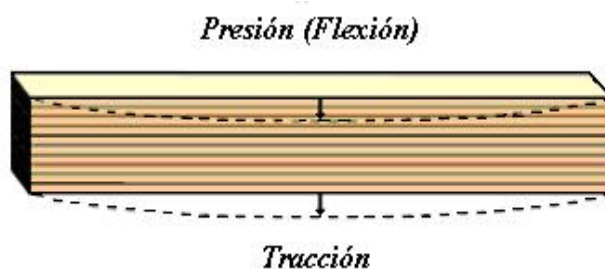
Con más de 50 años de experiencia en la construcción, con maderas laminadas y encoladas, Kaufmann es una de las empresas pioneras del sector en todas las formas posibles e incluye en su catálogo de producciones tanto productos seriados como personalizados, componentes doblados a petición con ensamblaje CNC y componentes listos para el montaje. De acuerdo con el prospecto de producciones del grupo, se realza la producción objeto de análisis. Para esto se plantean ocho argumentos que justifican la selección de la madera laminada y encolada para estos usos:

- 1. Grandes envergaduras.** La madera laminada y encolada se caracteriza por una alta capacidad de carga y un bajo peso propio. Esta combinación permite confeccionar componentes de pequeñas dimensiones y con posibles envergaduras de hasta 100 m.
- 2. Formas libres.** Puede producirse con combada, arqueada o doblada en una gran variedad de secciones. Esto proporciona gran flexibilidad en cuanto a la forma aprovechable en diseños arquitectónicos y otras facilidades para los constructores.
- 3. Alta resistencia al fuego.** Una estructura portante de madera laminada encolada es más segura contra incendios que una construcción de acero sin protección. La formación de una capa carbonizada alrededor del núcleo portante reduce la entrada de oxígeno y de calor desde el exterior y, por lo tanto, retrasa claramente su combustión posterior. La tasa de combustión de la madera laminada y encolada es de 0,7 mm/min. Generalmente no requieren la aplicación de pintura contra incendios como medida de seguridad.
- 4. Estabilidad dimensional.** El laminado y encolado se produce a partir de una madera con aproximadamente 12 % de humedad. Esto corresponde a la humedad de equilibrio a 20 °C y 65 % de humedad relativa del aire en la categoría de utilización 1, acorde con la EN 286. Así, el comportamiento de contracción e hinchazón natural de la madera se reduce al mínimo, de manera que el perfil no presente prácticamente grietas ni torsiones al montarse, en condiciones secas de instalación. En combinación con la protección constructiva de la madera, el laminado es un material excelente y muy estable en cuanto a dimensiones.
- 5. Material resistente.** La madera laminada encolada es resistente a las sustancias químicas y agresivas, por ello resulta especialmente indicada para la construcción de almacenes de materiales agresivos, tales como fertilizantes, sales o ácidos.

- 6. Material natural y procesado.** Gracias al secado técnico y a la homogeneización de la materia prima, la madera laminada y encolada tiene una estabilidad considerablemente más alta para la construcción que la madera natural
- 7. Una contribución para la protección medioambiental.** La madera laminada y encolada y las construcciones de vigas laminadas son excelentes almacenes para el nocivo gas invernadero CO<sub>2</sub>. Al utilizar este material, el monóxido almacenado durante la fase de crecimiento del árbol se elimina de la atmósfera y se absorbe durante un largo período de tiempo. La utilización de madera laminada encolada es su contribución personal positiva a la protección medioambiental.
- 8. Materia prima renovable.** La materia prima utilizada para la fabricación de madera laminada y encolada, Kaufmann, procede en su mayor parte de bosques de Austria, Suiza y Alemania. Estos bosques han sido cuidados y explotados según los principios de la sostenibilidad (crecen más árboles de los que se cortan) durante generaciones. Así, la materia prima no sólo está siempre disponible, sino que también crece constantemente. La madera laminada y encolada está certificada al 100 % por el sistema paneuropeo de certificación de calidad (PEFC).

La madera laminada y encolada se compone como mínimo de tres chapas encoladas con las fibras orientadas de forma paralela. Generalmente, se aplica torsión a la viga laminada, de manera que se produzcan las máximas tensiones en las zonas de tracción y presión. Su estructura por capas permite colocar las láminas acorde a las distintas zonas elastomecánicas que definen su calidad (clasificación según resistencia). Así, para los componentes sometidos a flexión, las láminas de calidad se colocarán en la zona de tracción o presión generada por encima de la viga. Las capas centrales pueden ser láminas de menor resistencia. Una forma simplificada, que muestra el esquema de cargas se aprecia en la figura 74.

**Figura 74.** Esquema de una viga bajo esfuerzos de carga.



Una facilidad que brinda la industria para todo tipo de proyecto es su potencial para construir componentes arqueados de hasta 36 m de longitud. Esto se logra con el empleo de un cabezal orientable de 5 ejes, controlado por ordenadores de alta tecnología y herramientas modernas para el maquinado que emplean componentes de precisión con exactitud de repetición

extremadamente alta. En una longitud de maquinado de 36 m, un ancho de 5,8 m y una altura de 1,25 m, pueden presentarse divergencias dimensionales máximas de 0,5 mm.

La profundidad del corte y el avance de cabezal se encuentran entre 7 y 15 m/min. La máquina dispone de un portaherramientas automático programable que carga hasta 16 elementos, una estación de cambio con dos hojas de sierra ( $\varnothing$  hasta 750 mm y profundidad de corte hasta 240 mm). El cambio de herramienta se produce de forma totalmente automática en el término de 18 a 25 segundos.

**Figura 75.** Estación de corte programado por computador.



En la figura 75 se aprecia un portal de maquinado controlado por ordenador, con el cual se logra, en las vigas rectas, geometrías para el componente final sin importar el grado de dificultad para el ensamble. Estos elementos son decisivos al momento de elegir la máquina y la herramienta de corte necesarias para el cumplimiento de la misión.

La figura 76, muestra las formas y componentes especiales producidos por la firma Kaufmann <sup>(57)</sup> a partir de la madera, con las sugerencias para las aplicaciones principales que se le brinda a las mismas.

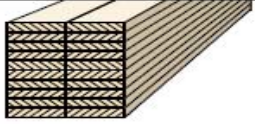


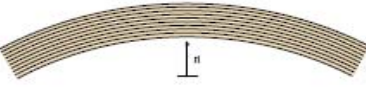




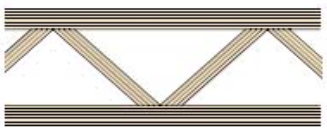
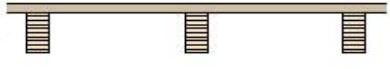
El conjunto de los EWP, conjugados con algunos de los paneles o tableros que aparecen en capítulos anteriores, puede dar la respuesta a las más variadas concepciones de proyectos, no solo resultando soluciones menos costosas que las tradicionales de acero – concreto, sino más vistosas, más ligeras, con adecuados grados de terminación y en muchos casos, realizadas en menores plazos de ejecución. Todo esto implica ventajas muy superiores en la solicitud de proyectos especiales en comparación con las soluciones tradicionales, como consecuencia de alcanzar importantes contracciones en los costos.



Figura 76. Formas y componentes especiales.



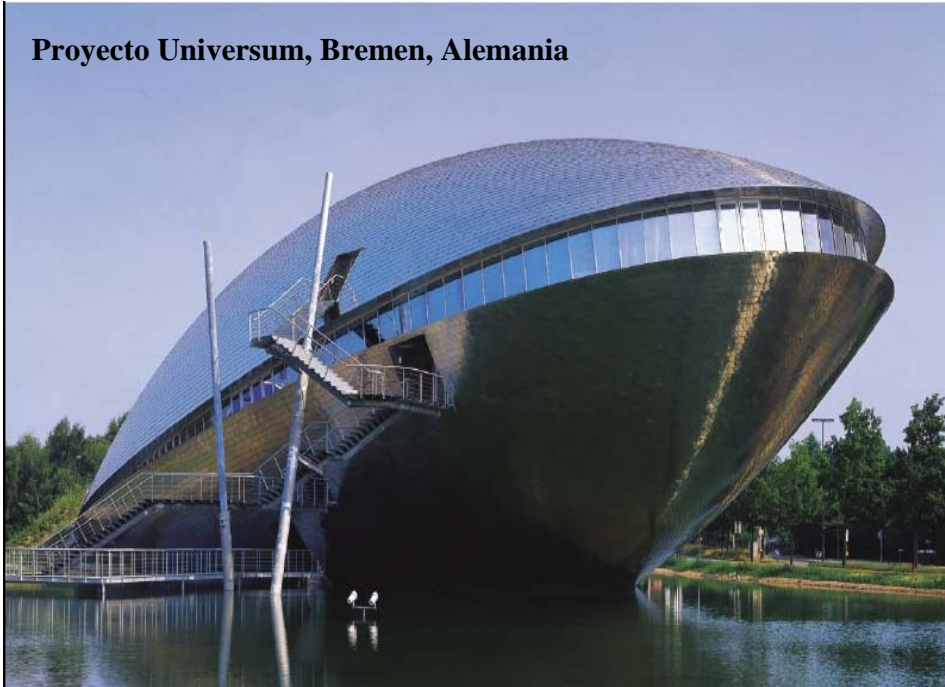
## Formas y componentes especiales

<p><b>1</b> Encolado doble o múltiple</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ para anchos a partir de 28 cm</li> <li>■ Juntas coladas de bloque = encolado de resina de resorcina-formaldehído</li> </ul>
<p><b>2</b> Combadura estática</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Combaduras 1/200 o 1/300</li> <li>■ Curvatura simple para vigas de una traviesa</li> <li>■ Curvatura mutua para vigas de varias traviesas o vigas voladizas</li> </ul>
<p><b>3</b> Cercha de tejado de dos aguas con cordón inferior recto</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Refuerzo de la tracción transversal mediante vástagos roscados atornillados posible a petición</li> <li>■ Estructura de la Viga laminada: combinadas asimétricamente</li> </ul>
<p><b>4</b> Vigas arqueadas</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Cualquier radio deseado a partir de un diámetro interior de 1 m</li> <li>■ Grosor de láminas &gt; 5 mm</li> <li>■ Estructura de la Viga laminada: combinadas asimétricamente</li> </ul>
<p><b>5</b> Cercha de tejado de dos aguas con cordón inferior arqueado</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Inclinación de tejado hasta 20°</li> <li>■ Refuerzo de la tracción transversal mediante vástagos roscados atornillados posible</li> <li>■ Estructura de la Viga laminada: combinadas asimétricamente</li> </ul>
<p><b>6</b> Formas libres</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Curvaturas dobles, arqueadas en 2 ejes</li> <li>■ Se producen las formas libres a través del encolado</li> <li>■ o del correspondiente ensamblaje</li> </ul>
<p><b>7</b> Uniones de empalmado</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Secciones completas de la Viga laminada</li> <li>■ Empalmado = encolado de resina de resorcina-formaldehído</li> <li>■ Esquinas del marco</li> <li>■ Vigas dobladas</li> </ul>
<p><b>8</b> Construcciones con tensión mínima</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Arcos de tres articulaciones con o sin tirante</li> <li>■ Vigas arqueadas con o sin tirante</li> </ul>
<p><b>9</b> Vigas en celosía</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Alturas y longitudes deseadas</li> <li>■ Las dimensiones máximas sólo están limitadas por el transporte</li> </ul>
<p><b>10</b> Componentes revestidos con tablas</p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Revestimiento con tablas de una o dos caras</li> <li>■ Fijados mediante cola o de forma mecánica</li> </ul>

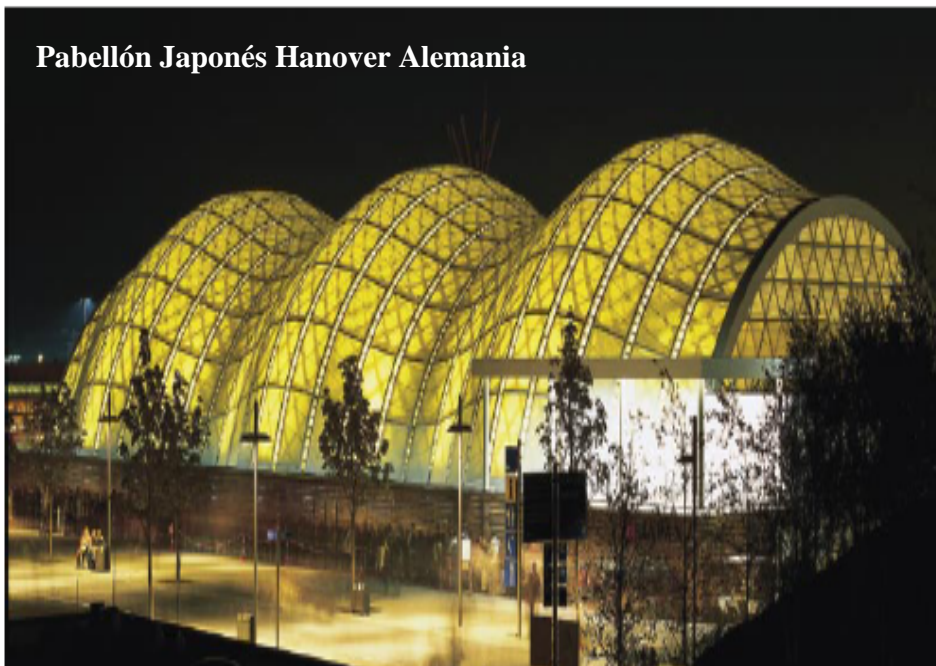
En la figura 77, se muestran algunas “mega aplicaciones” a partir de estas vigas laminadas, las que han de responder a regulaciones y certificaciones de calidad, acordes a las normas DIN (equiparadas con EN 386, JAS, WCLB, PEFC e ISO 9001).

**Figura 77.** Aplicaciones.

**Proyecto Universum, Bremen, Alemania**



**Pabellón Japonés Hanover Alemania**



## Elementos de montaje

La información con respecto a los diferentes tipos de productos catalogados como EWP <sup>(58)</sup> documentados anteriormente y de los cuales se han ofrecido una amplia información gráfica, no estaría completa si no se analizan los diferentes elementos normalizados que emplea la industria de la construcción y que se adquieren en el mercado común.

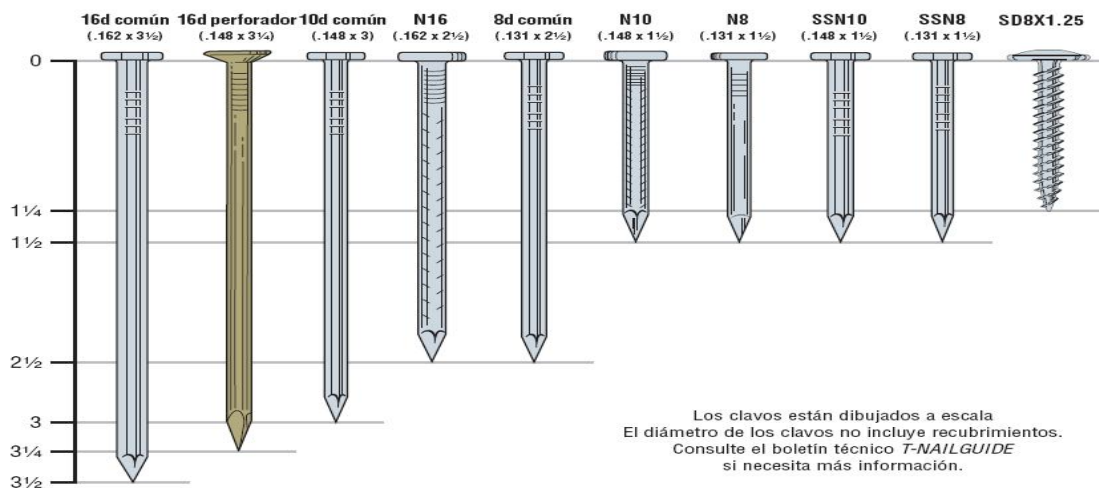
**Figura 78.** Cintillo de promoción



Se muestra en la figura el cintillo promocional de una de las firmas que existen en el mundo y cuyo perfil es la comercialización de enseres para la industria.

En la figura 79 se pueden apreciar diferentes elementos de fijación conocidos y comercializados con carácter universal en ferretería. En este caso se emplean bajo determinadas orientaciones que se especifican en los propios diagramas de montaje

**Figura 79.** Elementos de fijación.



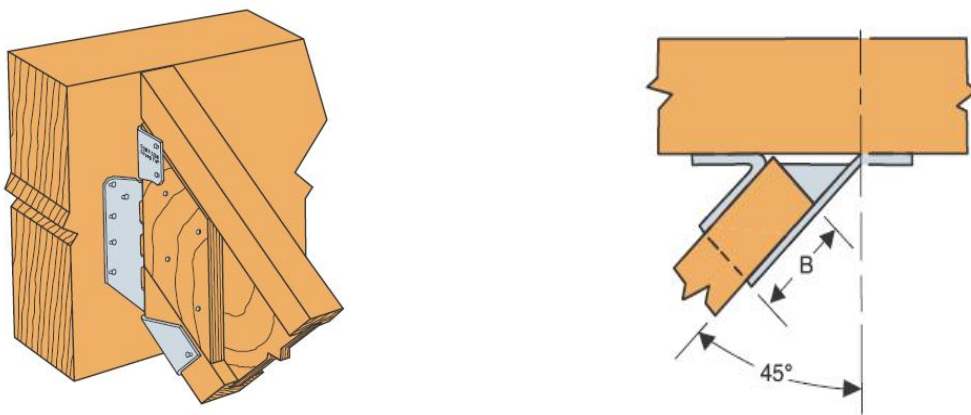
Las dimensiones están dadas en pulgadas y resulta importante resaltar la normalización de los elementos, según el uso para el cual están dirigidos.

El empleo habitual de los productos estructurales en el mundo de la construcción, ha ocasionado el desarrollo de muy disimiles solicitudes de fijaciones, resultando de ello, que la



industria metalúrgico-mecánica trabaje en la satisfacción de estas necesidades en base a procesos de conformación, troquelado o tratamientos superficiales, entre otras disciplinas que le son comunes. La configuración de dispositivos tales como: estribos, fijadores reforzados o simples, en ángulo o rectos, está encaminadas a garantizar el concepto básico de “lograr la unión más rígida posible, entre los elementos que intervienen en el proyecto estructural”, función que se traduce en el proyecto como una contribución a que las cargas sean transmitidas y/o resistidas acorde a lo especificado para el artículo o proyecto en su conjunto. Algunos de estos elementos se podrán observar en las figuras 80 – 85.

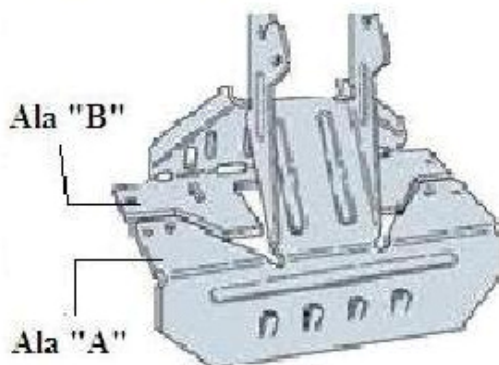
**Figura 80.** Estribos de montaje y sujeción.



En las vistas aparecen algunos de los elementos estructurales EWP e incluso pudieran ubicarse paneles estructurales tal cual se ha analizado anteriormente. A la izquierda, una viga principal, que a los efectos prácticos, puede ser considerada como Glulam o igualmente Paralam mientras que el elemento acoplado corresponde a una viga en I. Se muestra un estribo o suplemento de fijación que cuenta con aditamentos de refuerzo para el alma de la viga y las dos cabezas, todos ellos unidos entre sí mediante elementos de montaje específicos

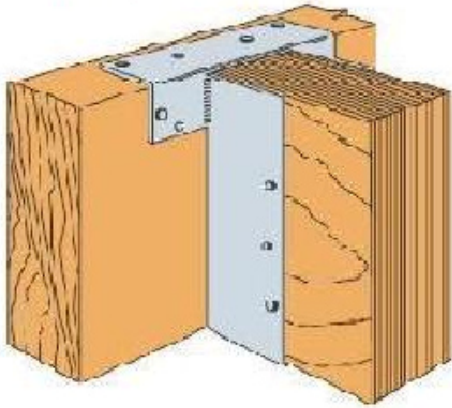
A la derecha, estamos frente a dos macizos, vigas Paralam o Glulam, que resultarían todos iguales para este caso específico, donde la conexión requerida está dada en un ángulo de 45° en relación al elemento principal, empleando un fijador característico para este ángulo.

**Figura 81.** Estribo



Resulta usual el empleo de un estribo como se muestra en la figura 81, en la cual aparece preparado el dispositivo para actuar en los dos planos de interés (horizontal/vertical). De igual forma aparecen las perforaciones requeridas a través de las cuales se emplea el elemento de fijación.

Figura 82. Abrazadera.



La unión viga – viga más general aparece representada en la figura 82. La solución contempla otras variantes condicionadas a si las vigas coinciden a nivel, están desplazadas, reforzadas, etc., y de esta forma satisfacer las más variadas demandas devenidas del diseño constructivo al cual se ajusta el empleo del aglomerado seleccionado.

Otras soluciones comunes en las estructuras radican en el empleo de elementos múltiples entre los cuales se satisface la resistencia a las cargas aplicadas. El dispositivo representado en la figura 83, satisface estas demandas e incluye además complejidades extras como es el plano de inclinación de las dos vigas en I.

Igualmente, pueden encontrarse soluciones para proyectos donde se empleen vigas metálicas y de madera indistintamente en un proyecto estructural. En este caso, la fijación de los metales se realiza por medio de soldadura.

La fijación de los EWP resulta en extremo importante por cuanto de ella depende que realmente se cumplan las condiciones que garantiza el proyecto. Se han establecido normativas que regulan el uso de los fijadores, e incluso estos acompañan a los materiales junto a otros prospectos de difusión técnica. La figura 84 muestra la dirección de aplicación y selección del anclaje que se acomoda a la solución.

Figura 83. Abrazadera en ángulo

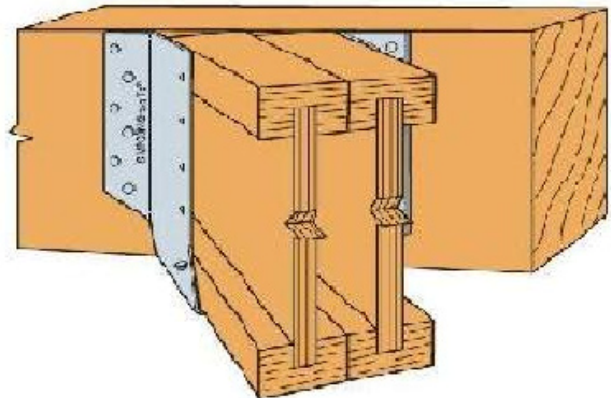


Figura 84. Ángulo de fijación.

## PERFORACIÓN EN ÁNGULO POSITIVO



Perforación correcta  
En ángulo aproximado de 45°



Perforación en ángulo incorrecto

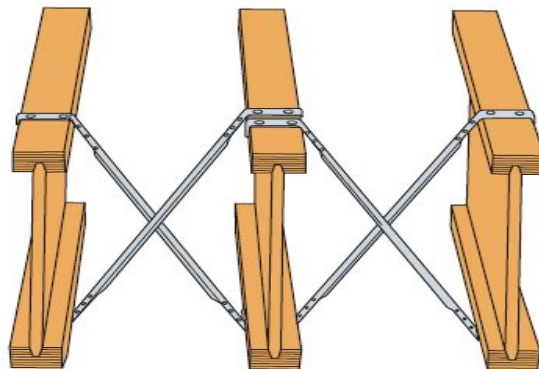


Clavo demasiado largo

Obsérvese cómo el fijador, en la solución correcta, evita la perforación de las capas del material, en un ángulo aproximado de 45°. No se deben colocar de forma perpendicular los fijadores pues traería como resultado la ruptura de enlaces entre las capas que constituyen el producto. En el caso de los pisos, se acostumbra a denotar la importancia de mantener el mayor ajuste posible entre el perfil y el dispositivo de sostén, manipular las orejas de fijación acorde a los perfiles, así como la ubicación perpendicular de estos a nivel del piso para evitar, entre otras molestias, el chirrido durante el tránsito sobre la superficie.

La usanza de amarrar elementos consecutivos dentro de una estructura y así lograr una mejor distribución de cargas entre perfiles e incluso mejorar el posicionamiento espacial y estabilidad de los mismos, es igualmente tratada en estas aplicaciones. Para ello se emplean soportes especialmente diseñados que se sustentan en soluciones mecánicas similares a las expuestas con anterioridad y sujetas a los mismos cuidados en cuanto a la fijación (figura 85). Las garantías de estabilidad posicional se logran con una buena sujeción de los elementos metálicos y un montaje correcto para asegurar, de forma consistente, los elementos de fijación a los perfiles.

**Figura 85.** Ilustración de estribos de fijación múltiple.



# Productos moldeados y composites madera – plástico

## Productos moldeados

Los productos moldeados constituyen una tecnología que puede asociarse al desarrollo de aglomerados empleando tanto fibras, partículas de madera como otros materiales lignocelulósicos. De la industria del plástico se tomó, el desarrollo alcanzado en el diseño y la construcción de su herramienta principal; los moldes. Estos pueden construirse empleando diferentes tecnologías mecánicas, contando por regla general con superficies de trabajo interiores y acabados superficiales muy finos.

La tecnología asimila perfectamente con una adecuada preparación de las partículas, la combinación de las fibras naturales con las resinas sintéticas utilizadas en productos anteriormente estudiados (urea formaldehído, melamina formaldehído, fenol formaldehído o mezclas de ellas). Estas se emplean en cantidad de hasta un 10 %, tomando como base la materia seca del material fibroso, aplicando adicionalmente restricciones al contenido de humedad final de la mezcla. Algunos de los artículos más popularizados por esta tecnología son los que se muestran en las figuras 86 y 87.

**Figura 86.** Fondo moldeado para sillas.



En la figura se representan diferentes gamas de recubrimientos superficiales aplicados a un mismo producto, encaminadas a abrir las perspectivas en el mercado, estableciéndose así la versatilidad y el potencial de selección acorde a las necesidades.

Otro elemento de importancia en esta industria radica en su estrecho vínculo con la industria mecánica no solo en relación a la confección de los moldes sino para la elaboración de estructuras soportes entre otras demandas colaterales. Por ejemplo, en el caso de las sillas, mesas y otros, los moldeados por sí solos no constituyen el producto terminado.

La figura 87 muestra diferentes tipos de tapas para mesas, se aprecian diversidades no solo en cuanto al recubrimiento empleado, sino también al potencial de formas diferentes que pueden



lograrse a fin de abarcar, con sus diseños, una importante gama de artículos para la satisfacción de las demandas de la industria y el hogar, de forma rápida, económica y duradera.

**Figura 87.** Modelos de tapas para mesas.



La imagen muestra un espacio perteneciente a la propia industria, destinado a la venta de productos a la población. En sentido general resultan excedentes de producciones contratadas. Otro elemento de interés es que las mismas están depositadas a la intemperie, lo cual denota la resistencia de todos estos productos a ambientes exteriores, iluminación solar, etc., sin deterioro apreciable.

Una de las mayores restricciones de esta forma tan especial de presentarse la tecnología de aglomerados, estriba en la demanda del producto en cuestión. En tal sentido y como consecuencia del alto valor y especialización del herramental de trabajo, debe estar dirigida hacia producciones seriadas en elevadas cantidades a fin de recuperar el capital invertido. Esto presupone, producir además variedades de productos de interés en el mercado y que a estos se les pueda, en determinada medida, aplicar soluciones de recubrimientos superficiales, que en casos se logran con un único prensado. La tecnología de moldeados exige mayor especialización en los recubrimientos superficiales que en los de superficies planas, en consecuencia con la imposibilidad técnica de corregir a priori los desperfectos que aparecerán más tarde.

Los recubrimientos se cortan acorde con el perfil del producto final. Se tienen en cuenta los recubrimientos de base, la coloración, la selección deseada por el cliente, el brillo y la protección, en la búsqueda de las cualidades necesarias para el mismo. De ser este el caso, se entregan paquetes completos a los puestos de trabajo, para su colocación en las prensas conjuntamente con el producto desnudo. Debe insistirse en que el producto para esta fase de trabajo, debe estar limpio de rebarbas, suciedades u otros desperfectos que afectarían la superficie del recubrimiento.

Esta tecnología puede encontrarse acoplada a la industria tradicional de paneles, de la cual tomaría como elementos comunes todas las operaciones tecnológicas hasta arribar al proceso de formación, el cual ya posee sus características propias y sobre todo, su original prensado acorde a lo planteado anteriormente. Igualmente puede presentarse como un taller de moldeado, precisando contar, en este caso con toda la maquinaria de proceso que abarque tanto la

preparación del material como las etapas de formación y prensado exclusivos para cada pieza tipológica y dimensionalmente requerida.

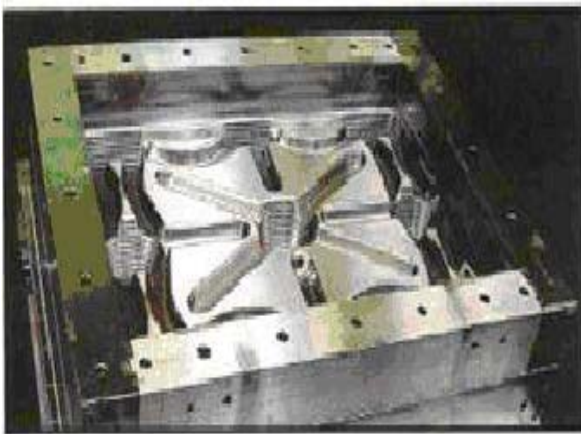
En un principio la industria de los moldeados se abrió un camino muy interesante en la producción de envases para el transporte de productos de la agricultura, cuerpos para artículos electrodomésticos y elementos para la construcción de viviendas. Actualmente por esta vía existe una amplia variedad de productos, todos los cuales representan además de las conocidas ventajas de la industria de los aglomerados, otros beneficios colaterales al compararse con idénticos obtenidos por la vía tradicional, en cuanto a la reducción en el tiempo de elaboración y en las pérdidas, y no es necesaria una gran pericia por parte del operario, para lograr productos con formas complejas en cantidades elevadas.

Dentro de las firmas que emplean esta tecnología, las alemanas Thermodyn, Collipress y Werzalit son reconocidas en diversas literaturas <sup>(81, 82)</sup>. De ellas, la más afamada y de la cual se cuenta con información sobre su desarrollo es la Werzalit <sup>(59)</sup>. Esta firma ha alcanzado un grado de especialización importante en la materia y le precede un tiempo de asentamiento, al parecer acoplado a conveniencia con otras compañías, del ambiente productivo de los aglomerados logrando la expansión de sus mercados.

La figura 88 representa un ejemplo de pieza de alto grado de complejidad e importante volumen de elaboración mecánica. Esta se corresponde con la cámara inferior de un molde para la producción de paletas de carga; producto posible de ser obtenido con buena calidad y ahorro de materiales por esta tecnología. La figura 89 muestra el producto terminado acorde a la matriz que la precede.

En muchos casos se aplican soluciones de diseño mecánico empleando nervios de refuerzo para evitar utilizar grandes espesores en las piezas moldeadas, de esta forma, soportan idénticas solicitudes de esfuerzos con ahorro importante de material, aplican ángulos de salida, reforzados con el empleo de “botadores” a las dimensiones de espesor, y así prevenir deformaciones o roturas en el producto final. Precisamente estas complejidades constructivas conjuntamente con el volumen de elaboración y el estado de la superficie, son algunas de las razones por las cuales se encarecen estos herramientas.

**Figura 88.** Molde para paleta de carga.



**Figura 89.** Paleta de carga moldeada.





Las prensas responden a diseños normalmente del tipo estructural, con accionamientos hidráulicos verticales y plataformas de calentamiento adjuntas al molde, que pueden pertenecer o no al bancazo del equipo, lugar donde se realiza la inyección del medio de calentamiento, que transferirá la temperatura requerida para que tome lugar la reacción química entre el aglutinante y su catalizador. En este caso, estamos frente a un sistema que trabaja a compresión pura.

Los ciclos de prensado generalmente son cortos, presentan diferencias en cuanto al resto de los aglomerados ya que aquí la transferencia de temperatura es más moderada debido a las bajas humedades que se requieren en el producto virgen. Por lo tanto se destinan a diseños de espesores pequeños y generalmente preprensados en frío. Eliminando el aire del colchón se logran mejoras en el proceso. Los moldes se abren normalmente hasta lograr la descompresión del sistema y después se realiza la abertura total de las matrices para extraer la pieza.

A diferencia de los plásticos, que poseen la cualidad de fundirse y expandirse bajo determinadas condiciones operacionales por el canal entre las matrices, los materiales lignocelulósicos a lo sumo, con la temperatura llegarían hasta la pirólisis sin presentar cambios ni pérdidas del trabajo realizado y los recursos aplicados antes de proceder al prensado. Las temperaturas para el moldeo estarán siempre por debajo de los 200 °C y el producto final resultará del depósito del material en la cámara, por ello, como paso previo, se acostumbra a obtener una forma compactada en frío muy cercana a las magnitudes finales de la pieza o realizar la formación sobre la propia cámara a partir del empleo de un dispositivo vibratorio. Estas son las únicas formas conocidas y aplicadas industrialmente de lograr una pieza con distribución aproximadamente uniforme a lo largo y ancho de ella.

El preprensado previo se mantiene como una manera de desalojar el aire contenido en el colchón, permitir la conformación aproximada del mismo y a su vez colocar el recubrimiento de la pieza. Existen casos en los cuales el producto requiere del empleo de prensas de cabezales de presión múltiple, resultante de ello, piezas complicadas y con superficies en más de un plano de trabajo, un ejemplo de ello, las cajas por la tecnología Collipress, de aquí que la Werzalit haya ganado en aceptación por simplicidad.

La preparación de partículas o empleo de fibras resulta muy similar a la de la industria de referencia, solo que se tratan de alcanzar fibras esbeltas, en todos los casos lo más finas posibles ya que su carácter de superficie terminada no facilita procesos de terminación por lijado u otra operación similar. Generalmente se aplican varios papeles de recubrimientos, los que le brindan diferentes cualidades (opacidad, brillo, coloración, dibujo grabado, etc.) y en su conjunto reducen o desaparecen los accidentes superficiales.

La industria de forma general posee un sistema único de preparación de la madera, quedando así el material preparado para su encolado y posterior prensado. Hasta este punto, la tecnología de moldeados sigue a plenitud el camino trazado por los tableros de partículas. La correspondencia entre estas tecnologías posibilita la existencia de ambas en una misma instalación, en este caso desviando partículas encoladas destinadas a la formación de las capas superficiales para este fin.

## Composites de madera – plástico

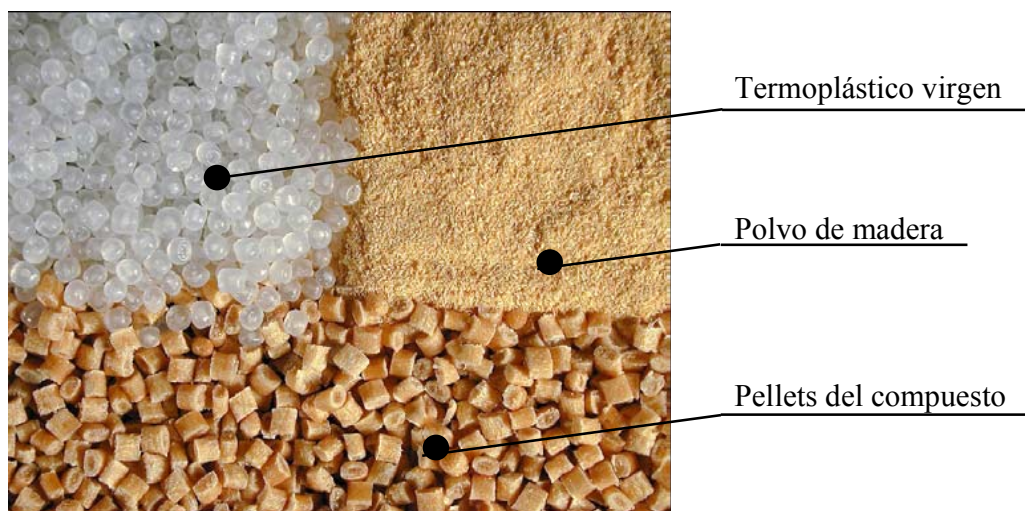
Los composites de madera y plástico conocidos en el mundo por las siglas en inglés WPC (Wood Plastic Compound), pueden analizarse como una especificidad dentro de los moldeados, tecnología que fue patentada por el año 1920 en Italia, refiriéndose al empleo de polvo de madera y polipropileno para obtener por extrusión elementos para la industria automotriz.

Se podría sustituir la madera por otro material lignocelulósico adecuadamente preparado a estos efectos. Constituye una temática que ha ido ganando en aceptación, en el mundo existen diversas firmas que han logrado un volumen importante de producciones lo que ha conllevado a la apertura de un mercado particularmente extenso.

Estos composites por diseño tratan de conjugar las propiedades de sus constituyentes para alcanzar un producto final, objetivamente de mejores cualidades que sus precursores. El contenido fibroso en dependencia de la tecnología <sup>(60)</sup> puede ocupar entre 30 – 60 % del material final y pueden actuar conceptualmente como relleno o como refuerzo. De forma general, se trata que la fibra esté totalmente recubierta por el plástico que actúa como elemento aglomerante y además aislarla del medio exterior le aporta calidad a la superficie y resistencia.

La figura 90 muestra las materias primas más representativas de la industria, en la cual además del plástico virgen, se pueden emplear reciclados con la finalidad de reducir aún más los gastos y hacer el proceso más amigable ambientalmente.

**Figura 90.** Materias primas para los composites de madera y plástico.



Existen composiciones con 30 – 40 % de relleno lignocelulósico en el composite (analizado como sustitución), estableciéndose la procedencia de este como un residuo de otras producciones industriales (polvo de madera, aserrín, madera reciclada y otras) lo cual posee los atractivos de ser una solución ambientalmente amigable y de bajo costo.

La tecnología se resume a dos conjuntos de operaciones, el primero se refiere a realizar el compondeo o granceado, proceso en el cual se establece la formulación del composite, donde

participan todos los elementos acorde a una “receta” (relleno o refuerzo, el elemento para matriz plástica, y además otros aditivos <sup>(\*10)</sup>) y cumplen funciones de importancia tales como polarizadores para incrementar la adhesión, lubricantes, colorantes, estabilizadores a la luz solar o espumantes, entre otros; los cuales se mezclan profusamente y se añaden al plástico fundido, composición que responde a las propiedades físico-mecánicas del producto acorde a su destino final, tales como la rigidez, resistencia al impacto, densidad, etc., para finalmente por extrusión proceder a formar pellets que se emplean en la segunda etapa del proceso.

Las propiedades de estos productos dependen en gran medida de la firmeza del enlace entre la matriz y el refuerzo o relleno, en lo cual estriban importantes problemas de polaridad (naturaleza polar de la celulosa y apolar de los plásticos) que han de ser resueltos o de lo contrario, de esta desunión resultaría la falla prematura del compuesto desarrollado. Con el ánimo de mejorar las propiedades de estos compuestos, se continúa el desarrollo de investigaciones <sup>(63)</sup> sobre métodos para la modificación superficial de las fibras naturales e incrementar su adhesión con la matriz polimérica, se ensayan agentes compatibilizadores tales como el plasma frío y polarizadores de la superficie, entre otros. Recientemente se ha estudiado el efecto del tratamiento superficial de fibras de celulosa y polipropileno con ozono, previo al mezclado mostrando un incremento en la adhesión de las fibras a la matriz.

En cuanto a la constitución del composite debemos especificar que el término “plástico” asume tanto a los polímeros termofijos como termoplásticos, ambos empleados con éxito en la producción de estos, sin embargo resulta más común la utilización de termoplásticos tales como el polietileno, polipropileno y cloruro de polivinilo, más conocido por las siglas PVC.

La producción de las granzas puede considerarse como una producción intermedia y no ser transformada en producto final dentro de la propia instalación donde se originaron los pellets. En dependencia de la capacidad instalada, una estación puede resultar suficiente y puede abastecer a una o más instalaciones de prensado, etapa sobre la cual se profundiza a continuación.

El prensado constituye la segunda etapa del proceso, durante la cual se obtiene el producto acorde a los requisitos geométricos del diseño en sí, proceso que está vinculado con alguna de estas tres tecnologías de moldeo:

- *Extrusión:* Proceso en el cual el material fundido se hace pasar a través de una matriz.
- *Inyección:* Proceso en el cual se fuerza al material fundido al interior de un molde.
- *Compresión:* Proceso en el cual se comprime y funde el material dentro de un molde.

Existen algunos elementos que influyen de forma sustancial en las propiedades de estos productos generalmente relacionadas con el refuerzo o relleno lignocelulósico; el primero de ellos lo constituye la humedad a la entrada del proceso; de no controlarse puede ocasionar tanto

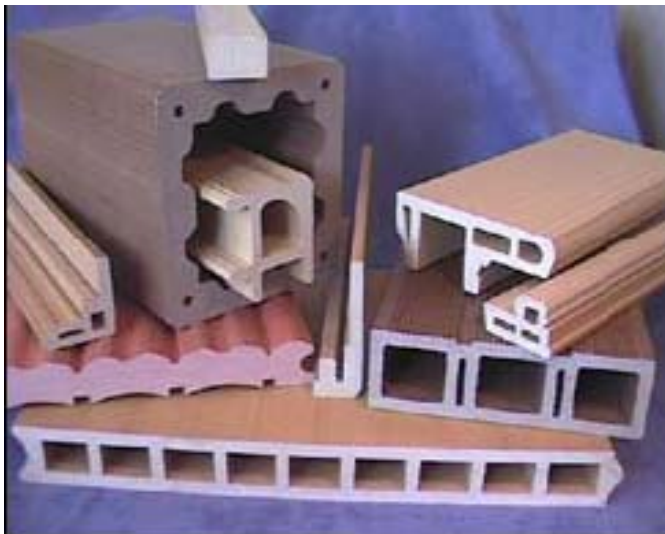
---

(\*10) En un principio existieron problemas con la cohesión de los rellenos polares (madera y otros) con los plásticos considerados como apolares, de aquí que se desarrollaran hasta 40 diferentes productos destinados a este fin, entre ellas silicatos, xilanos, isocianatos, anhídros, amidas, acrilatos, ácidos orgánicos, monómeros, polímeros, y copolímeros, etc.

oquedades en el producto como problemas en la calidad de las superficies, de aquí que normalmente se proceda a realizar el secado del material hasta alcanzar valores en el entorno de 5 %. La segunda limitante involucra a la temperatura de fusión, imposible de superar los 200 °C con el fin de evitar la degradación del material, la generación de olores y la decoloración o pérdida de volátiles, entre las consecuencias más importantes en el material fibroso.

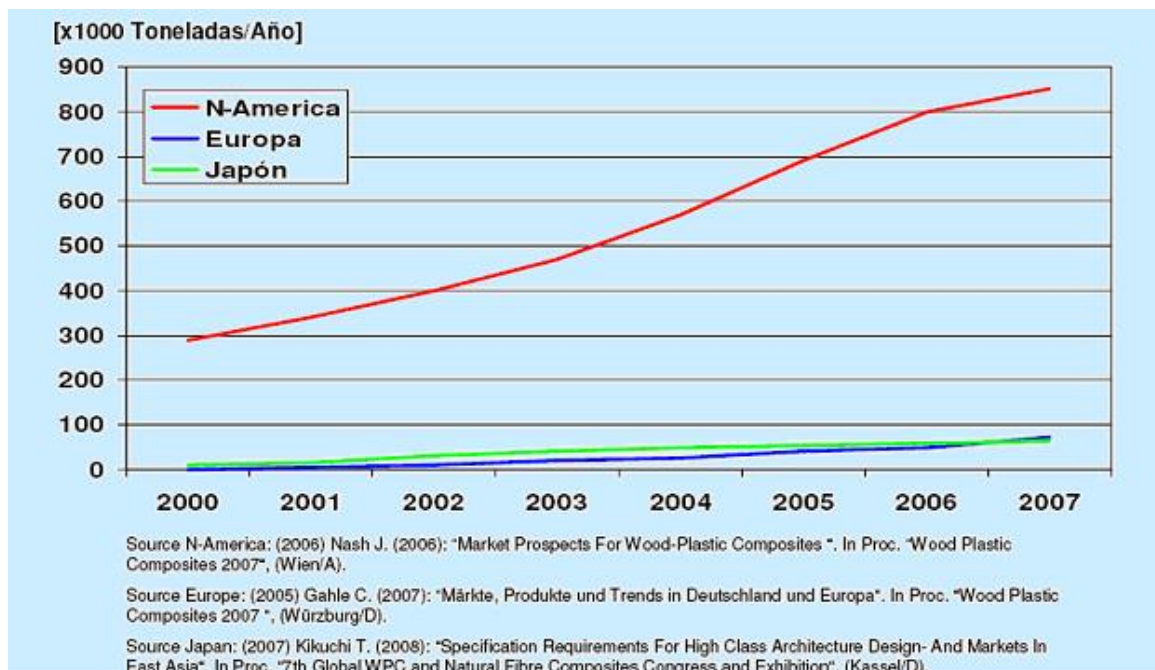
La figura 91 muestra un grupo de soluciones por extrusión a las cuales atiende la producción de los WPC.

**Figura 91.** Ilustraciones de composites madera plástico WPC.



Los Estados Unidos, en esta tecnología, ocupan a nivel mundial un lugar cimero en cuanto a producción y consumo de los mismos. La figura 92 muestra cómo el año 2000 representó el inicio productivo de Japón y Europa, mientras que el tercer implicado, EE.UU., en el mismo período, alcanzaba producciones cercanas a las 300 mil toneladas de perfiles <sup>(61)</sup>.

**Figura 92.** Mercado de los perfiles de WPC con contenido de madera mayor del 40 %.



Si se analizaran estos productos según indicadores de resistencia mecánica, la combinación de atributos aportados por sus componentes da como resultado un material posible de ser cortado, barrenado, mayormente estable en condiciones de humedades extremas y resistentes a un importante grupo de productos químicos, de aquí la aceptación que han tenido en un mercado caracterizado por exigir un material que se parece a la madera pero que la supera en algunos aspectos, potencialmente reciclable al 100 % y que responde a demandas de grandes cantidades de un producto tipo.

La solicitud de materiales para pisos correspondiente al año 2000 en los Estados Unidos, resultó cercana a los 18,5 millones de metros cúbicos, en los cuales la madera tratada contribuyó en un 90 % y los WPC ocuparon el resto. En cuanto al mercado de los cercados, se estimaba en el 2002 que este alcanzaba los 2,6 billones de unidades, planteándose un crecimiento anual de un 5 % hasta superar los 3,3 billones en el 2007. Para este mercado, el 45 % le corresponde a la madera, el 44 % a los metales, el 7 % a los plásticos y el resto a otros materiales.

La producción a partir de plásticos reciclados posee una elevada connotación ambiental y muy fundamentalmente dentro del primer mundo, donde a causa del consumismo los volúmenes de polietilenos y poliuretanos vinculados a la vida moderna constituyen cantidades apreciables, por lo tanto la posibilidad de recuperar de este inmenso basurero estos materiales constituye un paso de avance considerable. Esta conciencia ha proliferado en la integración de espacios productivos en los cuales por decirlo de la forma más simple posible, “todo el mundo gana”, se erradican los vertederos materiales de longevos períodos de vida, personas de escasa preparación o necesitados de un espacio de trabajo encuentran un lugar donde obtener un salario de forma decorosa, el material recicla a la industria mediante su procesamiento como tal o mezclado con plástico virgen, las piezas logradas resultan a menores costos y la humanidad, en sentido general, vive en un mundo más amigable ambientalmente.

Esta producción igualmente podría asimilar gran cantidad de madera reciclada, con lo cual resultaría un producto 100 % amigable con el medio ambiente y presumiblemente a un costo mucho menor cuando se le compara con idénticos, de nuevas procedencias o contempladas como vírgenes.

La industria del plástico por regla general emplea rellenos inorgánicos tales como la mica, fibras de carbón o vidrio, talco o carbonato de calcio entre otros, los cuales suman cantidades ascendentes a escala mundial hasta 2,5 millones de toneladas, algunos de los cuales están reportados en la actualidad como prohibidos. Los WPC poseen a su favor que muchas de esas propiedades especiales se alcanzan a partir de rellenos lignocelulósicos, los cuales no solo están exentos de prohibiciones sino resultan más económicos y posibilitan el empleo de fibras naturales de casi todo tipo.

Frecuentemente los procesos de manufactura al estar dirigidos a resolver una aplicación específica, resultan más costosos y complejos que los propios procesos industriales que normalmente para las capacidades anunciadas, implican capitales iniciales de envergadura, y mano de obra especializada en grandes cantidades, por lo que esta es una solución que se presta a sustituir un grupo de renglones en el mercado que de forma tradicional procedían de carpinterías y otros negocios de esta índole.



No obstante estas bondades, es señalado por la Inhance/Fluoro-Seal, Ltd <sup>(83)</sup>, que a pesar de su auge en el mercado, estos productos mantienen deficiencias constructivas que han sido señaladas desde sus inicios y que están muy relacionadas con la conservación de su apariencia en el tiempo como son: pérdida de color, baja resistencia al rayado y al ambiente marino, casi imposibilidad de ser pintados a deseo por el usuario, baja resistencia a las radiaciones UV y absorción de humedad. Estas contribuyen al deterioro en el tiempo de estos materiales, lo que se manifiesta predominantemente, en relación con la estética y la pérdida de algunas propiedades físicas, en las que se ha trabajado sin alcanzar aún una respuesta avalada por la normal relación costo / beneficio que acompaña a toda solución que se desee implantar.

En la figura 93 se muestra uno de los campos de más amplia utilización de estos composites moldeados a partir de fibras y plásticos; los cercados, elemento que participa directamente en la limitación de espacios para muy variadas funciones, limitadores de caminos, granjas y demás. En estos casos no se tienen en cuenta los gastos en cuanto a la terminación superficial y se atiende más la duración que califica para esta función; de esta forma igualmente se economiza.

Otro elemento de importancia en relación a lo planteado anteriormente, es que carece de interés la solución a los problemas que se le atribuyen a estos productos como la pérdida de la coloración o la imposibilidad de ser pintados a voluntad al ser comparados, en objetividad por ejemplo, con la bondad de su durabilidad.

**Figura 93.** Ejemplos de usos composites madera plástico WPC.



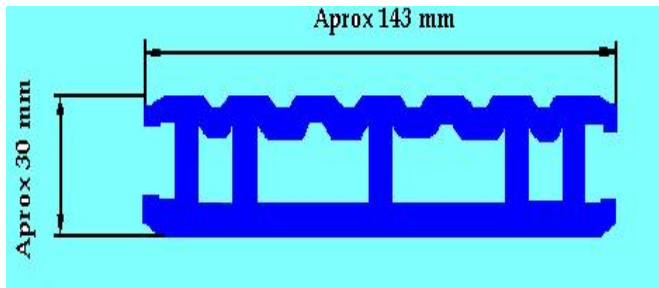
Otros elementos que gozan de gran popularidad confeccionados a través de esta tecnología son los elementos para suelos, barandas, barrotos, etc., que por regla general son ubicados en exteriores y en este ambiente poseen suficiente durabilidad como para considerarse inversiones perdurables.



Nótese en este caso cómo el requerimiento de calidad superficial es cumplimentado para todos y cada uno de los elementos que componen el conjunto arquitectónico representado.

El esquema en sección transversal de una traviesa de piso se muestra en la figura 94, donde se aprecian los espacios vacíos dentro del perfil, representando esta posibilidad un elevado ahorro de materiales, peso, costo y además facilidades en el montaje de estos elementos.

**Figura 94.** Esquema en sección transversal de una traviesa para piso.



Las configuraciones ahuecadas, con ángulos de salidas en todas las direcciones remarcan el carácter del elemento obtenido por medio de un proceso de extrusado.

Antes de culminar la información técnica referente a estos productos, se debe exponer algo acerca de la extrusora, máquina típica para la industria, de la cual existe un grupo importante de fabricantes, diseminados por casi todos los países del mundo, con potencial industrial, entre ellos podemos mencionar la Brabender GMBH, Xinda, Davis Standard, Tecnova o en este caso la empresa Cincinatti Extrusion <sup>(61)</sup> de la cual se muestra un ejemplo de sus producciones reconocidas en el mercado internacional por la calidad en la confección de estas y sus sistemas de moldes correspondientes. De ella aparece una muestra en la figura 95.

**Figura 95.** Máquina extrusora comercial.



El principio de operación de la máquina parte desde la tolva de alimentación provista de un tornillo sinfín que fuerza la entrada de los pellets a la cámara de calentamiento. Aquí las granzas son fundidas a temperaturas posibles de regularse según el material y por la acción de un pistón se introduce el plástico fundido a través de los canales de alimentación de la matriz, tomando de ella la forma deseada. Posteriormente se deja enfriar.

No resulta difícil comprender por qué ambas tecnologías pueden compartir un mismo espacio productivo, esto incluso puede resultar beneficioso para la industria. Se emplean operaciones similares a las de la producción de tableros de partículas tales como: almacenamiento de la madera, preparación, molienda, secado y clasificación. La adición de plástico o resina define la separación de los procesos, estableciéndose bien una grana de plástico y material lignocelulósico y/o este último impregnado con resinas sintéticas. Por ello la formación y el prensado serían las operaciones diferenciadoras.

Dentro de la producción pueden existir elementos que descalifican a un número de piezas determinadas por problemas tan variados como: inexactitud en el parámetro de inyección que no alcanza a cubrir la cavidad del molde, inexactitud en la distribución de colores (cuando se emplean granas de diferentes procedencias) y deformaciones del perfil, entre otras. De manera general estos problemas de tanteo y error se recuperan en el tiempo, por cuanto se puede incorporar en la producción de un lote hasta un 5 % de este material como reciclado.

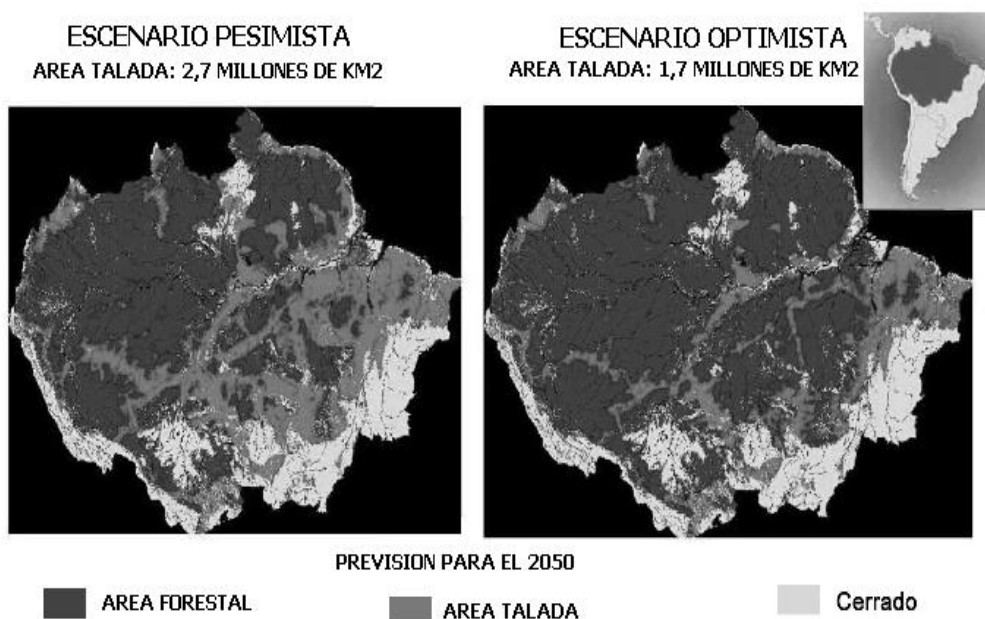
Otros problemas vinculados a la producción, como es la no recogida de un lote, el exceso de un producto, etc., normalmente se resuelven creando un espacio de expo-ventas, anexo a la planta de producción (figura 87).

## Los bosques y los sistemas de plantaciones

Se debe hacer un alto en el arrollador despliegue de tecnologías que se han mostrado y cambiar miras hacia la naturaleza, prolija abastecedora de madera para todo lo analizado en la satisfacción de las demandas sociales de cobijo y confort asociadas a la industria de la construcción y el mueble, sin olvidar la producción de pulpa y papel, igualmente consumidora de madera, que unida a las demandas crecientes de EWP, incrementan de forma importante las presiones sobre el uso de la tierra y su más estricto aprovechamiento comienza a tomar magnitudes de preocupación, sobre todo cuando se violan las más elementales medidas de preservación. En tal sentido, la información contenida en “Pulping the South: Industrial Tree Plantations in the World Paper Economy” de Carrere y Lohmann <sup>(62)</sup>, resulta de elevado valor e intención.

La tala de bosques nativos, para la provisión de materia prima para estas industrias, está siendo duramente enfrentada por pobladores locales y ambientalistas desde Australia hasta Finlandia y desde Chile a Canadá, por lo que emplean técnicas sofisticadas y subterfugios a fin de continuar con este dañino proceder a pesar de las presiones manifiestas, la figura 96 es una muestra de contribución del hombre a la deforestación y al calentamiento global.

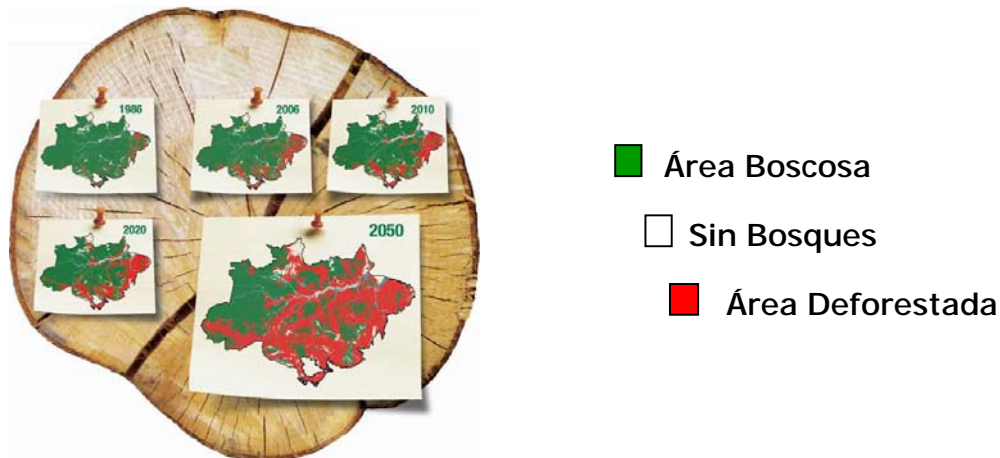
**Figura 96.** Escenarios evaluativos de la cuenca amazónica.



Lo triste del planteamiento que brinda la figura anterior, resulta enfatizado en la figura 97 referida a la lenta pero constante deforestación de la cuenca del Amazonas, pulmón del planeta. En tal sentido debemos señalar que la deforestación no está dada solo por el empleo de la madera,

sino también por estimulaciones al empleo de tierra para la agricultura y la ganadería, ambos efectos igualmente funestos para la protección de esta franja natural.

**Figura 97.** Detalles de la deforestación de la cuenca amazónica.



Las plantaciones, al igual que los bosques, están compuestas por árboles pero son radicalmente diferentes. Un bosque es un sistema complejo, que se autorregenera y que incluye suelo, agua, microclima, energía y una amplia variedad de plantas y animales en mutua relación, se considera a sí mismo como un ecosistema. Una plantación comercial, es un área cultivada cuyas especies y estructura han sido dramáticamente simplificadas para producir unos pocos productos, ya sea madera, leña, resina, aceite o frutas. A diferencia de los bosques, tienden al desarrollo de una reducida variedad de especies que requieren de una constante y amplia intervención humana. De aquí el enfrentamiento a la tala de bosques nativos, como provisión de materia prima para la industria del papel u otras, por asociaciones y entidades ambientalistas de todas partes del mundo.

Estas plantaciones, promovidas mayormente para la satisfacción del hombre o mejor aún, de sus demandas, estarán enfocadas hacia aquellas especies de más rápido crecimiento y aptas para las industrias procesadoras. En 1980, se estimaba que las plantaciones tropicales estaban compuestas en más de un 70 % por eucaliptos y pinos, porcentaje que hoy es mayor aún. Las plantaciones de pinos y eucaliptos tan difundidas en las regiones no tropicales de Argentina, Chile, Uruguay, Brasil, China, Sudáfrica, Australia, Nueva Zelanda, el sudeste de los Estados Unidos, España y Portugal, en muchos casos han conducido a invaluable impactos ambientales, por cuanto estas especies no son autóctonas de dichos paisajes. A menudo se presenta un país con el dominio específico de una sola especie en plantaciones de rápido crecimiento, como ocurre por ejemplo en relación con el *Pinus radiata* en Chile y Nueva Zelanda, el *Eucalyptus grandis* en Uruguay y Brasil y el *Eucalyptus camaldulensis* en Tailandia.

La India, por ejemplo, pese a no ser un importante exportador de madera, ha sufrido un encuentro excepcionalmente largo y doloroso vinculado con las plantaciones destinadas a la producción de pulpa para papel. A partir de su independencia en 1947, la materia prima se

mantuvo tan subsidiada en precios, que la rentabilidad de la industria permaneció alta, aun cuando se agotaron las disponibilidades de bosques. En los años 1950, algunas plantas de pulpa fueron abastecidas con bambú al costo de una rupia por tonelada, cuando el precio vigente en el mercado era de 2000 rupias por tonelada. El increíble crecimiento de la capacidad de producción posibilitada por esta condición, provocó que la industria del papel y del rayón aumentara sus demandas de materia prima de forma importante.

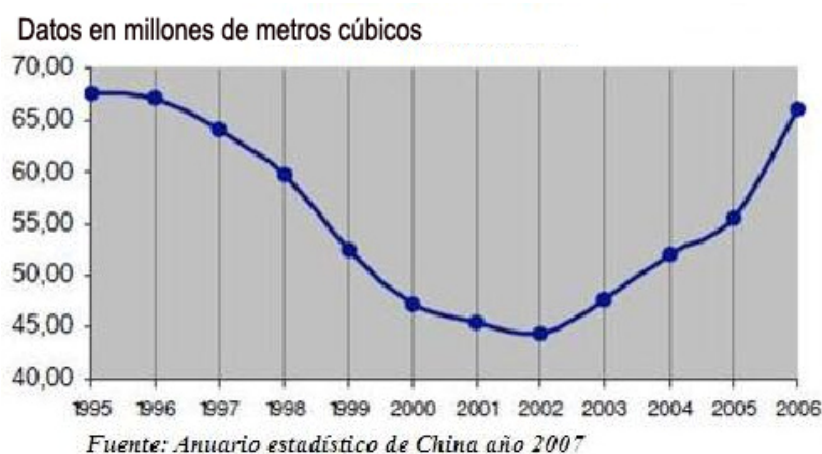
Influenciado por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Departamento Forestal indio autorizó la tala de grandes áreas de bosques nativos, que con la ayuda de más subsidios, fueron replantados con eucaliptos, pinos y otros monocultivos. Resultó de ello, que cuencas hídricas anteriormente protegidas pobladas de especies nativas, fueran redefinidas como áreas para corte selectivo y luego como de tala total, para aplicar posteriormente la política de reforestación por plantaciones.

Esta estrategia concluyó en un estado de emergencia ante problemas biológicos y sociales, que ahora resultan familiares en todo el mundo. En Karnataka y Kerala, la cosecha de las denominadas plantaciones de rápido crecimiento resultaron ser apenas 10 – 43 % de las predicciones hechas por el Departamento Forestal. En un área del Ghats occidental, donde casi 40,000 hectáreas de bosque tropical de hojas perennes habían sido cortadas a tala rasa y plantadas con eucaliptos, fueron prácticamente devastados cuando el hongo *Cortecium salmonicolor* aprovechó la elevada concentración de árboles de una misma especie y la localización de ellos en una zona caracterizada como de elevada pluviosidad. Las protestas proliferaron entre los pobladores locales, que se vieron privados de sus medios de subsistencia cuando los bosques que utilizaban para forraje, leña y fuentes de alimentos fueron sustituidos por plantaciones de especies comercialmente "deseables".

China ha convertido también amplias áreas de bosques en plantaciones para pulpa. El gobierno formuló planes muy ambiciosos para incrementar la cobertura forestal nacional de 12 a 20 %, en tanto que los inversores extranjeros, deseosos de sofocar una demanda gigantesca, anhelan transformar la industria que está caracterizada por su carácter descentralizado y de pequeña escala. Pobre en recursos forestales, desde 1998 su producción maderera se ha visto limitada por el Programa de Protección de Bosques Naturales, que prohibió las extracciones de todos los bosques naturales en el suroeste y las redujo en el nordeste. Entre 1997 y 2003, la producción de madera se redujo un 16,3 %, pasando de 63,9 a 47,6 millones de metros cúbicos. Concretamente, la producción de madera para uso industrial sufrió un descenso de 27,2 % en ese período.

El mercado de la madera como material de construcción se expresa en la figura 98.

**Figura 98.** Evolución del mercado de la madera en China (año 2007).



A partir del 2003 la producción maderera en China comenzó a incrementarse después de 6 años de continuas restricciones, alcanzando el valor de 66,1 millones de metros cúbicos en 2006, lo que representó el aumento del 19 % con respecto al año anterior. Este se debió principalmente a la explotación de las plantaciones, sin embargo, la producción interna aún no satisface la demanda del mercado, precisando importar cada año, grandes cantidades de madera, en especial de diámetro ancho y alta calidad. El mercado doméstico disponible está lejos de satisfacer la demanda creciente, tanto en cantidad como en calidad.

Según los últimos datos facilitados por el SFA12 (Administración Forestal Estatal), el consumo de madera en 2005 fue de 326 millones de metros cúbicos. Actualmente el mercado de consumo de madera chino es el segundo mayor del mundo, después de los Estados Unidos. De los 326 millones de metros cúbicos de madera consumidos en 2005, 165 millones de metros cúbicos fueron importados, lo que supone un 35,5 % del consumo total. Hasta tanto pueda comenzar a hacer uso de sus plantaciones, China mantendrá dependencia de sus proveedores para satisfacer la demanda interna. <sup>(63)</sup>

Un estudio publicado por el Forest Product Journal estima que el consumo de madera será de 385,20 millones de metros cúbicos en 2010 y de 472 millones de metros cúbicos para el 2020. En el 2006 la NDRC (China's National Development and Reform Commission) pronosticó que la diferencia entre la producción interior y la demanda total ascendería a 150 millones de metros cúbicos en 2010.

Ante la carencia de materia prima, China importa madera tropical de Papúa Nueva Guinea, Malasia y Gabón, de altísima calidad como el ébano, la teka o el sapelli que se emplean para la construcción de sus hermosos muebles tradicionales.

La tabla 26 brinda una medida de las importaciones principales que se han realizado en 2007 y su representación en valores <sup>(63)</sup>.

En la propia región asiática, Vietnam se ha convertido en otro de los nuevos grandes objetivos para la inversión internacional en madera, para la producción de pulpa. Sostiene estimaciones de que las plantaciones ya cubren entre 1,5 y 6 %, el área de la nación.



**Tabla 26.** Importaciones vs costos en el sector maderero de China.

Datos en metros cúbicos				Datos en millones de dólares estadounidenses			
Puesto	País	Valor	% cuota	Puesto	País	Valor	% cuota
1	Rusia	1585	24,39	1	Rusia	374	21,18
2	Estados Unidos	1073	16,51	2	Estados Unidos	258	14,61
3	Tailandia	694	10,68	3	Tailandia	197	11,16
4	Canadá	675	10,39	4	Canadá	172	9,74
5	Malasia	310	4,77	5	Malasia	137	7,76
69	España	0,519	0,01	67	España	0	0,00
	Resto	2161	33,25		Resto	628	35,56
<b>Total Importaciones</b>		<b>6498</b>	<b>100,00</b>	<b>Total Importaciones</b>		<b>1766</b>	<b>100,00%</b>

En el 2007, las importaciones de madera aserrada aumentaron un 9 % en volumen y un 17 % en valor con respecto al año 2005, hasta alcanzar los 6,500 millones de metros cúbicos y los 1,765 millones de dólares estadounidenses. Rusia (24 %), Estados Unidos (17 %) y Tailandia (11 %) fueron los principales proveedores. El pino fue el tipo de madera aserrada importada de Rusia y EE.UU.

En Tailandia y Malasia el mercado está concentrado en un número reducido de especies como el meranti rojo para fabricar ventanas, el ramin para molduras y marcos y la teca para ser procesada en chapa. Algunas fuentes específicas para los seguidores de este mercado se ofrecen en las páginas electrónicas <http://www.globalwood.org>, <http://www.chinadataonline.org>, y <http://www.chinawood.com>.

En Filipinas, las plantaciones se utilizan como un medio para colonizar grupos indígenas, a la vez que proveen a una industria local de pulpa y papel con problemas crónicos en materia de abastecimiento de materia prima.

Los eucaliptos como especie en particular, resultan atractivos como materia prima para la fabricación de papeles con fines de “puntería” para el empleo en impresión por computadora, fotocopia, fax, impresión de alta calidad, etc. y en consecuencia, el comercio de celulosa de eucalipto crece a una tasa considerablemente más elevada que el de otras especies.

La creciente dependencia de la madera que proviene de plantaciones, a consecuencia del agotamiento de los bosques naturales, crea incertidumbres adicionales para los productores de pulpa y papel, tanto en el sur como en el norte. Incluso las plantaciones de rápido crecimiento requieren horizontes de planificación de 10 a 15 años, razón de tiempo que demoran los árboles en crecer y período en el cual muchas cosas pueden cambiar, esta incertidumbre es acrecentada por la susceptibilidad al ataque de las plagas, al fuego ocasional por sequía o accidentes o porque su productividad puede menguar luego de las primeras rotaciones.

Los proyectos de plantación de bosques en suelos degradados son menos atractivos que aquellos que implicaron la tala de bosques, por cuanto la degradación conlleva lógicamente a crecimientos menores de los árboles plantados. Esto resulta de interés para las empresas

plantadoras ya que los retornos financieros de sus acciones son muy sensibles a la tasa de crecimiento de estos. Como cuesta aproximadamente lo mismo plantar árboles en un sitio de suelos pobres que en un sitio con buenas cualidades (la mayor parte de los costos radican en la plantación, la cosecha y el mantenimiento durante la primera parte de su ciclo de crecimiento), la rentabilidad es mucho mayor y más favorable en los suelos de calidad, razones por las que no se continúa la búsqueda de terrenos adecuados a estos fines, sin interesar el costo a la sociedad.

En el Congo, la compañía Shell se involucró en una inversión conjunta con la Unité d'Afforestation Industriel du Congo, para formar una empresa denominada Congolaise de Développement Forestier, propietaria de 40 000 hectáreas de plantaciones de eucalipto clonados para crecimiento muy rápido en la zona de Point Noire, cuya madera estaba destinada a las empresas de pulpa del norte planificada a explotar en un período de 7 años. El acuerdo con la Shell, establecía que las plantaciones debían configurar un cuadro que encajara a la perfección en el paisaje natural (Shell/WWF 1993). Sin embargo, el plan de manejo ambiental de la propia empresa observó que estaban transformando la sabana abierta en un "verdadero bosque de eucaliptos" (Geerling, N" Sosso & Kitemo 1991).

Las plantaciones orientadas hacia la exportación también se encuentran en expansión en muchas regiones cálidas del norte, que siguen las mismas razones por las que se desarrollan en el sur, y que incluyen rápido crecimiento y la existencia de tierra barata. Los impactos sociales y ambientales que resultan también son similares, al igual que la resistencia a la proliferación de estos modelos de desarrollo.

No se deben culinar estas páginas donde se trata al proveedor principal de la industria; *la naturaleza*, sin sacar a colación un concepto bien establecido en la publicación denominada "Pulping the South" <sup>(62)</sup> que resulta muy interesante a estos efectos "La plantación de árboles, ya sea de especies nativas o exóticas, no es en sí misma un proceso positivo o negativo, la valoración resultará acorde a las estructuras geográficas o sociales dentro de las que estos son implantados". Como se expresara anteriormente, el bosque y la especie en sí misma no es la solución al ambiente sino el contexto general en el que se desarrolla.

De acuerdo con Feller Rate <sup>(79)</sup> la industria como tal presenta un nivel de riesgos e impactos que han de relacionarse en el análisis de prosperidad del negocio, ellos citan de Chile los siguientes elementos de interés:

- *Presiones ambientalistas, riesgos fitosanitarios e incendios.* La creciente tendencia ambientalista y la posibilidad de nuevas exigencias de esta índole, podrían obligar a la empresa a realizar inversiones que afectarían su rentabilidad. La regulación medioambiental chilena ha aumentado su nivel de requerimiento, particularmente en la aprobación de nuevos proyectos y se espera que esta tendencia continúe en el futuro. Además, la industria forestal está sujeta a riesgos fitosanitarios e incendios forestales con sus eventuales efectos sobre la producción, pese a la existencia de seguros.
- *Conflicto indígena.* El conflicto que existe por el reclamo de tierras de parte de comunidades indígenas en Chile y sus actividades, pueden distorsionar las operaciones normales de la empresa, provocando pérdidas por concepto de cosechas anticipadas,

incendios forestales, costos de vigilancia, seguros y costos judiciales. Sin embargo, en los últimos años, Masisa S.A. no ha tenido problemas relevantes de este tipo, gracias a su “política de desarrollo sustentable”.

El consumo de fibras<sup>(78)</sup> para la producción de aglomerados (en general) en el año 1998 es como se aprecia en la tabla 27, donde aparecen relacionados solamente los consumos de madera ocurridos por parte de América del Norte, y en ella por supuesto, los Estados Unidos y Canadá se adjudican gran parte del mismo.

**Tabla 27.** Productos elaborados y otros composites basados en el uso de la madera en América del Norte (año 1998).

Tipo de composite	EE.UU.	Canadá	México
<b>Paneles estructurales</b>	<b>millones de m<sup>3</sup> (a)</b>		
<i>Plywood</i>	15,730 (90) (b)	1,748 (13)	ver <i>plywood</i> maderas duras
OSB / OWB	9,935 (36)	6,875 (20)	---
Madera blandas de escamas orientadas (Strand Oriented Flake-Strand Lumber)	0,051 (2)	---	---
Madera de capas paralelas (Parallel Veneer-Strand Lumber)	0,200 (2)	0.030 (1)	---
<i>Plywood</i> maderas duras	1,770 (75) (c)	0,200 (15)	0,160 (25)
Tableros de partículas	8,127 (51)	2,195 (16)	0,630 (9)
Agrofibras (paja de trigo, etc.)	0,159 (3)	0,053 (3)	---
Tableros de fibras duros	1,903 (19)	0,057 (2)	---
Tableros de fibras densidad media (MDF)	2,480 (20)	0,898 (7)	0,036c (1)
Tableros aislantes	1,454 (7)	0,100c (3)	---
Laminated Veneer Lumber (LVL)	1,161 (18)	0,056 (3)	---
Vigas I (d)	0,547 (29)	0,155 (14)	---
Glulam	0,677 (33)	0,031 (9)	0,008 (1)
Paneles con aglutinantes inorgánicos (e)	0,932 (8)	0,031 (1)	0,073 (3)
Composites de fibras y termoplásticos (WPC)	---	---	---
Vigas de terminación (Lumber end joisting) (f)	--- (30)	--- (20)	---
Total	45,126 (423)	12,429 (127)	0,907 (39)
Total de América del Norte (%)	77	21	2

a) Datos desconocidos en 1998.

b) Los valores en paréntesis representan el número de fábricas.

c) Estimados.

d) Aproximadamente un metro cuadrado base 3/8 pulgada de espesor (0,031 pie<sup>3</sup> o 0.00088 m<sup>3</sup>) del panel estructural produce por cada pie lineal (0,3048 m) de madera, por lo que, 0.0029 m<sup>3</sup> producen 1 m lineal de viga I.

e) Tres plantas de tipo cemento / yeso existen en Centro América (0,150 millones de m<sup>3</sup>).

f) Involucra a más de 2 millones de metros cúbicos de madera seca en su mayoría (20 % humedad); excluye las uniones de madera tipo dedos, 45 plantas de madera laminada y aproximadamente 1 000 plantas de moldeo.

La esperanza de la preservación ambiental muchos la centran en la explotación de las fibras anuales, que resultan mayormente de la actividad del hombre, alimenticias o de otra índole, existentes en cantidades considerables, de las cuales la inmensa mayoría han demostrado potencial como sustitutos de la madera en algunas de las aplicaciones aquí expuestas (agro fibras). Ello implicaría conservar los recursos forestales, cuidarlos para prolongar la vida del planeta y evitar el avance del cambio climático.

Se desea puntualizar, que aún y cuando por parte del autor no existen confrontaciones con este sector productivo; todo lo contrario, la realidad se impone el sumar las necesidades de todas y cada una de las industrias que requieren de aporte de madera proveniente de los boques o plantaciones, al ritmo del incremento de la demanda y es de esperar que el planeta y el medio ambiente se impacten de manera irreversible dilapidando la herencia ambiental que hemos tomado prestada de las futuras generaciones.

## Otras fibras no madereras

Hasta mediados del siglo pasado las fibras naturales tuvieron aplicaciones en diferentes industrias, pero el avance de polímeros sintéticos debido a su bajo costo de fabricación, desplazó rápidamente a los productos con base natural. En la actualidad <sup>(64)</sup> los mismos países que iniciaron la primera y segunda revolución industrial, están liderando una eco-amigable tercera revolución, en la que los productos desarrollados por el hombre presentan un ciclo verdaderamente solidario con el eco-sistema pero sin dejar a un lado las exigencias tecnológicas y de calidad que demanda.

La clasificación más general de estas fibras naturales se acomoda a la siguiente estructura:

- *Hierbas y cañas*. Fibras provenientes de tallos de plantas monocotiledóneas, por ejemplo: hierbas, paja de trigo, arroz y cebada, entre otras.
- *Hojas*. Fibras que se encuentran a lo largo de hojas de plantas monocotiledóneas, por ejemplo: cáñamo, sisal y henequén, entre otras.
- *Tallos*. Provenientes de la corteza interna de plantas dicotiledóneas; por ejemplo: lino yute, cáñamo y kenaf, entre otras,
- *Semillas e hiladuras de frutos*. Incluye también las sedas; por ejemplo: algodón

Las fibras no madereras más reconocidas en la literatura, o que al menos en algunas oportunidades se han analizado como potenciales o se utilizan como sustitutos de la madera, representan 14 especies de un total registrado en todo el mundo que alcanza casi 40 <sup>(65)</sup>, la mayoría de ellas resultan de cosechas que realiza el hombre para su alimentación u otros productos asociados, que han ocupado un papel importante en la sustitución de la madera para estas aplicaciones.

A lo largo de la historia de la humanidad <sup>(64)</sup> las fibras naturales han desarrollado un papel importante en el ámbito de la construcción. Existen datos de la utilización de fibras, hojas y madera que se utilizaban como refuerzo de bloques compuestos a base de arcillas para la construcción de viviendas que fueron capaces de soportar cargas moderadas.

En el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), se desarrollaron alternativas para la utilización del excedente de bagazo de caña, cuando la industria azucarera ocupaba una posición cimera entre las más importantes producciones de este país. Gómez y col <sup>(66)</sup> describen un procedimiento para la elaboración de tableros cuya calidad resultó competitiva a nivel internacional, empleando este residuo como consecuencia de la inexistencia de bosques para este fin.

En relación al uso de las fibras anuales parece indicar que no existe en el mundo un consenso en cuanto a sus posibilidades de su uso, quizás como consecuencia de elementos tales como: recolección, almacenamiento, baja densidad en bulto o contenido de azúcares residuales, entre otras razones por las cuales no se utilizan eficientemente. En tal sentido, el bagazo de la caña de azúcar, la paja de trigo y de arroz, así como la madera reciclada, están llamados, en un futuro cercano, a ocupar lugares preferenciales para uso industrial más definidos.

La mayoría de los residuos agrícolas constituyen tejidos fibrosos con propiedades comparativamente atractivas y parecidas a la madera. Por ejemplo en cuanto al contenido de celulosa tenemos que los tallos de algodón poseen 41,26 %, la paja de trigo 40,4 %, la cáscara de arroz 36,2 % y el bagazo 42,16 %. En comparación con las maderas de coníferas, estas presentan como promedio 42 % de celulosa y las latifoliadas 45 %, de aquí que su uso potencial dependa de condiciones que no obedecen para nada a las diferencias en su constitución morfológica como se expresara anteriormente.

Otras materias primas como son la palma dátil y la gomera están igualmente en explotación en diferentes partes del mundo; más tampoco alcanzan el nivel de explotación esperado, al considerar los períodos de utilización de sus cultivos. A la luz del empleo de los potenciales de estas fuentes de fibras en el mundo, su aprovechamiento resulta bajísimo, preferencia sostenida incluso dentro del ambiente investigativo. Resulta claro que las tendencias actuales para este grupo de materiales, estén aparentemente ancladas en sus orígenes y no se promueven inversiones en esta dirección.

Quizás la aplicación de incentivos gubernamentales, forma de subsidio, preferencias a la producción u otros condicionados al uso de las agro-fibras, contribuya de forma importante a incrementar su explotación. Otro factor de interés particular podría esgrimirse cuando las incitaciones involucren aspectos sociales tan importantes a la humanidad tales como la protección al medio ambiente que obligue a ejecutar algún tipo de cambio en la política actual.

Resulta importante señalar que el conocimiento como herramienta no puede ser neutral y este trabajo puede constituir un marco propicio para empuñar posiciones de protección ambientalistas, contribuyendo a la difusión de muchas ideas importantes que se han captado del estudio de un número significativo de publicaciones que sitúan a la industria como de alto impacto ambiental, por lo que proyectarse al empleo de otras fuentes no madereras resulta fundamental a estos efectos.

En algunos países se hace énfasis en la utilización de materiales no madereros tales como la paja, bagazo (de caña de azúcar), bambú, algodón, sisal, algas, juncos, esparto y otros pastos. Alrededor del 60-65 % del papel producido en China proviene de la paja, bagazo, restos de algodón y otras fibras vegetales, mientras que el esparto constituye la materia prima para la industria nacional de papel en Túnez. Con todo ello, las iniciativas no resultan suficientes como para impactar de forma significativa en los volúmenes generados.

Es entendido que China fue de los primeros países en demostrar la viabilidad de producir paneles del tipo MDF con bagazo de caña de azúcar, manifestándose además iniciativas para el aprovechamiento de otras fibras anuales disponibles y no proceder a su incineración como una opción elemental para deshacerse de ellas. En el listado de instalaciones de producción de MDF



opción elemental para deshacerse de ellas. En el listado de instalaciones de producción de MDF aparece la Sichuan Guodong Construction Co., Ltd., una instalación construida en el año 2002 que emplea bambú como materia prima.

El bambú como materia prima celulósica, se encuentra bastante diseminado en el mundo, de manera general posee períodos de maduración entre 3 y 8 años <sup>(68)</sup> y puede proveer, entre dos y seis veces más celulosa por hectárea que el pino, por lo que su empleo puede constituir una oportunidad a aprovechar y enfrentar. Un trabajo realizado por la red chilena del bambú <sup>(67)</sup>, refiere investigaciones que abordaron el recurso desde una perspectiva integral; por ejemplo, existencias con potencial productivo, opciones silviculturales, alternativas de introducción de especies de interés, técnicas de reproducción, características tecnológicas, producción piloto de productos potenciales, prospección de mercados internos y externos, estado sanitario, normalización, aplicaciones de diseño, etc. En la primera fase de investigación, según la opinión de especialistas nacionales e internacionales, los tableros decorativos constituyen uno de los productos con mayor potencial productivo, utilizando sobre todo la especie *Chusquea culeou* que desde el punto de vista estético para el mercado, el endemismo de la especie y sus diferencias morfológicas y tecnológicas, aseguran un producto con un alto nivel de exclusividad en relación a la producción de tableros derivados de otras bambusáceas de países asiáticos.

La producción de tableros de bambú se presenta como una opción productiva atrayente tanto para la perspectiva social como privada. Se trata de una iniciativa intensiva que demanda de mano de obra tanto silvícola como industrial, bajos requerimientos de inversión que se abastece de una materia prima que actualmente tiene un valor alternativo cercano a cero. Opción interesante para la pequeña y mediana industria regional y para los propietarios de bosques nativos. Por otra parte, en virtud de los cortos ciclos de cosecha y reposición del recurso, se contribuye a disminuir los efectos de la estacionalidad y temporalidad, característicos del empleo en áreas de terrenos forestales.

En China, la creación de industrias demandantes de bambusáceas, principalmente para las industrias de tableros, carbón, papel y brotes comestibles, ha incentivado la reforestación de 5 millones de hectáreas, en las tres últimas décadas, empleando terrenos con fuertes pendientes y que presentan acelerados procesos erosivos.

La utilización del bambú como sustituto de la madera en diversos usos, ha representado en países con altos problemas de deforestación, una solución emergente, particularmente para la producción de paneles. Por estos motivos, organizaciones internacionales como la Red Internacional del Bambú y el Ratán (INBAR), han determinado como un objetivo de alta prioridad la cooperación tecnológica que tiende a incentivar la investigación en tecnologías productivas en este rubro. Se estima que la producción anual de 100 mil metros cúbicos de diferentes tipos de tableros de bambú en China, sustituyen la explotación de un millón de metros cúbicos de madera en pie de bosque nativo. En la India, se ha estimado que la producción de estos paneles, equivale a la explotación de 30 mil hectáreas de bosques por año.

El problema de la utilización eficiente de estas fibras anuales en su contexto general es complejo como resultado de su condición de subproductos de otras industrias o residuos de

alguna cosecha agrícola, encontrándose habitualmente problemas en su aprovechamiento, entre los cuales por su importancia podemos citar:

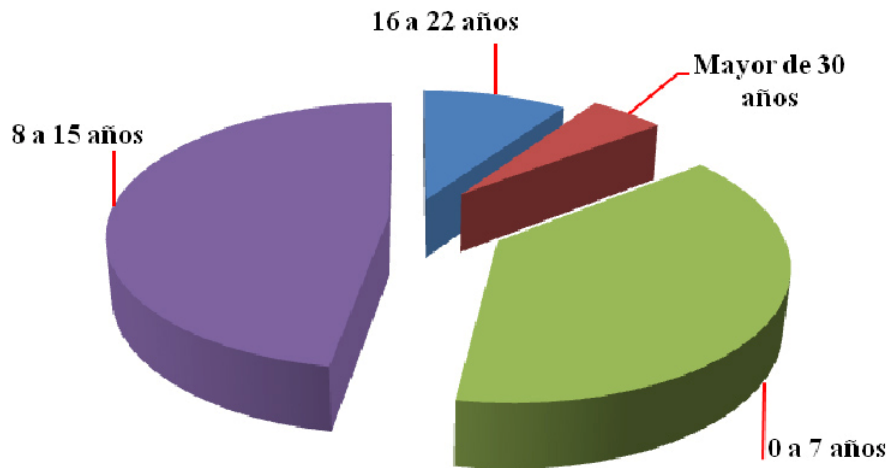
- Insuficiente atención del productor al residuo por razones tales como bajos precios o pobres exigencias, al compararse con la producción principal o cosecha.
- Inestabilidad en cantidad o dependiente de factores que no permiten una adecuada planificación de su aprovechamiento y somete a las inversiones a fuertes riesgos, lo cual aleja a los posibles inversionistas.
- Dificultades para lograr mecanismos de recolección y compactación de los materiales y obtener bajos costos de transportación y/o manipulación.
- Incertidumbres en cuanto a la óptima limpieza de estos materiales sin perjuicio de sus propiedades fibrosas ni rotura excesiva de las fibras.
- Insuficientes soluciones tecnológicas y económicamente viables para integrarlas dentro de esquemas energéticamente eficientes.
- Necesidad de una estrategia nacional dirigida a proteger el uso de sus recursos boscosos y dar prioridad a programas de diversificación de las industrias que dispongan de estas fibras anuales.
- Seguimiento de esquemas que enjuicien anticipadamente el empleo de estos materiales.
- Necesidad de priorizar el financiamiento de programas que permitan su desarrollo.

Para algunas de las tecnologías que han sido expuestas, el uso de la fibra no contempla su procedencia, es decir, que no es de importancia si la misma resulta del procesamiento de la madera, reciclaje de la misma o de plantas anuales, lo que sí repercute grandemente y es de vital interés tecnológico, es que se tengan en cuenta sus respectivas características y propiedades para asegurar un correcto procedimiento de preparación.

Un caso muy interesante fue presentado por CIPAV <sup>(76)</sup> en el año 2004 como alternativa colombiana que se sustenta en las experiencias de Malasia y Tailandia respectivamente, con la utilización de plantaciones de baja producción de látex, que involucra nuevos proyectos forestales. De esta forma, utilizando plantaciones que superan los 30 años, se puede ofertar madera en el entorno de los 950 mil metros cúbicos, a razón de 140 m<sup>3</sup>/ha/a.

En la figura 99 aparece la distribución por edades de esta materia prima, recurso que alcanzaba un total de 6 788 hectáreas, de unas 10 294 que se habían plantado en el año 1943.

**Figura 99.** Edades de las plantaciones de caucho en Colombia.



El volumen anual disponible de esta madera para los años evaluados desde el 2006 hasta el 2029, es decir 25 años, asciende a unos 78 120 m<sup>3</sup> de madera disponible para este fin. Sus metas visibles están fundamentadas en las siguientes informaciones:

- Malasia exporta 1200 millones de dólares estadounidenses en muebles y es el tercer productor mundial de MDF producido con madera del caucho.
- Tailandia exporta 550 millones de dólares estadounidenses en muebles y 300 millones en tableros de madera del caucho.

Por lo tanto, están ante un proyecto con escasos niveles de riesgo por concepto de cambio de la materia prima, y que es considerado vital para generar elementos tan importantes como; fuente de empleo, valor agregado a la producción de látex, apreciable disminución de la presión sobre el bosque nativo y obtención de créditos de carbono al erradicar la generación de CO<sub>2</sub> por concepto de la combustión de esta madera residual. El esquema general para el aprovechamiento de la madera del árbol cauchero es como se aprecia en la figura 96, en la cual se muestra el empleo más general de los recursos que brinda el cultivo.

La industria de los aglomerados a pesar de su gran difusión en el mundo, responde en su desenvolvimiento, primeramente a las iniciativas de los países desarrollados y dentro de ellos a las grandes compañías productoras de equipamiento y portadores tecnológicos, los cuales emplean mayoritariamente la madera natural como recurso primario para todas y cada una de estas producciones.

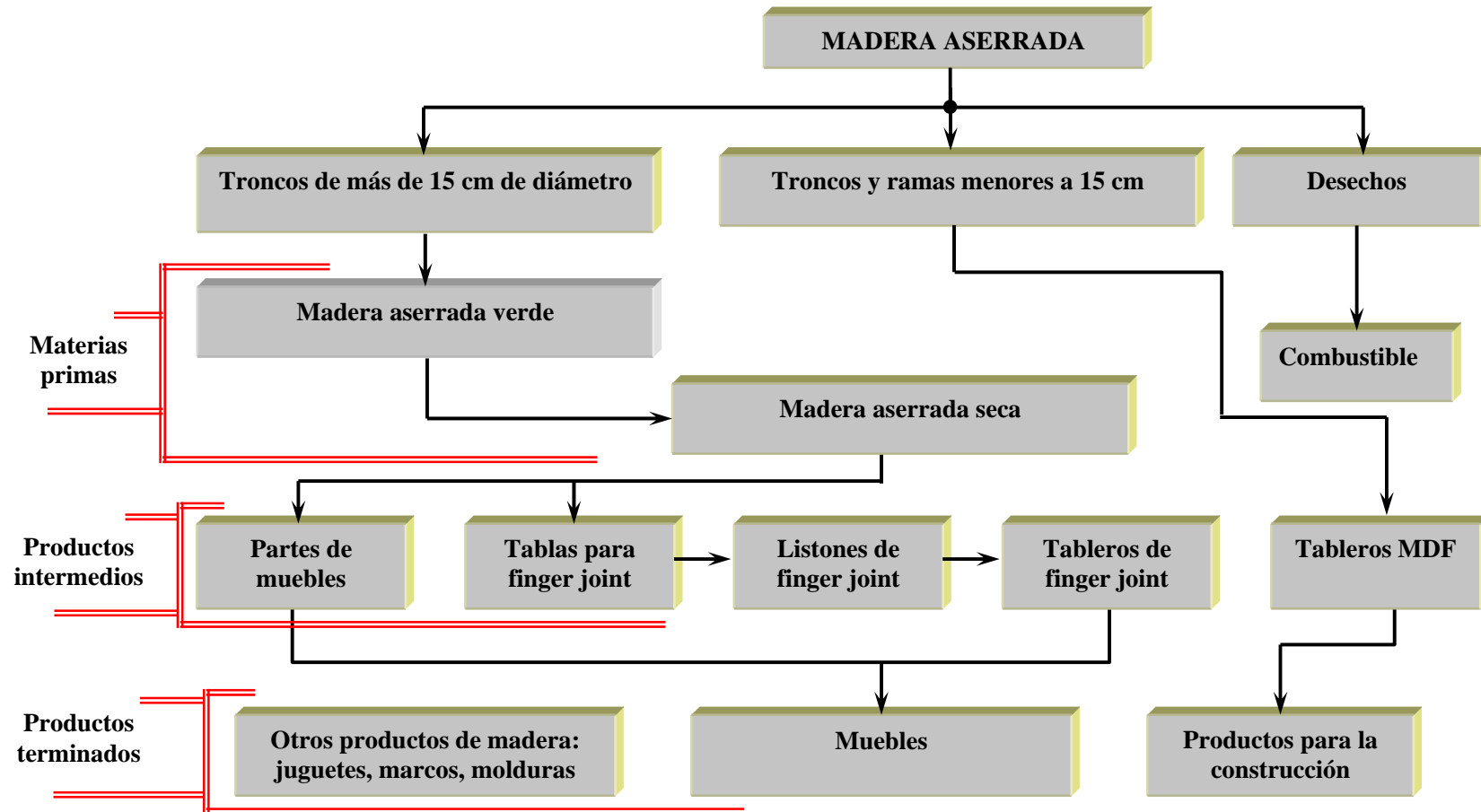
Algunas de las fibras anuales como es el caso del bagazo, por la antigüedad del cultivo, tradición en el manejo y procesamiento de la misma, ya posee en mayor o menor grado soluciones acabadas en cuanto a los mecanismos de recolección y tratamiento de la misma con la finalidad de asegurar un suministro estable al proceso productivo con la debida calidad. Un esquema que amplía el campo de conocimiento sobre este aspecto se aprecia en la figura 100.

La industria de los aglomerados establece en su desarrollo su propio “talón de Aquiles” que no resulta particularmente atribuible a la disponibilidad de nichos de mercado, sino por la existencia de un lógico autocontrol de la naturaleza al desarrollo desenfrenado de la industria marcado por la tenencia de bosques en rotación, tierra para el cultivo y la suficiencia de madera o residuos de ella, aptos y económicamente disponibles a este fin.

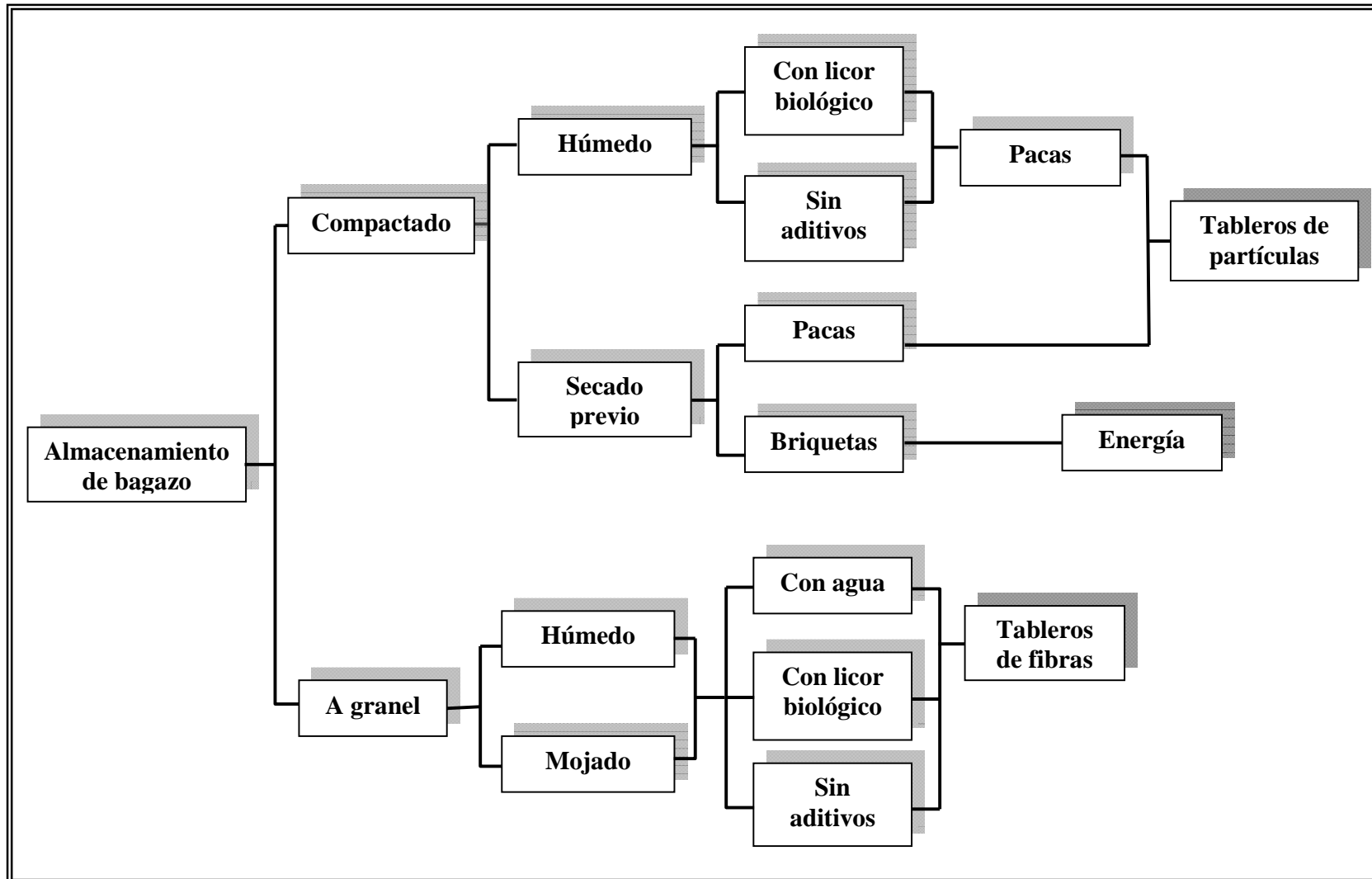
Las producciones de aglomerados en base a las fibras anuales tanto en la producción de tableros de partículas o de fibras, incluyendo los propios MDF, podrían remontar las restricciones que han frenado la trayectoria productiva que ejecutaban países tales como China y la propia Turquía, las cuales ya no encuentran vías para superar los déficits de madera a pesar de haber buscado cuanta fórmula podría resultar efectiva a estos fines, incluso la temática de la importación igualmente establece sus límites en consideración a las tasas impositivas que aplican los respectivos países.

En relación al aprovechamiento de las fibras de bagazo, los productos aglomerados constituyen el segundo sector mayor consumidor industrializado del mundo con el 13 % y ya para 1993 alrededor de 47 plantas de tableros en el mundo se encontraban en operación. La capacidad instalada para el año 2000 se encontraba en el entorno de los 900 mil metros cúbicos al año, ubicándose el mayor volumen instalado en América Latina con 419,2 mil metros cúbicos, seguida por Asia con 280 mil metros cúbicos.

Figura 100. Aprovechamiento de la madera de caucho. Esquema general



**Figura 101.** Esquema general sobre alternativas de almacenamiento de bagazo





Las tecnologías en operación incluyen tanto la producción de paneles de fibras como de partículas, aplicando procedimientos de terminación tales como: recubrimientos con papeles melaminados, enchapados, o simplemente con aplicación de lacas, pinturas o barnices, todos ellos con excelentes acabados, incorporando las tecnologías más recientes y en general totalmente competitivas en cuanto a propiedades, en comparación con los tableros de madera.

La fibra del bagazo de la caña de azúcar, contrariamente a otras fibras anuales, posee el incentivo de ser recolectada en cantidades importantes en los propios centros procesadores. En sentido general, se maneja que por cada tonelada de caña, resultan disponibles posterior al mantenimiento energético de la fábrica de azúcar, alrededor de 280 kg de bagazo con 50 % de humedad, lo cual brinda una medida de las cantidades de bagazo residual que maneja el mundo azucarero a partir de la caña.

En la preparación del recurso fibroso radica el mayor compromiso y diferencias con la madera, resultando de ello en determinados casos equipamientos específicos como es el caso del desmedulado, mientras que en otros casos se asimilan equipos que se emplean en otras industrias como el empaque, muy cercano a la industria del papel. La maquinaria es diseñada y construida en el primer mundo al igual que el resto de la involucrada en el proceso, por lo tanto, las modificaciones pertinentes a realizar o bien son conocidas o se conoce el camino para resolverlas.

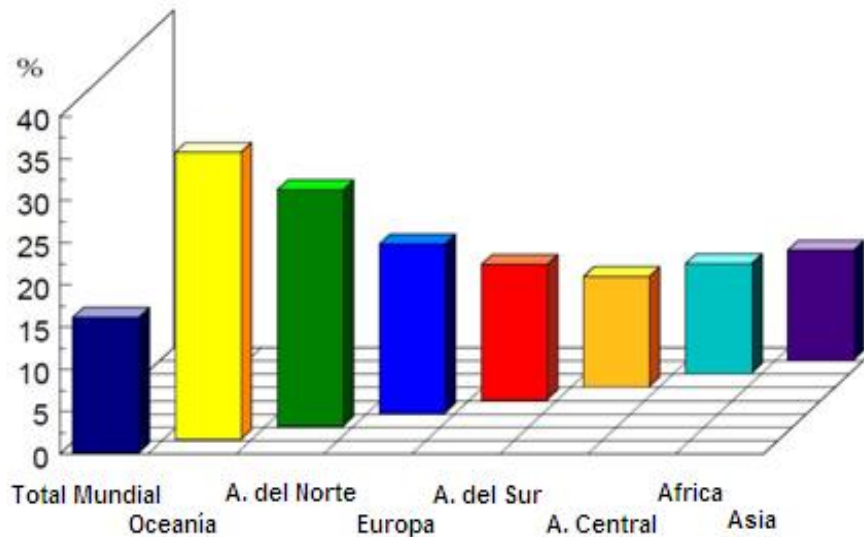
En cuanto a la preparación de la fibra podría plantearse que muchas de las fibras anuales ya llegan al proceso con determinado grado de preparación, de aquí que los altísimos insumos de energía que acompañan estas operaciones, desde el origen (tala y preparación primaria), son sustituidos por la acción de la industria tributaria y ello contribuye a lograr indicadores económicos muy favorecedores cuando se les compara entre sí. Otra de las diferencias más notable radica en la comparación de densidades, lo cual puede originar cambios geométricos en determinados equipos, constricción de capacidades que acorde a algunas referencias pueden alcanzar hasta un 30 % cuando se le comparan con equipos o instalaciones diseñadas originalmente para la madera. Precisamente debido a esto, para alcanzar iguales propiedades que los productos derivados de la madera, resulta imprescindible incrementar la densidad de los productos terminados y como es de esperar, ocurre el incremento en peso que constituye el elemento más desfavorecedor en este campo.

En materia de tecnología, los problemas anteriormente expuestos son bien dominados por los tecnólogos y existen escasos márgenes de errores que comprometan el éxito productivo y económico de la industria en desarrollo. De esto existen sobrados ejemplos que se podrían mencionar hasta presentar todo un panorama de diversificación para estas fibras anuales que ha cubierto casi toda la gama de tecnologías existentes. Un ejemplo de ello lo constituye el hecho de que los tableros de partículas de bagazo de caña producidos en Cuba, obtuvieran medalla de oro a la calidad en ferias alemanas en franca competencia con similares de madera, lo cual corrobora estas afirmaciones.

La figura 103 muestra reportes<sup>(69)</sup> sobre el bagazo industrializado acorde a diferentes regiones geográficas, que revela a Oceanía como máximo consumidor, donde diferentes compañías productoras han mantenido una política de empleo del bagazo, fundamentalmente en

la producción de aglomerados y que en muchos casos han influido de forma importante en el desarrollo de estas industrias a partir de fibras naturales.

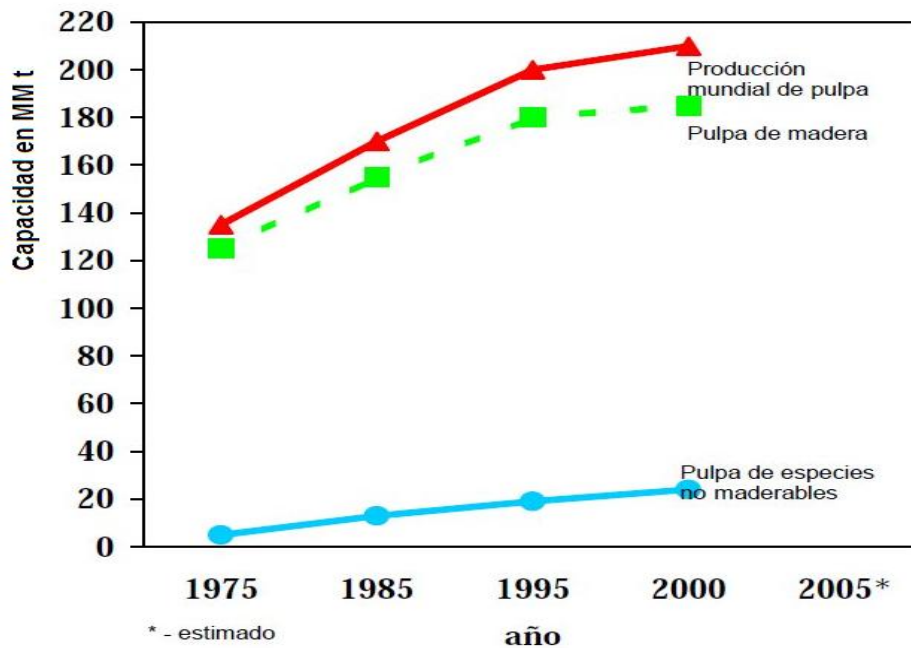
**Figura 102.** Bagazo industrializado en el mundo (año 2000)



La producción de papel a escala mundial emplea grandes cantidades de bagazo, tanto en materia de papel periódico, otros tipos y demás derivados de la celulosa. Al menos en lo que al caso de Cuba se refiere, por años existió un importante nexo entre la industria azucarera y la producción de pulpa y papel, lo cual resultó un importante promotor de las mezclas de pulpas con bagazo para la producción de papel periódico. Entre esta industria papelera y la preparación de la fibra de bagazo para la producción de paneles existen puntos de contacto de interés mutuo en cuanto a la eficiencia en la separación de la médula o meollo, igualmente analizado como un indeseable acompañante de la fibra, que incide en el incremento del consumo de productos químicos y reducción de las propiedades de los respectivos productos.

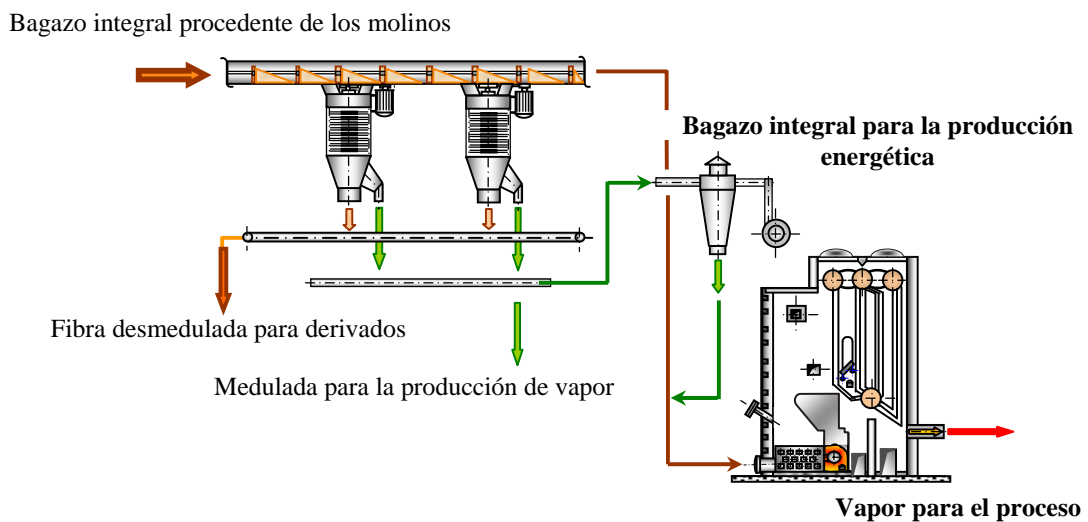
La figura 104 refleja la producción mundial de pulpa papelera en el año 2000, otra de las industrias consumidoras más importantes de fibra de madera y no maderables. En la misma se representan los potenciales reportados para ambos tributarios, pudiendo constarse fácilmente la considerable disparidad entre las mismas.

**Figura 103.** Producción de pulpa papelera (año 2000).



Se muestra en la figura 105 una variante para el procesamiento mecánico del bagazo que prefija ubicar los equipos de desmedulado dentro del sector de transportación que conecta el último de los molinos, pasando por casa de calderas hasta desembocar en el patio de bagazo. De esta forma resultaría separada la fibra del meollo o médula y cada una de ellas conducidas a sus respectivos destinos, como posible fuente de energía o ración animal para la médula o procesada tecnológicamente la fibra hasta convertirla en alguno de los aglomerados descritos anteriormente.

**Figura 104.** Esquema de preparación de bagazo para aglomerados y energía



Al bagazo de la caña de azúcar, se le atribuyen además de los problemas anteriormente mencionados dos grandes inconvenientes; por una parte el elevado contenido de humedad que resulta de la molida y por otra el elevado contenido de azúcares residuales, que implican determinadas dificultades en la concepción de los sistemas de almacenamiento de la fibra o imposibilidad de uso directo de la misma acorde al proceso tecnológico que se desee, por mencionar solo las más importantes.

Los países latinoamericanos son los que mayor aprovechamiento le han brindado a la fibra del bagazo de la caña, en casos debido a la insuficiencia de bosques aprovechables para la producción de aglomerados. Dentro de este perfil, se toma como por ejemplo a Propal (hoy Carvajal Pulpa y Papel SA), empresa colombiana ubicada en el Valle del Cauca, una de las cinco productoras más grandes del mundo que utilizan esta fibra como materia prima.

En el proceso productivo, esta empresa emplea 10 % de fibra larga maderera y el resto es bagazo, con lo cual se fabrica uno de los papeles con menor impacto ecológico en la región. Elabora papeles con 100 % de fibra corta, como es el papel para fotocopia que se comercializa en Venezuela, Costa Rica, Ecuador, y en Colombia bajo la propia marca Propal Reprograf, cuya demanda creció hasta un 30 % anual, motivado por su aceptación en el mercado nacional.

Es conocido que además de las plantas anuales, existen otros cultivos que igualmente generan residuos de considerable magnitud. Se reconocen aplicaciones coyunturales en determinados países, empleando la palma gomera y la palma dátíl, esta última muy difundida en Arabia Saudita, que representa una de las materias primas más importantes de este país a considerar para este fin.

En un artículo referenciado del año 2006 <sup>(64)</sup> se describe un grupo importante de investigaciones llevadas a cabo en diferentes regiones del mundo, aplicando diferentes tipos de fibras naturales, anuales o no, para lograr productos aglomerados. De estos estudios se recogen algunas ideas mayormente dirigidas a emplear estas fibras en sustitución de madera para los WPC.

Se estudió el efecto del tratamiento superficial de las fibras de celulosa y polipropileno con ozono previo al mezclado de las mismas, proceso que reportó el incremento de la adhesión de las fibras a la matriz. Con el uso del anhídrido maélico (MAN) se mejoró la dispersión de las fibras de kenaf así como también el porcentaje de absorción de agua, en matriz de polipropileno. Empleando un 0,5 % en peso de MAN se incrementó significativamente el esfuerzo a la tensión y de flexión, la elongación a la ruptura y la resistencia al impacto, en comparación con una muestra de 100 % polipropileno.

En Brasil se desarrollaron investigaciones para la utilización del sisal como refuerzo en materiales compuestos. Realizaron exitosas modificaciones sobre la superficie polar del sisal a través de la benzatilización de la fibra, promoviendo así el incremento de la compatibilidad con la matriz no polar del polímero y la disminución de la absorción de agua.

Es importante destacar el impulso que ha dado la multinacional Daimler Benz en conjunto con la UNICEF, a través del programa Poverty and Environment in Amazonia desarrollado en Brasil para promover la aplicación de biocompuestos en partes para la elaboración de vehículos Clase E y camiones Clase A. Lo más destacable de este esfuerzo es que se comprobó la

factibilidad de la utilización de los recursos naturales para fines no tradicionales o artesanales, haciendo de esta zona de Pará una localización económicamente activa con el consecuente beneficio para sus pobladores. Todo ello se desarrolló en perfecta armonía con el medio ambiente y sin dejar a un lado la calidad requerida para los productos Mercedes Benz. Esta transnacional ha utilizado el yute y el algodón desde hace 15 años en partes interiores de sus vehículos. En la actualidad se encuentran en el desarrollo de investigaciones para reducir la utilización de fibras sintéticas en sus vehículos.

La tecnología más exitosa empleada para estos fines ha sido el moldeo por compresión con fibras naturales tales como el lino, sisal, algodón y una mezcla de lino/algodón; utilizando diversas matrices poliméricas tales como polipropileno (termoplástico), epóxica, poliuretano y resinas fenólicas (termofijas), dependiendo de la aplicación.

En Cuba en el Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA), en el desarrollo de productos moldeados <sup>(70)</sup> se trabajaron mezclas de bagazo y resina UF (10 al 12 %) con la finalidad de producir elementos destinados a la producción de cajas para la recolección de vegetales, en el cual no solo se habían previsto alcanzar resultados en cuanto a la aplicabilidad del bagazo para estos fines, sino también para lograr una cultura en cuanto a la industria mecánica asociada a la construcción de los moldes. Adicionalmente se incluyeron algunas corridas para el posible análisis de sustitución de plásticos termofijos en procesos de moldeo por compresión. Como resultado potencial de este trabajo se evidenció que la carga de bagazo no solo resultaba más económica al comparar valores entre materias primas sino que en relación a las propiedades físico mecánicas, la esbeltez de la fibra incluida en la estructura de la pieza incrementó primordialmente la resistencia al impacto y a la flexión, así mismo, se logró un control en cuanto a dimensiones de fibra, elemento de elevado interés para el mejor balance de materiales del proceso y las propiedades físico mecánicas de los productos confeccionados.

En Ecuador <sup>(71)</sup> se realizaron investigaciones para alcanzar productos de calidad que propician el empleo para el bagazo de caña y la cascarilla de arroz, derivados de las producciones de los alimentos correspondientes. El objeto de este trabajo resultó evaluar las propiedades físico-mecánicas de tableros producidos a partir de la mezcla de bagazo de caña con resinas urea-formaldehído y fenol-formaldehído y de manera similar cascarilla de arroz con las mismas resinas para establecer una comparación estadística entre las variables y determinar la mejor composición destinada a la producción de tableros.

En México, se experimentó el empleo de lechuguilla como refuerzo para compuestos base cemento, proponiendo el aislamiento de las fibras con diversos compuestos químicos y obteniendo los mejores resultados con la parafina. Como parte de esta investigación se concluyó que es preferible tener una matriz densa en cemento y una relación agua/cemento de alrededor de 0,35, incrementando así la resistencia a la flexión. Paralelamente se realizaron estudios comparativos entre la calidad de la fibra de lechuguilla, procesada mecánicamente y la tradicional por extracción manual; llegando a la conclusión de que la preparación mecánica no disminuye las propiedades finales, sino le atribuye una pigmentación excesiva debido al jugo que se produce durante la extracción.

Actualmente la producción global de residuos de cultivos realizados por el hombre puede alcanzar unos 4 billones de toneladas anuales, dentro de los cuales el 60 % se corresponde con la agricultura y el resto con los bosques. Puede plantearse que en muchas ocasiones la inmensa mayoría de estos resultan inútilmente incinerados, incrementando el efecto invernadero a manera habitual para erradicar los graves problemas que acompañan su apilamiento en las zonas de recepción o concatenadas a los procesos tecnológicos de los cuales proceden.

Se estima que uno de los grandes retos de la industria se corresponde con el aprovechamiento de las fibras de plantas anuales y los árboles no madereros para sustituir parcialmente el elevado insumo de madera que es en la actualidad destinada para estos fines. A tales efectos, podrían aplicarse paquetes de medidas gubernamentales fundamentando incentivos por la obtención de créditos de carbono, reducción de medidas punitivas a la producción que favorezcan la toma de decisiones por parte de los inversionistas e industriales, acorde al actual proceder.

Se pueden mencionar otras tecnologías de aglomerados <sup>(80)</sup> entre ellas la conocida bajo el denominativo de “Papercrete” que representa otro de los materiales de construcción recientemente desarrollado y que consiste en el empleo de pulpa de papel repulpeada y mezclada con cemento Portland, arcilla u otro aditivo para conformar elementos varios para la construcción.

Este producto fue patentado alrededor del año 1928 y fue realizado en aplicaciones para interiores en 1980. La mayor significación del producto es su carácter amigable por el concepto de reciclado del papel, el cual puede provenir de vías tan comunes como periódicos, revistas, rechazos de correos, libros, etc., todos los cuales se obtienen de los contenedores de desechos. El producto desde este punto de vista ambiental, solo es empañado por el empleo del cemento.

Técnicamente el papel es embebido en agua y por medio de un mezclador se logra una pulpa a la cual se le añade el aglomerante (cemento, arcilla u otro) y de esta forma se evita el rajado del material en el secado.

El material se acostumbra a emplear en paredes reforzadas con estructuras portantes, digamos a partir de perfiles de laminados de acero u otro elemento capaz de resistir las cargas de la edificación. El papercrete es un elemento de muy baja resistencia y falla a pequeñas cargas de compresión, presenta elevadas cantidades de poros que contienen aire y de aquí su empleo como material aislante. Las paredes generalmente construidas por este método, poseen de 10 a 12 pulgadas (250 a 305 mm) de espesor, similar a cuando se realizan construcciones de adobe.

Debido a su ligereza y facilidades de moldeo, el material está siendo reorientado al uso en techos tipo “domo” ajustándose con facilidad a las formas requeridas por la construcción. Acorde a los usos más convencionales, el material se somete a estucado, lo cual proporciona superficies más lisas, cerradas y resistentes al contacto.

Existen otros materiales afines al uso del papel, que son destinados al ambiente constructivo como son el papel mache, el denominado Pycrete y otros, sobre los cuales se considera prudente ahondar en este trabajo.



## Consideraciones finales

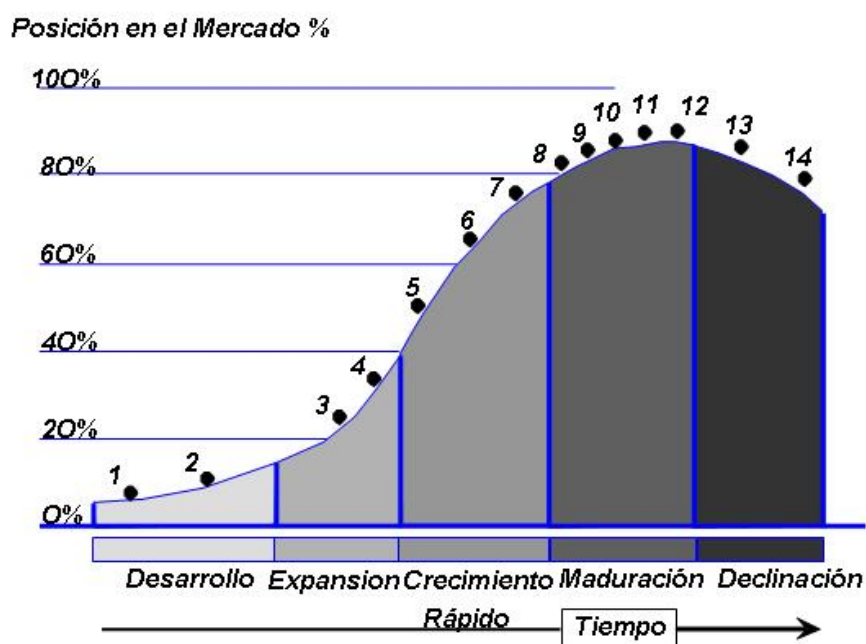
La producción de paneles ha mostrado por años constituir una industria sólidamente consolidada, contando con tecnologías cada día más eficientes, actualizadas por el accionar de los grandes consorcios productores de las maquinarias que se requieren para estos fines, manteniendo un ritmo de crecimiento importante igualable o superior, al exhibido en la década del 70, considerado en aquel entonces por muchos especialistas como de un crecimiento de carácter explosivo, demanda sustentada por la significativa contribución de los paneles a la industria del mueble y de la construcción y muy particularmente en la ejecución y rehabilitación del fondo de viviendas donde a escala mundial se realizan innumerables inversiones.

La imagen de esta industria está dada por sus asociados, responsables del soporte técnico, es decir, los productores de maquinarias y sistemas, que a través del tiempo, sustentados en frecuentes procesos inversionistas ejecutados por entidades gubernamentales, privadas o mixtas, han brindado satisfactoria respuesta a la creación de nuevas instalaciones productivas que producen con mayores capacidades y mejores calidades, factibles de localizarse en casi todos los países del mundo. Procesos inversionistas más modestos han impulsado la renovación parcial de su equipamiento, para alcanzar reformas ante las crecientes exigencias y demandas impuestas por el mercado al cual deben sus producciones.

Una información recientemente encontrada, procedente de los Servicios Forestales de EE.UU. <sup>(30)</sup>, expone una gráfica que muestra, prácticamente todas las tecnologías mencionadas. Denotan que todas se enmarcan en un ciclo, que se inicia con el desarrollo y culmina en la declinación de la misma, según aparece en la figura 106. Este comportamiento comprensible fue declarado en el año 1975 por Franz F.P. Kollmann y col, el que traído a la actualidad, nos muestra el momento en que se encuentra la tecnología dentro del ciclo de vida en consecuencia con las exigencias del mercado, las necesidades de la sociedad, estilos de vida y poder adquisitivo, entre otros elementos de importancia.

Resulta razonable pensar que los logros alcanzados hasta el presente, han de establecer las bases para imponer nuevos retos y trazar otras políticas de desarrollo de la industria vinculadas con la protección del medio ambiente. En tal sentido, se ha de enfatizar en el incremento de la participación de las fibras anuales y materiales no madereros para estos fines, con el firme propósito de detener, en base a la demanda creciente, la destrucción de espacios tan vitales para el planeta como son sus bosques. A tales efectos, la preservación de los bosques nativos insustituibles por los diseñados por el hombre, acorde a su beneficio, debe constituir una política que cuente con el respaldo irrestricto de entidades gubernamentales; quizás el primer paso sería considerar plantaciones de especies mixtas, factibles de mezclarse entre sí en el producto, sin ocasionar el detrimento de las cualidades que los caracteriza.

**Figura 105.** Posicionamiento de las tecnologías en el mercado.



En la misma, las posiciones del 1 al 14 responden a los productos como siguen:

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| 1. OSL.   | 7. OSB.                           |
| 2. Paneles estructurales aislantes.                           | 8. MDF.                           |
| 3. Composites estructurales LSL y PSL.                        | 9. Vigas en I.                    |
| 4. Sustitutos plástico madera, acero, productos del concreto. | 10. Laminados encolados "Glulam". |
| 5. Sistemas de ingeniería para pisos, paredes y techos.       | 11. <i>Plywood</i> industrial.    |
| 6. LVL.   | 12. Paneles de partículas.        |
|   | 13. <i>Plywood</i> .              |
|   | 14. Marquetería de madera.        |

Otro de los grandes problemas a resolver en el uso de los paneles constituye el hecho de su limitada resistencia a la humedad, tanto para la confección de los muebles como para la construcción de espacios habitables, el lograr productos o tratamientos para incrementar este importante parámetro evitaría colapsos estructurales de mayor o menor envergadura con el consiguiente peligro para sus moradores y que además implican cuantiosas reposiciones de elementos aún en pleno período de vida útil.

Desde el punto de vista ambiental, la mayor deuda de la industria está centrada con la sociedad, por cuanto el medio que hoy disfrutamos es herencia de nuestros ancestros, pero depende de nuestro proceder, el legado que realizaremos a las próximas generaciones. La industria no resarce sus compromisos ambientales con plantaciones dirigidas después de talar parte de las reservas naturales que aún le quedan a la tierra, como plantea acertadamente <sup>(62)</sup>. La

plantación de una especie de eucalipto, en alguna región de Australia donde es oriunda, plantada con el objetivo de regenerar el ecosistema original y con la aprobación de las poblaciones locales, puede ser considerada como una contribución a la reforestación. La misma especie, al ser plantada como un monocultivo a gran escala para la producción maderera o para pulpa en la India o Uruguay, no constituye una contribución a la "reforestación", sino probablemente favorezca la degradación ambiental y la generación de problemas sociales.

Es así que la plantación de árboles, ya sea de especies nativas o exóticas, no es en sí misma un proceso positivo o negativo, el resultado depende de las estructuras geográficas y sociales dentro de las que es implantado. Plantaciones centradas en la producción de madera industrial, fenómeno clásico del siglo XX, en sentido general, que resulta de la previa sobreexplotación de madera de los bosques nativos, constituye un hecho en plena expansión en el Sur. Entre 1965 y 1980 el área ocupada por plantaciones se triplicó en los países tropicales y entre 1980 y 1990 se incrementó nuevamente de dos a tres veces, medida del galopante accionar del hombre sobre el medio y su entorno, impactos que poco a poco, la naturaleza va mostrando, por ejemplo, con el cambio climático que afecta al planeta, en ello como es natural, contribuyen ampliamente las potencias desarrolladas y cobran por igual todos los seres vivos, ya que el sistema a nivel global es solo uno para todos.

Numerosos bosques nativos de los Estados Unidos, Japón y Europa fueron eliminados hace mucho tiempo y reemplazados por agricultura, pastos o plantaciones. Si bien en esas tres regiones aún existe madera industrial físicamente disponible, el acceso a la misma se encuentra a menudo bloqueado por razones económicas o políticas. En el Sur, por su parte, los bosques están desapareciendo a un ritmo vertiginoso, a consecuencia de un cúmulo de causas complejas en las que el imperialismo del Norte está profundamente implicado, para satisfacer sus intereses y el de las elites aliadas del Sur. La deforestación está conducida por tres tipos de amenazas: insuficiencia de madera industrial para garantizar el crecimiento ilimitado del consumo per cápita; pérdida de otros recursos, incluidos materiales genéticos derivados de la deforestación tropical; y la pérdida de la estabilidad climática por elevación de los niveles de dióxido de carbono.

Podrían plantearse quizás otros aspectos de interés en relación a la industria y su interacción con la sociedad y la naturaleza, pero los relacionados anteriormente aportan suficientes motivaciones para trabajar arduamente con el objetivo de lograr una industria con producciones más limpias, menores impactos ambientales y productos más perdurables en el tiempo; estos podrían constituir los retos que convocan a una industria moderna y las políticas asociadas a su garantía.

Actualmente la producción global de residuos de cultivos realizados por el hombre puede alcanzar unos 4 billones de toneladas anuales, dentro de los cuales el 60 % se corresponde con la agricultura y el resto con los bosques. Puede plantearse que en muchas ocasiones la inmensa mayoría de estos resultan inútilmente incinerados, incrementando el efecto invernadero a manera habitual para erradicar los graves problemas que acompañan su apilamiento en las zonas de recepción o concatenadas a los procesos tecnológicos de los cuales proceden.

Se estima que uno de los grandes retos de la industria se corresponde con el aprovechamiento de las fibras de plantas anuales y los árboles no madereros para sustituir parcialmente el elevado insumo de madera que es en la actualidad destinada para estos fines. A tales efectos, podrían aplicarse paquetes de medidas gubernamentales fundamentando incentivos por la obtención de créditos de carbono, reducción de medidas punitivas a la producción que favorezcan la toma de decisiones por parte de los inversionistas e industriales, acorde al actual proceder.

Se pueden mencionar otras tecnologías de aglomerados <sup>(80)</sup> entre ellas la conocida bajo el denominativo de “Papercrete” que representa otro de los materiales de construcción recientemente desarrollado y que consiste en el empleo de pulpa de papel repulpeada y mezclada con cemento Portland, arcilla u otro aditivo para conformar elementos varios para la construcción.

Este producto fue patentado alrededor del año 1928 y fue realzado en aplicaciones para interiores en 1980. La mayor significación del producto es su carácter amigable por el concepto de reciclado del papel, el cual puede provenir de vías tan comunes como periódicos, revistas, rechazos de correos, libros, etc., todos los cuales se obtienen de los contenedores de desechos. El producto desde este punto de vista ambiental, solo es empañado por el empleo del cemento.

Técnicamente el papel es embebido en agua y por medio de un mezclador se logra una pulpa a la cual se le añade el aglomerante (cemento, arcilla u otro) y de esta forma se evita el rajado del material en el secado.

El material se acostumbra a emplear en paredes reforzadas con estructuras portantes, digamos a partir de perfiles de laminados de acero u otro elemento capaz de resistir las cargas de la edificación. El papercrete es un elemento de muy baja resistencia y falla a pequeñas cargas de compresión, presenta elevadas cantidades de poros que contienen aire y de aquí su empleo como material aislante. Las paredes generalmente construidas por este método, poseen de 10 a 12 pulgadas (250 a 305 mm) de espesor, similar a cuando se realizan construcciones de adobe.

Debido a su ligereza y facilidades de moldeo, el material está siendo reorientado al uso en techos tipo “domo” ajustándose con facilidad a las formas requeridas por la construcción. Acorde a los usos más convencionales, el material se somete a estucado, lo cual proporciona superficies más lisas, cerradas y resistentes al contacto.

Existen otros materiales afines al uso del papel, que son destinados al ambiente constructivo como son el papel mache, el denominado Pycrete y otros, sobre los cuales se considera prudente ahondar en este trabajo.

## Consideraciones finales

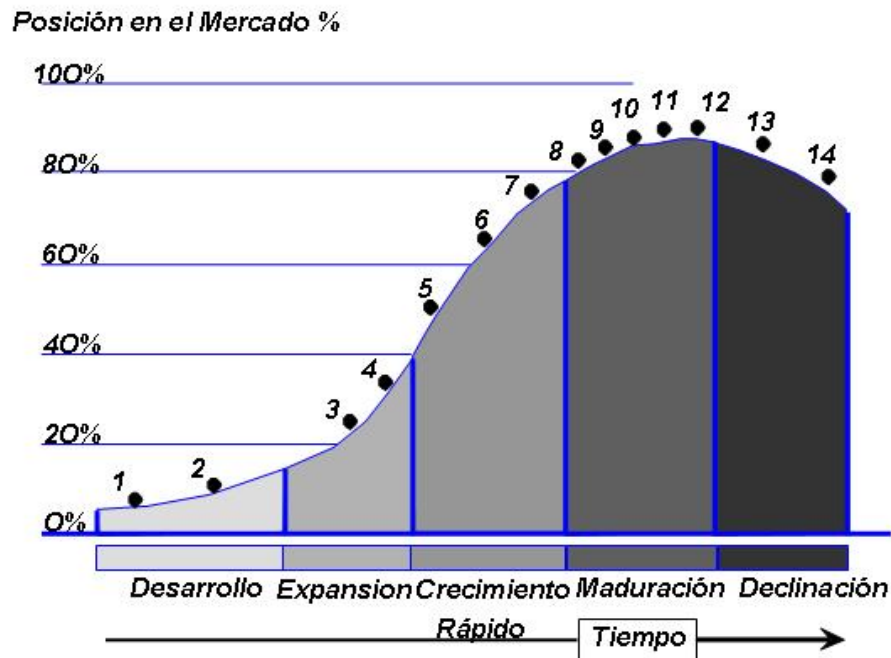
La producción de paneles ha mostrado por años constituir una industria sólidamente consolidada, contando con tecnologías cada día más eficientes, actualizadas por el accionar de los grandes consorcios productores de las maquinarias que se requieren para estos fines, manteniendo un ritmo de crecimiento importante igualable o superior, al exhibido en la década del 70, considerado en aquel entonces por muchos especialistas como de un crecimiento de carácter explosivo, demanda sustentada por la significativa contribución de los paneles a la industria del mueble y de la construcción y muy particularmente en la ejecución y rehabilitación del fondo de viviendas donde a escala mundial se realizan innumerables inversiones.

La imagen de esta industria está dada por sus asociados, responsables del soporte técnico, es decir, los productores de maquinarias y sistemas, que a través del tiempo, sustentados en frecuentes procesos inversionistas ejecutados por entidades gubernamentales, privadas o mixtas, han brindado satisfactoria respuesta a la creación de nuevas instalaciones productivas que producen con mayores capacidades y mejores calidades, factibles de localizarse en casi todos los países del mundo. Procesos inversionistas más modestos han impulsado la renovación parcial de su equipamiento, para alcanzar reformas ante las crecientes exigencias y demandas impuestas por el mercado al cual deben sus producciones.

Una información recientemente encontrada, procedente de los Servicios Forestales de EE.UU. <sup>(30)</sup>, expone una gráfica que muestra, prácticamente todas las tecnologías mencionadas. Denotan que todas se enmarcan en un ciclo, que se inicia con el desarrollo y culmina en la declinación de la misma, según aparece en la figura 106. Este comportamiento comprensible fue declarado en el año 1975 por Franz F.P. Kollmann y col, el que traído a la actualidad, nos muestra el momento en que se encuentra la tecnología dentro del ciclo de vida en consecuencia con las exigencias del mercado, las necesidades de la sociedad, estilos de vida y poder adquisitivo, entre otros elementos de importancia.

Resulta razonable pensar que los logros alcanzados hasta el presente, han de establecer las bases para imponer nuevos retos y trazar otras políticas de desarrollo de la industria vinculadas con la protección del medio ambiente. En tal sentido, se ha de enfatizar en el incremento de la participación de las fibras anuales y materiales no madereros para estos fines, con el firme propósito de detener, en base a la demanda creciente, la destrucción de espacios tan vitales para el planeta como son sus bosques. A tales efectos, la preservación de los bosques nativos insustituibles por los diseñados por el hombre, acorde a su beneficio, debe constituir una política que cuente con el respaldo irrestricto de entidades gubernamentales; quizás el primer paso sería considerar plantaciones de especies mixtas, factibles de mezclarse entre sí en el producto, sin ocasionar el detrimento de las cualidades que los caracteriza.

**Figura 105.** Posicionamiento de las tecnologías en el mercado.



En la misma, las posiciones del 1 al 14 responden a los productos como siguen:

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| 1. OSL.   | 7. OSB.                           |
| 2. Paneles estructurales aislantes.                           | 8. MDF.                           |
| 3. Composites estructurales LSL y PSL.                        | 9. Vigas en I.                    |
| 4. Sustitutos plástico madera, acero, productos del concreto. | 10. Laminados encolados “Glulam”. |
| 5. Sistemas de ingeniería para pisos, paredes y techos.       | 11. Plywood industrial.           |
| 6. LVL.   | 12. Paneles de partículas.        |
|   | 13. Plywood.                      |
|   | 14. Marquetería de madera.        |

Otro de los grandes problemas a resolver en el uso de los paneles constituye el hecho de su limitada resistencia a la humedad, tanto para la confección de los muebles como para la construcción de espacios habitables, el lograr productos o tratamientos para incrementar este importante parámetro evitaría colapsos estructurales de mayor o menor envergadura con el consiguiente peligro para sus moradores y que además implican cuantiosas reposiciones de elementos aún en pleno período de vida útil-

Desde el punto de vista ambiental, la mayor deuda de la industria está centrada con la sociedad, por cuanto el medio que hoy disfrutamos es herencia de nuestros ancestros, pero depende de nuestro proceder, el legado que realizaremos a las próximas generaciones. La industria no resarce sus compromisos ambientales con plantaciones dirigidas después de talar parte de las reservas naturales que aún le quedan a la tierra, como plantea acertadamente <sup>(62)</sup>. La

plantación de una especie de eucalipto, en alguna región de Australia donde es oriunda, plantada con el objetivo de regenerar el ecosistema original y con la aprobación de las poblaciones locales, puede ser considerada como una contribución a la reforestación. La misma especie, al ser plantada como un monocultivo a gran escala para la producción maderera o para pulpa en la India o Uruguay, no constituye una contribución a la "reforestación", sino probablemente favorezca la degradación ambiental y la generación de problemas sociales.

Es así que la plantación de árboles, ya sea de especies nativas o exóticas, no es en sí misma un proceso positivo o negativo, el resultado depende de las estructuras geográficas y sociales dentro de las que es implantado. Plantaciones centradas en la producción de madera industrial, fenómeno clásico del siglo XX, en sentido general, que resulta de la previa sobreexplotación de madera de los bosques nativos, constituye un hecho en plena expansión en el Sur. Entre 1965 y 1980 el área ocupada por plantaciones se triplicó en los países tropicales y entre 1980 y 1990 se incrementó nuevamente de dos a tres veces, medida del galopante accionar del hombre sobre el medio y su entorno, impactos que poco a poco, la naturaleza va mostrando, por ejemplo, con el cambio climático que afecta al planeta, en ello como es natural, contribuyen ampliamente las potencias desarrolladas y cobran por igual todos los seres vivos, ya que el sistema a nivel global es solo uno para todos.

Numerosos bosques nativos de los Estados Unidos, Japón y Europa fueron eliminados hace mucho tiempo y reemplazados por agricultura, pastos o plantaciones. Si bien en esas tres regiones aún existe madera industrial físicamente disponible, el acceso a la misma se encuentra a menudo bloqueado por razones económicas o políticas. En el Sur, por su parte, los bosques están desapareciendo a un ritmo vertiginoso, a consecuencia de un cúmulo de causas complejas en las que el imperialismo del Norte está profundamente implicado, para satisfacer sus intereses y el de las elites aliadas del Sur. La deforestación está conducida por tres tipos de amenazas: insuficiencia de madera industrial para garantizar el crecimiento ilimitado del consumo per cápita; pérdida de otros recursos, incluidos materiales genéticos derivados de la deforestación tropical; y la pérdida de la estabilidad climática por elevación de los niveles de dióxido de carbono.

Podrían plantearse quizás otros aspectos de interés en relación a la industria y su interacción con la sociedad y la naturaleza, pero los relacionados anteriormente aportan suficientes motivaciones para trabajar arduamente con el objetivo de lograr una industria con producciones más limpias, menores impactos ambientales y productos más perdurables en el tiempo; estos podrían constituir los retos que convocan a una industria moderna y las políticas asociadas a su garantía.



## Bibliografía citada

1. <www.infomadera.net>-
2. Kollmann, F.F.P, Principles of Wood Science and Technology II. Springer – Verlag 1975.
3. Müller Miroslav. FAO Symposium World Consultation on Wood – Based Panels. Feb 1979. Curso de Superación Tecnología de los Tableros de Partículas ICIDCA - Štatny Drevársky Výskumny Ústav (ŠDVU) Bratislava 1979 / 1982.
4. MDF Yearbook 2005 / 06.
5. Wood Based Panels International. Compendio de volúmenes 2000 al 2002.
6. Specialty Wood Journal. Vol 9, No 5. October 2006. <www.duratex.com>
7. <www.duratex.com>
8. <www.notifix.info>. Boletín No 320. Feb 2 de 2009.
9. <www.ceads.org.ar/casos/2006/Masisa>. Programa Efluente Cero. pdf.
10. <www.placacentro.com>
11. <www.siempelkamp.com>
12. Metso. Boletín de Informaciones Técnicas No 225.
13. China Wood Based Panel. (Industrie Report) Vol 1, No1. January 2006. <www.chinawood.org>
14. MDF Yearbook 2008 / 2009.
15. Siempelkamp. Dr. E. Schnitzler. Several decades of experience in engineering and commissioning of particleboard and MDF plants in Turkey. engineering@dr-e-schnitzler.de.
16. Steel belts for production of wood based panels. AB Sandvik Process Systems, Sandviken / Sweden. Germany PS-SB-440 ENG 3.04. 2004.
17. <www.worldpanelindustry.com/osb.html>
18. <www.bis.com.au/verve/\_resources/OSB\_-\_Extract\_2008.pdf>

19. <[www.risiinfo.com/Marketing/Benchmarking/global\\_osb.pdf](http://www.risiinfo.com/Marketing/Benchmarking/global_osb.pdf)>
20. Waferboard/OSB Manufacturing. Wood Products Industry. <[www.epa.gov](http://www.epa.gov)>
21. Cristancho.J.I.M. El OSB, Revista M&M. <[www.revista-mm.com](http://www.revista-mm.com)>
22. Gibson. P. Creación de una industria de los tableros. Depósito de documentos de la FAO. Volumen 11, No 3. <[www.fao.org/docrep/x5384s/x5384s03.htm](http://www.fao.org/docrep/x5384s/x5384s03.htm)>
23. Durability of Wood Frame Housing: Lessons learned from Natural Disasters. Nov 15 – 17. 2007. Biloxi, Mississippi. Minnesota University Duluth. <<http://www.forestprod.org/durability07aro.pdf>>
24. van Elten, G.J. Production of Wood Wool Cement Board and wood strand cement board (ELTOBOARD) on one plant and applications of the products. Eltomation BV. 10<sup>th</sup> International Inorganic Bonded Fiber Composites Conference. November 15-18, 2006 São Paulo – Brazil.
25. <[www.eltomation.com](http://www.eltomation.com)>
26. <[www.träullit.se](http://www.träullit.se)>
27. Almagro, R.; Costales, R. Análisis de las propiedades físico mecánicas de los tableros de partículas de la fábrica Camilo Cienfuegos. ICIDCA sobre los derivados de la caña e azúcar XVII (2-3) p. 73, 1983.
28. Hernán, W; Roque,C. Relación entre densidad y propiedades de tableros HDF producidos por un proceso seco. Universidad Austral de Chile. Fac. Cs. Forestales. Santiago. Chile 2006. Maderas. Ciencia y Tecnología. 8(3): pp. 169-182, 2006. <[www.scielo.cl](http://www.scielo.cl)>
29. Citrus Iberia Limited (CB). <[http:// www.citrus-iberia.com](http://www.citrus-iberia.com)>.
30. K.E, and Evans, P.D. RIRDC/Land & Water Australia/ FWPRDC/MDBC. Joint Venture Agro forestry Program. Wood Cement Composites- Suitability of western Australian mallee eucalypt, blue gum and melaleucas. A report 2004. <[www.cawp.ubc.ca](http://www.cawp.ubc.ca)>
31. Sánchez, O. C. Construcción. Tableros aglomerados, una solución de vivienda con carácter social. <[www.revista-MM.com](http://www.revista-MM.com)>
32. <<http://www.ozeyapi.com/digitalkatalog/>>
33. China Wood Based Panel (Volumen 1 No 1, enero 2006) <[www.chinawood.net](http://www.chinawood.net)>
34. <[www.urupanel.com](http://www.urupanel.com)>

35. <[www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2007/fpamr2007.pdf](http://www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2007/fpamr2007.pdf)>
36. Fitch Ratings. Latin America Corporate 2006. <[www.fitchratings.com](http://www.fitchratings.com)>
37. Kearney, A.T. Wood Based Panel Industry Joint Ventures and Acquisitions. Global Business Policy Council, October 2004. <[www.chinawood.org](http://www.chinawood.org)>
38. Tanner Especialistas en Inversiones. Masisa 21 de Junio de 2007. <[www.tanner.cl](http://www.tanner.cl)>
39. <[www.ambiente-ecologico.com](http://www.ambiente-ecologico.com)>
40. <[www.sadepan.com.ar](http://www.sadepan.com.ar)>
41. <[www.af.com.uy/ampliar.asp?id=46](http://www.af.com.uy/ampliar.asp?id=46)>
42. Instituto Forestal de Chile. INFOR Estadísticas Forestales 2000. Boletín Estadístico N° 79. Santiago, Chile. pp. 69, 75, 83-86, 109 y 110.
43. <[www.elpais.com.uy/Suple/.Agropecuario/09/06/24/agrope\\_425522.asp](http://www.elpais.com.uy/Suple/.Agropecuario/09/06/24/agrope_425522.asp)>. Grupo Mauro Saviola 2009.
44. <[www.satipel.cpm.br](http://www.satipel.cpm.br)>
45. Satipel Divulgación de Resultados 2<sup>do</sup> Trimestre 2008.
46. <[www.duratex.com.br/port/ri/download/apresentacoes/Associacao\\_Duratex\\_Satipel.pdf](http://www.duratex.com.br/port/ri/download/apresentacoes/Associacao_Duratex_Satipel.pdf) Junio 2009>.
47. <[www.dieffenbacher.de/en/wood-based-panel-division/digital-printing-lines.html](http://www.dieffenbacher.de/en/wood-based-panel-division/digital-printing-lines.html)>
48. <<http://www.inka-palet.es/palets-de-tablero-aglomerado.html>>
49. Vazcane Process. Industrial. Engineering. Chemistry, 1930, 22 (7), pp 765–768. <<http://pubs.acs.org>>
50. Martínez, O.; Serantes, M.; Morales, A.; Puig, J.; Almarales, G.; Sosa, P.; Rodríguez, M. E. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar. 25(3): pp-7-10,1991.
51. Barrios, E.; Sosa, M.; Contreras, W. La experiencia venezolana en la fabricación de vigas laminadas encoladas. Tecnología y Construcción v.23 n.2 Caracas jun. 2007. <<http://www2.scielo.org.ve>>
52. FINNFOREST IBERICA, S. L. [david.rifa@finnforest.com](mailto:david.rifa@finnforest.com)
53. TABSAL COMPOSITES DE MADERA, S.A. <[www.tabsal.com](http://www.tabsal.com)>

54. <<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Multilaminar+Veneer>>
55. <<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/Methylene+diphenyl+isocyanate>>
56. <[www.nordlam.com](http://www.nordlam.com)>
57. Kaufmann Holz GmbH <[www.kaufmann-holz.com](http://www.kaufmann-holz.com)>
58. Catálogo Simpson Strong-Tie Company Inc. © 2008 <[www.strongtie.com](http://www.strongtie.com)>
59. <[www.werzalit.es](http://www.werzalit.es)>, <[www.werzalit.de](http://www.werzalit.de)>
60. <<http://www.fpl.fs.fed.us>>
61. Cincinnati Extrusion GMBH. <[www.cet-austria.com](http://www.cet-austria.com)>
62. Carrere,R.; Lohmann, Larry. *Pulping the South: Industrial Tree Plantations in the World Paper Economy*. Zed Books Ltd London and New Jersey. 1996.
63. El Mercado de la madera como material de construcción en China. Oficina Económica y Comercial de España en Shanghai. ICEX Nov 2008. <[www.unece.org/trade/timber/fra](http://www.unece.org/trade/timber/fra)>
64. Tapia, C.; Paredes, C., *et al*. Aplicación de las Fibras Naturales en el Desarrollo de Materiales Compuestos y como Biomasa. *Revista Tecnológica ESPOL*, Vol. 19, N. 1, 113-120, (Octubre, 2006), ISSN: 0257-1749.
65. Youngquist, J.A.; English. B.E.; Scharmer, R.C.; *et al*. Literature Review on Use of Nonwood Plant Fibres for Building Materials and Panels. U.S. Department of Agriculture. General Technical Report. FPL-GTR-80.
66. Gómez, L.; Gálvez, L. , Osa, O. de la. *Sugar Cane Bagasse. Utilization for Production of Composites. The State of Art in Cuba*, ICIDCA, 1997.
67. [ckahler@fundacionchile.cl](mailto:ckahler@fundacionchile.cl)
68. Garay, R. M. Recopilación de Investigaciones Realizadas en Tableros Fabricados con Materias Primas Distintas a la Madera (Parte II). *Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile*.
69. Rodríguez Fernández,. N. UIP Cuba 9, El bagazo y las fibras anuales: presente y futuro para su industrialización. congreso iberoamericano de investigación en celulosa y papel. CIADICYP, 2000.
70. Costales, R. *et al*. Proyecto de Investigaciones Desarrollo de Pruebas de Elementos Moldeados. Informe Interno, ICIDCA 1983 – 1984.

71. Tapia, C.; Paredes, C.; Simbaña, A.; Leao, A. Elaboración de tableros de partículas finas a partir de residuos lignocelulósicos y resinas termoestables. Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL).
72. Presentación Cámara Chileno-Alemana de Comercio e Industria, julio 2007. <[www.arauco.cl](http://www.arauco.cl)>
73. <[www.af.com.uy/ampliar.asp?id=46](http://www.af.com.uy/ampliar.asp?id=46)>
74. <<http://www.woodpanels.org.au>, <http://www.fwprdc.org.au>>
75. APA I joist performance. <<http://www.apawood.org>>. April 2009
76. <<http://www.cipav.org.co/cipav/new/madera/Caucho.pdf>>
77. <[www.lowes.com](http://www.lowes.com)>
78. Sellers, T. Wood adhesive innovations and applications in North America. Forest Products Journal. 51(6). June 2001.
79. Feller – Rate, Clasificadora de Riesgo. Informe de Clasificación; Masisa S.A. Julio 2008 <[www.feller-rate.com](http://www.feller-rate.com)>
80. <<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/engineered+wood>>
81. Maloney, M, T. dry Process and Fiberboard Manufacturing. Miller & Freeman Publications 1977.
82. ICIDCA. Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar.La Habana, 2000.
83. Kelly, W.;; Bauman, B. New Technology for Enhancing Wood Plastic Composite. Inhance/Fluoro-Seal, Ltd.

## Bibliografia consultada

84. <www.watterson.com.au/news\_uploads/bis/OSB\_OSL\_FINAL.pdf>
85. Soares del Menez, C.H., Gomes de Castro, V; Souza, M.R de. Production and properties of a medium density wood-cement boards produced with oriented strands and silica fume. ISSN online 0718-221X.
86. <www.chimarhellas.com/wp-content/uploads/2008/07>
87. <http://woodpanels.org.au>
88. AP-42, 10.6.1. Waferboard / oriented Strand board Manufacturing. Wood Products Industry. July 2009.
89. USPTO Patent Application 20070144663. Process for manufacture of oriented strand lumber products. <http://www.freshpatents.com/Process-for-manufacture-of-oriented-strand-lumber-products-dt20070628ptan20070144663.php>.
90. A Glossary of Engineered Wood Terms <[http://www.apawood.org/level\\_b.cfm?content=srv\\_med\\_new\\_bkgd\\_gloss](http://www.apawood.org/level_b.cfm?content=srv_med_new_bkgd_gloss)>.
91. <http://www.supplierlist.com>
92. <http://www.building-products.com/readArticles.aspx?ID>
93. <http://www.design-technology.org/sterlingboard.htm>
94. <http://www.diynot.com/pages/ww/ww003.php>
95. <http://wiki.answers.com/Q/What\_is\_Block\_Board\_used\_for>
96. <http://www.design-technology.org/Blockboard.htm>
97. <http://www.springerlink.com>
98. <http://www.unece.org/trade/timber/fra>
99. ANEEL, Brasil 2007.
100. AKNA Tecnologia da Informação, Brasil 2007.
101. Jank, M. S. (2007).Perspectivas para o setor Sucoalcooleiro no Brasil

- 102.** Haygreen, J. G.; Bowye, J. L. (1989). *Forest Products and Wood Science- An Introduction*, second edition. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
- 103.** American Society for Testing and Materials. (1989). *Standard methods of evaluating the properties of wood-base fibre and panel material*. ASTM D 1037-78, Philadelphia, Pa, USA.
- 104.** Beraldo, A. L.; de Carvalho, J. V. (2001). Eucalyptus grandis wood-portland cements particleboard. "Agribuilding" a conference held in Campinas, SP, Brazil, 3-6 September 2001, pp 78-82.
- 105.** English, B. (1994). Wastes into Wood: Composites Are a Promising. *Environmental Health Perspectives* 102(2): pp.1-6.
- 106.** Fernández, E. C; Taja-on, V. P. (2000). The use and processing of rice straw in the manufacture of cement-bonded fibreboard. In: *Proceedings of "Wood-Cement Composites in the Asia-Pacific Region" a workshop held at Canberra, Australia on 10 December 2000*, pp. 49-54.
- 107.** Rahim, S.; Wan Asma, I. (1990). Cement bonded particleboard from *Acacia manigum* - A preliminary study. *Journal of Tropical Forest Science* 2: 267-273.
- 108.** Rowell; *et al.* (1993) *Forest Product Journal* 43 (1) p.55.
- 109.** Lee, A. W. C. (1984). Physical and mechanical properties of cement bonded southern pine excelsior board. *Forest Products Journal* 34(4): pp.30-34.
- 110.** Ma, L. F.; Yamauchi, H.; Pulido, O. R.; Tamura Y.; Sasaki, H.; Kawai, S. (2000). Manufacture of cement-bonded boards from wood and other lignocellulosic materials: Relationships between cement hydration and mechanical properties of cement-bonded boards. In: *Proceedings of "Wood-Cement Composites in the Asia-Pacific Region" a workshop held at Canberra, Australia on 10 December 2000*, pp 13-23.
- 111.** Moslemi, A. A.; Pfister, S. C. (1987). The influence of cement/wood ratio and cement type on bending strength and dimensional stability of wood-cement composite panels. *Wood and Science* 19(2): 165-175.
- 112.** Moslemi, A. A. (ed.) (1989). *Fiber and Particleboards Bonded with Inorganic Binders*. For. Prod. Res. Soc., Madison, Wisconsin.
- 113.** Youngquist, J. A.; Krzysik, A. M.; Chow, P.; Meimban, R. (1996). Properties of Composite Panels. In: R. M. Rowell; R. A. Young and J. K. Rowell (eds) *Paper and Composites from Agro-Based Resources* (Chapter 9, pp 303- 336). Lewis Publisher (CRC), Boca Raton, New York, London, Tokyo.



- 114.** Wolfe R. W.; Gjinolli, A. (2000). Cement-bonded wood composites as an engineering material. In: Proceedings of "Wood-Cement Composites in the Asia-Pacific Region" a workshop held at Canberra, Australia on 10 December 2000, pp. 84-91.
- 115.** Loutfy, I.; El-Juhany Aref, I. M.; El-Wakeel, A. O Evaluación de uso de algunos residuos lignocelulósicos en la producción de paneles de madera cemento en Arabia Saudita.
- 116.** Beutel, P. (1996). Cement bonded wood composites. Australian National University. <<http://online.anu.edu.au/forestry/wood/cfb/contents.html>>.
- 117.** Serantes, M.; Martínez, O.; Almarales, G.; Morales, A. (1989). Free formaldehyde resins for the production of bagasse particleboard. ICIDCA sobre los derivados de la caña de azúcar. 23(2): pp- 26-29.
- 118.** <[www.ambiente-ecologico.com/revist52/asora52b.htm](http://www.ambiente-ecologico.com/revist52/asora52b.htm)>
- 119.** <[www.archivo.gov.ar/provinfo/bd\\_provinfo\\_2/mapasituacion/Misiones\\_E.doc](http://www.archivo.gov.ar/provinfo/bd_provinfo_2/mapasituacion/Misiones_E.doc)>
- 120.** Asociaciones <[www.af.com.uy/ampliar.asp?id=46](http://www.af.com.uy/ampliar.asp?id=46)>
- 121.** <[http://www.bambu.cl/problema\\_oportunidad\\_tablero.htm](http://www.bambu.cl/problema_oportunidad_tablero.htm)>
- 122.** <[www.cfquesnel.com/](http://www.cfquesnel.com/)>
- 123.** <[www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2007/fpamr2007.pdf](http://www.unece.org/trade/timber/docs/fpama/2007/fpamr2007.pdf)>
- 124.** <[www.eurocasas.com](http://www.eurocasas.com)>
- 125.** Listado de Materiales de Construcción. <[www.isover.pt](http://www.isover.pt)>
- 126.** <<http://www.pelikanoplywood.com/html/spanish/producc.htm>>

---

Nota: Toda la literatura que aparece referenciada, fue consultada en el período comprendido entre los años 2008 - 2010.

## Glosario

<b>Instituciones</b>	
<b>ANEEL</b>	Acrónimo de <b>A</b> gencia Nacional de <b>E</b> nergía <b>E</b> létrica de Brasil.
<b>CIPAV</b>	Acrónimo de <b>C</b> entro para la <b>I</b> ntestigación en <b>S</b> istemas <b>S</b> ostenibles de <b>P</b> roducción <b>A</b> gropecuaria.
<b>ICIDCA</b>	Acrónimo de <b>I</b> nstituto <b>C</b> ubano de <b>I</b> ntestigaciones de los <b>D</b> erivados de la <b>C</b> aña de <b>A</b> zúcar.
<b>INFOR</b>	Acrónimo de Instituto Forestal de Chile.
<b>SINDUSCON</b>	Acrónimo de Sindicato de la Industria de la Construcción Civil. Brasil
<b>WBPM</b>	Siglas de <b>W</b> ood <b>B</b> ased <b>P</b> anel <b>M</b> achinery Co Ltd., empresa china productora de maquinarias para la industria de los paneles a partir de la madera.
<b>WBPI</b>	Siglas de <b>W</b> ood <b>B</b> ased <b>P</b> anel <b>I</b> nternational, revista especializada en la producción de aglomerados y portal de presentación de fabricantes de equipos y maquinarias. <a href="http://www.wbpionline.com">www.wbpionline.com</a> .
<b>Dieffenbacher</b>	Empresa privada alemana productora en principios de prensas industriales para la industria de la madera, automovilística y otras. Una de las empresas más reconocidas en la industria de los aglomerados.
<b>Siempelkamp</b>	Consorcio alemán productor en principios de prensas industriales para la industria de la madera, automovilística y otras, de venido en una de las empresas más reconocidas en la industria de los aglomerados.
<b>INBAR</b>	Red Internacional del Bambú y el Ratán

<b>Términos</b>	
<b>Agro fibras</b>	Fibras obtenidas de residuos agrícolas.
<b>ContiRoll</b>	Prensa de labor continua que emplea una banda compuesta por finos rodillos de acero por los cuales se realiza el intercambio de calor entre el aceite térmico y el colchón que se prensa. El prensado transcurre a velocidades cercanas a 1,5 m/min con elevada exactitud en los términos de grosores obtenidos. Dependiendo del productor sea Dieffenbacher o Siempelkamp igualmente se le conoce como Conti Panel System (CPS).
<b>Desmedulado</b>	Operación mecánica mediante la cual se separa el tejido parenquimatoso de la fibra del bagazo. De manera general este tejido implica pérdidas tanto en propiedades como en productos químicos, por lo cual se separa tan pronto como sea posible de la fibra a fin de no incurrir en gastos innecesarios.
<b>Fibras anuales</b>	Se les conoce por el ciclo de recolección anual, es la misma que agro fibras (bagazo, cereales, etc).
<b>Joint venture</b>	Movimiento de negocios ejecutado entre dos o más firmas comerciales con una misma finalidad, compartiendo con este hecho; inversiones, riesgos, utilidades, etc., acordes a determinadas leyes imperantes entre ellas.
<b>Latifoliadas</b>	Arboles con ramificación desordenada, poseen hojas anchas que pueden ser perennes o caedizas.
<b>MOE</b>	Módulo de elasticidad (Módulo de Young), expresado por normativas en MPa.
<b>MOR</b>	Módulo de ruptura a la flexión estática; expresado por normativas en MPa.
<b>Prensa de calandria</b>	Empleada en la tecnología de tableros de partículas finos conocidos por Mende, la cual emplea en lugar de superficies rectas (platos) tambores en rotación.
<b>Prensa de platos</b>	Prensa que posee al menos dos superficies calientes que actúan en dirección vertical, normalmente aparecen como mono platos (donde uno actúa de arriba abajo y el segundo fijo) o multiplatos (calculada en función de la capacidad de la planta y la acción de cierre se realiza de abajo a arriba). Todas ellas poseen un número de cilindros de fuerza que le brindan la presión de trabajo y otros catalogados como de cierre que mueve el sistema a velocidades más rápidas, a fin de hacer los ciclos de prensado más cortos.
<b>Tamaño de partícula</b>	Dimensión del elemento básico fibroso empleado en la producción de tableros de partículas. Se corresponde a una unión o conglomerado de fibras con una dimensión dada (deseada o no).
<b>Silvicultura</b>	Arte y ciencia para controlar el emplazamiento, crecimiento, composición, salud y calidad de un bosque para resolver sus necesidades (del latín silva, selva, bosque, y cultura, cultivo; sinónimo selvicultura).

<b>Productos</b>	
<b>Aglutinantes</b>	Agente aglomerante de las partículas o fibras que se emplea en cantidad acorde al proceso y tipo, según propiedades deseadas en el producto final. Por regla general se emplean recetas que incluyen además de la resina o encolante, otros productos especiales con la finalidad de conferir; por ejemplo, resistencia a la humedad, al fuego, entre otras.
<b>Composites</b>	Los composites o materiales compuestos son aquellos en los que los materiales están mezclados heterogéneamente y forman un compuesto como su nombre indica. Estos componentes pueden ser de dos tipos: los de cohesión y los de refuerzo. Aglutinante como cohesión, uniendo las partículas o fibras de refuerzo manteniendo la rigidez y la posición de éstas. El resultado de esta combinación de materiales le otorga al compuesto propiedades mecánicas acorde a los parámetros a los cuales se dirige el producto.
<b>CSL</b>	Sigla de <b>C</b> onstruction <b>S</b> trand <b>L</b> umber, perfiles de madera reconstituida destinada para la construcción.
<b>EWP</b>	Sigla de <b>E</b> ngineered <b>W</b> ood <b>P</b> roducts, dígame al conjunto de productos estructurales derivados de la madera y en los cuales el hombre ha aplicado un conocimiento, ingeniería o procedimiento en general para su obtención.
<b>Flake board</b>	Tablero de virutas
<b>Glulam</b>	Acrónimo de <b>G</b> lued <b>L</b> aminated <b>T</b> imber. Madera laminada reconstituida
<b>I Joist</b>	Perfil en I alcañado con maderas colocadas y encoladas acordes a una figura doble T.
<b>LVL</b>	Sigla de <b>L</b> aminated <b>V</b> eneer <b>L</b> umber. Perfil de madera micro laminada
<b>MDF</b>	Sigla de <b>M</b> edium <b>D</b> ensity <b>F</b> ibreboard. Tablero de fibras de densidad media.
<b>MDP</b>	Tablero de partículas. Se refiere a la nomenclatura empleada en Brasil.
<b>OSB</b>	Sigla de <b>O</b> riented <b>S</b> tructural <b>B</b> oard (Panel de hebras orientadas).
<b>OSL</b>	Sigla de <b>O</b> riented <b>S</b> trand <b>L</b> umber (perfiles de virutas orientadas).
<b>OWB</b>	Sigla de <b>O</b> riented <b>W</b> aferboard (Obleas de madera orientadas).
<b>Panel</b>	Genérico empleado para catalogar una unidad en la industria de aglomerados. Sinónimo aplicado a tablero.
<b>Tableros de fibras</b>	Genérico para el panel elaborado con fibras elementales de material lignocelulósico que se emplea para la elaboración del producto, dígame madera natural, agro fibras, fibras de árboles no madereros, etc.
<b>Tableros de partículas</b>	Genérico para el panel elaborado con formas discretas de piezas, partículas o haces de fibras distinguidas por tamaño o grosor y consolidado por medio del uso de aglutinantes sintéticos activados por medio de la aplicación de presión y temperatura acorde a un proceso determinado.
<b>Plywood</b>	Madera contrachapada formada por capas sucesivas con orientaciones respectivas contrarias. Está constituido por capas de maderas (pueden ser de diferentes tipos) unidas entre sí por medio de encolante y consolidado por medio de presión y temperatura.
<b>PSL</b>	Sigla de <b>P</b> arallel <b>S</b> trand <b>L</b> umber. Perfiles de virutas paralelas.
<b>SCL</b>	Sigla de <b>S</b> tructural <b>C</b> omposite <b>L</b> umber. Perfiles estructurales de madera reconstituida.
<b>WBP</b>	Sigla de <b>W</b> ood <b>B</b> ased <b>P</b> anels. Paneles derivados de la madera.
<b>WF</b>	Sigla de <b>W</b> aferboard. Tablero de virutas de madera.
<b>WPC</b>	Sigla de <b>W</b> ood <b>P</b> lastic <b>C</b> omposite. Composite de madera y plástico.
<b>WCB</b>	Sigla de <b>W</b> ood <b>C</b> ement board.
<b>WWCB</b>	Sigla de <b>W</b> ood <b>W</b> ool <b>C</b> ement board. Tablero de hebras de madera aglutinados con cemento.