ESTUDIO DE LAS VARIABLES QUE DEFINEN VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA DE UNA PLANTA DE ELABORACIÓN DE PERFILES LAMINADOS CON MADERA DE EUCALIPTO

Díaz-Maroto, I.J.[(p)]; Vila, P.

Abstract

The aim of this work is to study the technological and economic viability of one industry of laminated profiles with eucalyptus wood, in order to produce windows in Galicia. Also, this industry will energize the second transformation wood sector in Galicia.

Laminated profiles for windows are formed by thin wood sheets with variable longitude joined with glue. The profile section may be symmetric, with a minimum thickness of 15mm. The external sheets may be of the same species, thick and structure.

The final objective of this work is the study of the peg in the longitudinal join in the interior sheet of the laminated profile. Also the optimization of the relation between the physical and mechanical properties, production costs and raw material is required

Key words: *Wood, Industry, Galicia, Eucalyptus, laminated profiles.*

Resumen

Este trabajo estudia la viabilidad técnica y económica de la instalación de una planta para la producción de 2.500 m3 de perfiles laminados con madera de eucalipto para la elaboración de ventanas en el centro de Galicia. Además, dicha industria debe contribuir a dinamizar el sector de la segunda transformación de la madera en Galicia, creando una serie de fábricas competitivas tanto en mercados nacionales como internacionales.

Los perfiles encolados para la realización de ventanas están formados por láminas de madera de pequeño espesor y de longitud variable, unidas unas a otras mediante la aplicación de colas. La sección del perfil debe de estar estructurado de forma simétrica. La sección debe constar de tres láminas, con un grosor mínimo de 15 mm. Las láminas exteriores deben de ser de la misma especie, tener el mismo espesor y la misma estructura.

El objetivo final del trabajo es el estudio de la forma de la espiga de madera definida en la junta longitudinal en la lámina interior del perfil laminado, optimizando la relación entre las propiedades físicas y mecánicas de la pieza, el coste de producción y la optimización de la materia prima.

Palabras clave: *Madera, Perfil laminado, Eucalipto, Galicia, Industria.*

1. Definición del producto

Los perfiles encolados para la realización de ventanas están formados por láminas de madera de pequeño espesor y de longitud variable, unidas unas a otras mediante la aplicación de colas, en nuestro caso será de tres.

Para la elaboración de las láminas del perfil se parte de madera seca de eucalipto con unas dimensiones próximas a 2500x100x30 mm. Como producto final se obtienen perfiles laminados cuyas dimensiones estándar son de 1200x86x72 mm.

El auge del empleo de perfiles de madera laminada en la fabricación de ventanas comienza en el año 1982. Las ventajas de este tipo de producto son las siguientes:

- Obtención de piezas sin nudos que con madera maciza es casi imposible.
- Las láminas rechazadas, se utilizan como piezas para el interior del perfil.
- Es más fácil el control de la humedad en perfiles de madera, que en piezas de madera maciza.
- Mantenimiento de una producción constante por la selección de las láminas.
- El almacenamiento de las láminas se realiza de manera más fácil, al ser las láminas de la misma sección.
- Mayor rendimiento de la madera.
- Se puede elegir la distribución de las láminas dentro del perfil.
- Posibilidad de comprar el producto a medida, es decir, con las dimensiones deseadas, aumentando el rendimiento del material.

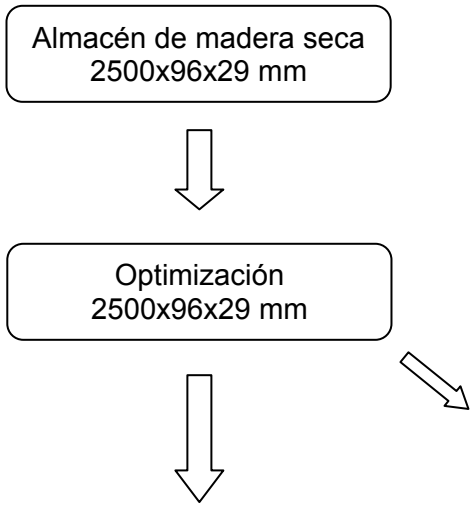
Por otra parte su uso también tiene unos inconvenientes:

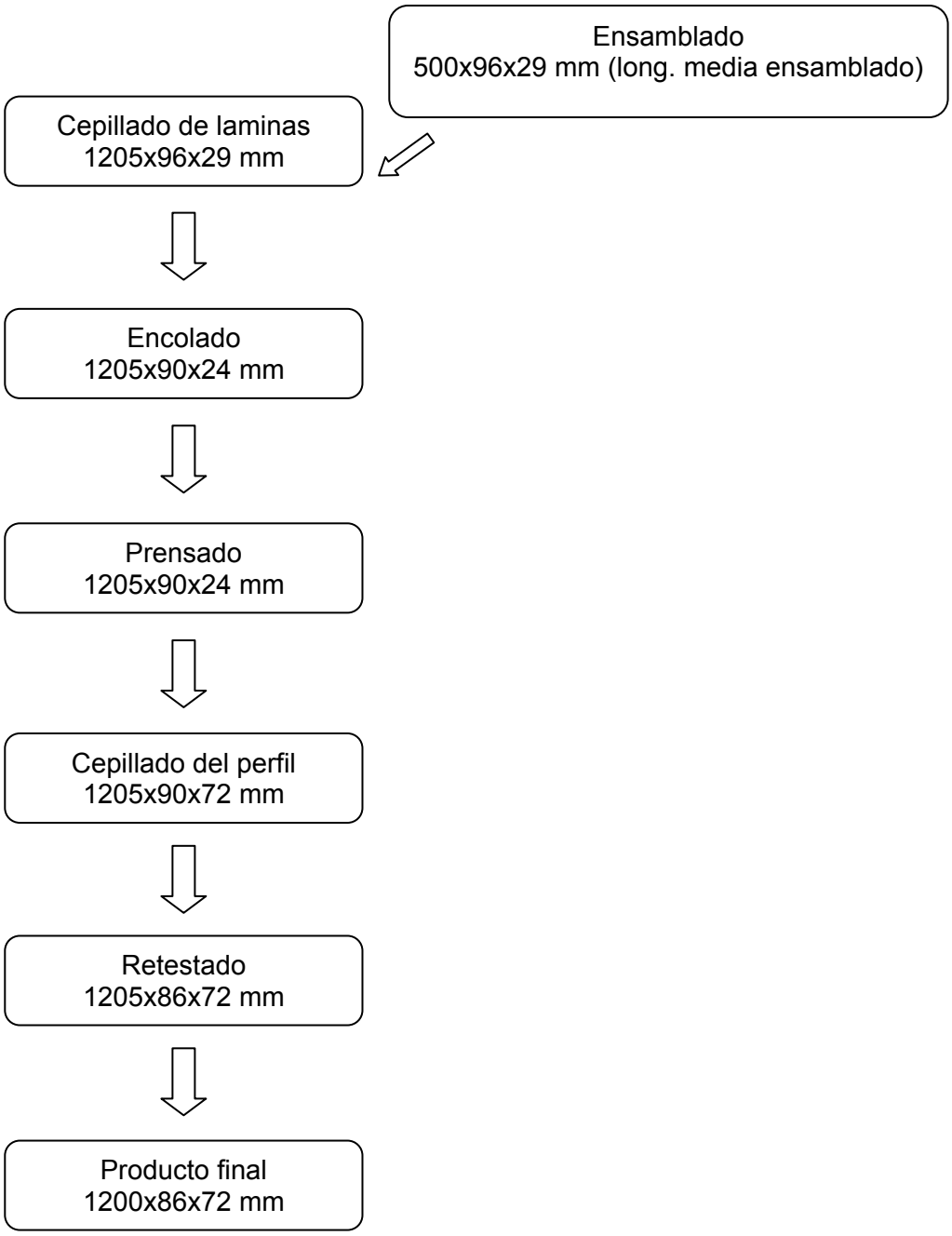
- Una estructura inadecuada del perfil, o un defectuoso encolado afectan negativamente a toda la ventana, aunque el defecto se localice en el perfil.
- Para mantener una calidad constante es necesario realizar un control interno y externo del producto.

2. Descripción del proceso productivo

Las etapas de la línea de flujo serían:

1. Almacén de madera seca.
2. Optimización.
3. Ensamblado (finger-joint).
4. Cepillado de las laminas (moldurera).
5. Encolado de las laminas.
6. Prensado (prensado en frío).
7. Cepillado del perfil (moldurera).
8. Retestado (retestadora).
9. Almacén de producto terminado





Almacenamiento de madera seca

El consumo de madera seca viene determinado en función del volumen de producción de la prensa. Las pilas de almacenamiento tienen unas dimensiones de 2500*1200*1200 mm.

Optimización de las láminas

En esta operación se marcan sobre las piezas los defectos para su eliminación (nudos,fendas,etc.). La máquina hace a las medidas exactas relacionadas en la lista de fabricación, optimizando de modo que se obtenga el máximo rendimiento de la materia prima.

A la salida de esta máquina se dispone una línea de clasificación de piezas por su longitud, dotada de una banda de transporte y expulsores laterales que se corresponden, frecuentemente, con 12 clasificaciones: piezas < 30 cm. (retales), piezas < 60 cm (piezas

para ser ensambladas), piezas de 60 cm.,70 cm, 80 cm, 90 cm, 100 cm, 110 cm, 120 cm, 130 cm, 140 cm, y > 140 cm.

Ensamblado (finger-joint)

Una parte de las piezas obtenidas en la optimización, correspondiente a 1/3 de su longitud total, se conducen a la máquina de ensambles dentados para formar las láminas interiores del perfil. En el caso de que todas las piezas de longitud > 30 cm y < 60 cm no lleguen al 33% se utilizarán piezas de otras longitudes. El perfilado de los dientes se hace sobre láminas de longitud media de 50 cm.

Los paquetes se montan sobre una mesa giratoria y se introducen en la maquina perfiladora donde se realiza el fresado y el encolado de los dientes. Se comprueba que no existan nudos en los 10 cm próximos al ensamble.

El encolado se puede hacer con UNIFIX M-72, un adhesivo a base de una dispersión acuosa de poliacetato de vinilo modificada.

El encolado de las piezas a ensamblar se debe de realizar dentro de las 24 horas posteriores al fresado de los dientes para que no se produzcan deformaciones en estos por variación de su humedad. La temperatura mínima de la tabla debe de ser de 18 ºC para que se endurezca la cola, siempre que no haya una fuente de calor adicional durante la unión de las láminas.

Cepillado a cuatro caras de las laminas del perfil

El cepillado de las superficies de las láminas del perfil es necesario para que estas posteriormente queden bien encoladas. Se deben de cepillar las láminas interiores y exteriores del perfil hasta obtener superficies totalmente limpias y lisas, libres de polvo, y de golpes de cuchilla. A este proceso se conducen las láminas exteriores del perfil (obtenidas después del optimizado) y las láminas interiores (obtenidas después del ensamblado). Estas piezas se cepillarán hasta un ancho de 90 mm y un espesor de 24 mm.

Prensado de las láminas

La sección de prensado es la que limita la capacidad de producción. Cada prensa posee tres platos prensores. El tiempo de prensado es de 150 min del ciclo completo. El factor de eficacia se estima en el 85%.

Cepillado a cuatro caras del perfil

Se cepillan los perfiles por las cuatro caras para obtener un acabado superficial adecuado para la posterior venta del producto. Se cepillan hasta unas dimensiones finales estándar de 1205x86x72 mm.

Retestado del perfil

El perfil se procesa en la retestadora para obtener unas testas perfectamente acabadas. Las dimensiones finales estándar se reducen a 1200x86x72 mm.

Subproductos obtenidos en cada operación

OPERACIÓN	SUBPRODUCTO
Optimización	Serrín y Leñas
Finger-joint	Serrín
Cepillado láminas	Virutas
Cepillado perfil	Virutas
Retestado	Serrín.

3. Estudio económico

Presupuesto de inversión

El presupuesto total de inversión para la fábrica diseñada se resume a continuación.

	IMPORTE (€)
Obra Civil	346.514,45
Maquinaria e Instalaciones	1.267.939,03
Presupuesto de ejecución material	**1.614.453,48**
Gastos generales (13%)	209.878,95
Beneficio industrial (6%)	96.867,21
Presupuesto total	**1.921.199,64**
I.V.A. (16%)	307.391,94
Presupuesto de ejecución por contrata	**2.228.591,58**

A esto hay que añadir:

Presupuesto de Ejecución por Contrata de Seguridad y Salud	**28.677,50 €**
Presupuesto Total de Ejecución por Contrata	**2.257.269,08 €**

Debido a que el promotor no tiene suficiente liquidez para acometer este proyecto decide recurrir a la financiación externa por medio de un crédito.

Costes fijos

PERSONAL

Las necesidades de personal, para el perfecto funcionamiento de la fábrica y a un turno de trabajo son las siguientes:

En la línea de optimizado se dispondrán de dos operarios. Uno estará encargado de marcar con un lápiz los defectos de la madera para su posterior saneado y el otro realizará las labores de apilado manual de la madera optimizada.

Para la máquina de ensambles dentados, finger-joint, requiere de dos operarios, que serán los mismos que del cepillado. Uno de ellos introducirá en la máquina las piezas a ensamblar mientras que el otro procederá al apilado manual de las piezas ensambladas.

El cepillado, tanto de las láminas que forman el perfil, como del perfil ya encolado se necesitan de dos operarios. Uno estará al principio de la línea para controlar la entrada de tablas en la moldurera y el otro estará al final realizando las labores de apilado. Este último empleado unas veces estará apilando láminas antes de la retestadora y otras al final de la misma apilando los perfiles laminados terminados.

Para el encolado y el prensado de los perfiles se necesitan seis operarios, dos por prensa. Estos se encargarán del encolado, carga y descarga de la prensa. Para ello utilizarán una encoladora móvil en donde aplicarán cola a dos láminas de cada tres para constituir el perfil laminado.

El retestado es realizado por los mismos operarios que realizan el cepillado, ya que esta maquina se encuentra a la salida de la cepilladora.

Para el transporte interno mediante carretilla dispondremos de otro operario.

Un operario para el mantenimiento y para ayudar a otro operario.

Además serán necesarios un vigilante, un jefe de fabricación, un administrativo, un responsable de la administración y ventas y un gerente.

En la siguiente tabla se resume las necesidades de plantilla que se debe disponer:

Función	Nº trabajadores	Salario + cargas sociales	Coste total (€)
Fabricación	12	16.227,33	194.717,96
Vigilancia	1	16.227,33	16.227,33
Admón. y ventas	1	30.050,61	30.050,61
Jefe de fabricación	1	30.050,61	30.050,61
Administrativo	1	16.227,33	16.227,33
Gerente	1	42.070,85	42.070,85
TOTAL	17		**329.354,63**

MANTENIMIENTO

Se considera dentro de este epígrafe el coste de los materiales de mantenimiento, repuestos y asistencia técnica externa, excluyéndose el utilizado de las maquinas de corte que está considerado dentro de los costes variables por m^3.

El coste anual estimado por este concepto es el 1,5% sobre el valor de las instalaciones y maquinaria, en base a la información media del sector.

1,5% x 994.593,88 = 14.918,91 €/año.

GASTOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO

Aquí se incluyen los gastos que tienen carácter fijo, como son el seguro de las instalaciones, tributos, material de oficina, servicios, profesionales independientes, viajes, teléfonos, etc.., La totalidad de todos ellos se estima en el 3 % sobre el volumen de facturación a plena capacidad.

3% x 2.518.774,57 euros = 75.563,24 €/año.

RESUMEN DE COSTES FIJOS

	Coste anual (€)
GASTOS PERSONAL	329.354,63
GASTOS MANTENIMIENTO	14.918,91
GASTOS GENERALES DE FUNCIONAMIENTO	75.563,24
TOTAL COSTES FIJOS	**419.836,78**

Costes variables por m^3 fabricado

MATERIA PRIMA La materia prima empleada es madera aserrada de eucalipto, seca al 12% con dimensiones nominales 2500 x 96 x 29 mm. El precio de compra estimado para la misma será de 288,49 €/m3.

De acuerdo con el rendimiento medio de la materia prima, para obtener 1 m3 de producto terminado se requiere consumir 1,59348 m3 de materia prima. Teniendo en cuenta el dato anterior, el precio de compra de la madera aserrada y el descuento por la venta de subproductos (leñas, viruta y polvo), se tiene que el coste de materia prima por m3 es de 451,36 €.

ENERGÍA ELÉCTRICA

Se estima un consumo de energía por m3 de perfiles de 113,63 KWh, lo que, considerando un factor de consumo de potencia para las máquinas de 0,85 y un precio para el KWh de 0,1 €, tenemos un coste de energía eléctrica por cada m3 de 9,66 €.

COLA

El coste de la cola por m3 de producto fabricado se muestra a continuación:

Precio de la cola para la unión entre las láminas	2,55
Precio de la cola para la unión finger-joint	2,55
Gramaje	400 gr./m2
Coste por m^3 de producto	**20,33 €/m3**

UTILLAJES

El coste derivado de este concepto de utillajes (herramientas de corte) se estima en 3,60 €/m3 de producto terminado.

EMBALAJE Y TRANSPORTE

El coste por el transporte y embalaje por cada m3 de producto terminado se ha estimado en 17,13 €, correspondiendo 12,49 € al coste del transporte y 4.64 € al coste del embalaje.

RESUMEN COSTES VARIABLES

CONCEPTO	COSTES VARIABLES POR M^3 (€)
Materia prima	451,36
Energía eléctrica	9,66
Cola	20,33
Utillajes	3,60
Embalaje y transporte	17,13
TOTAL COSTES VARABLES	**502,08**

Volumen de facturación

A continuación se describen los ingresos anuales obtenidos por la venta de perfiles laminados de madera de eucalipto.

Precio venta: 961,62 €/m3.

Volumen de ventas: 2.619,31 m3.

Ingresos anuales por la venta de perfiles laminados:

2.619,31 m3 x 961,62 €/ m3 = 2.518.774,57 €

4. Financiación del proyecto

Debido a que el promotor no tiene suficiente liquidez para acometer este proyecto decide recurrir a la financiación externa por medio de un crédito al 6% de interés nominal a 10 años.

Concesión del crédito

La concesión del crédito se considera como una entrada de caja en el año 1, que servirá para pagar las inversiones. Por lo tanto este crédito es un cobro extraordinario de 2.200.000,00 € en el año.

Características del crédito.

- Crédito: Importe a solicitar…… 2.200.000,00 €
- Tipo de interés nominal……. 7,50%
- Inflación…… 3,5%
- Tipo de interés real……. 3,86%
- Periodo de amortización…… 10 años
- Anualidad (F.R.C.)…….. 320.509,04 €

La financiación del proyecto sería la siguiente:

FINANCIACIÓN DEL PROYECTO					
AÑOS	RECURSOS PROPIOS	FLUJO DE CAJA DEL CRÉDITO			
		BENEFICIO (€)	COSTE (€)	F_{TN}	F_{TR}
	57.269,08				
1		2.200.000	320.509,04	1.879.490,96	1.815.933,29
2			320.509,04	-320.509,04	-299.198,62
3			320.509,04	-320.509,04	-289.080,79
4			320.509,04	-320.509,04	-279.305,11
5			320.509,04	-320.509,04	-269.860,01
6			320.509,04	-320.509,04	-260.734,31
7			320.509,04	-320.509,04	-251.917,21
8			320.509,04	-320.509,04	-243.398,27
9			320.509,04	-320.509,04	-235.167,41
10			320.509,04	-320.509,04	-227.214,89

En el año 0 de dispondrá de una entrada de caja, por recursos propios, destinada a pagar los honorarios de redacción del proyecto.

Flujo de caja con y sin financiación

	FLUJOS NETOS		
PERIODO	A/Financiación		D/Financiación TR
	Flujo TN	Flujo TR	
	-1.711.321,69	-1.711.321,69	-1.654.051,61
1	485.535,00	469.115,95	2.285.049,24
2	485.535,00	453.252,12	154.053,50
3	485.535,00	437.924,76	148.843,96
4	485.535,00	423.115,71	143.810,59
5	485.535,00	408.807,45	138.947,43
6	478.754,30	389.466,93	128.732,62
7	478.754,30	376.296,55	124.379,34
8	478.754,30	363.571,55	120.173,28
9	478.754,30	351.276,86	116.109,45
10	632.760,72	448.575,98	221.361,09

Los flujos en términos nominales (TN) hay que pasarlos a términos reales (TR), y para ello se utiliza la tasa de descuento. De esta manera, un beneficio del año i, bi, vale hoy:

bi/(1+r)i ;

i: año en cuestión.

r: Tasa de descuento (2%)

Índices de rentabilidad

TIR

El T.I.R. (Tasa de Rendimiento Interno), se define como aquella tasa de descuento que iguala la serie de ingresos futuros al desembolso inicial. También se define como aquel tipo de interés para el cual el valor del VAN=0.

$$\sum (0 - n)\ b_i - c_i/(1+ r)^i = 0$$

Siendo:

b_i = beneficios en el año i.

c_i = costes en el año i.

r = tasa de interés

i = periodo

Para su cálculo consideramos el cash-flow obtenido hasta el año 10, incluyendo en los ingresos de este último año, además del mencionado cash-flow neto de ese año, el valor contable de las construcciones y el circulante que se recuperaría. En el cálculo de este índice de rentabilidad consideramos las dos situaciones posibles, sin financiar y con financiación.

Las tasas obtenidas son:

TIR (sin financiación) = 21,37%

TIR (con financiación) = 54,14%

Dado que una inversión es viable cuando su TIR excede el tipo de interés al cual el inversor puede conseguir recursos financieros. Para conocer la viabilidad de un proyecto es preciso comparar esta con el coste de oportunidad del promotor. Este se considera en términos reales de un 15%.

Por lo tanto, como este coste de oportunidad es menor que el TIR, tanto del proyecto sin financiación como el financiado, indica que el promotor al ejecutar y explotar el proyecto recuperará lo invertido y además obtendrá una rentabilidad del 21,37% sin financiarlo ó una rentabilidad del 54,14% si lo financia, sobre la inversión realizada.

Como conclusión, el proyecto más rentable es el financiado.

VAN

El VAN o valor actual neto indica la ganancia neta generada por el proyecto, midiendo por tanto la rentabilidad absoluta de una inversión.

$$VAN = \sum (0 - n)\ b_i - c_i/(1+ r)^i$$

Para determinar el VAN de los dos proyectos, sin financiar y con financiación, consideraremos una tasa de interés igual al coste de oportunidad del promotor.

Los resultados obtenidos son:

VAN (sin financiación) = 411.869,13

VAN (con financiación) = 928.028,19

En este proyecto el VAN es positivo y además muy elevado por lo que desde este punto de vista es viable económicamente, siendo mejor el proyecto con financiación.

PAYBACK

Es el plazo de recuperación de la inversión o el número de años "K" en que por primera vez la suma de flujos actualizados del proyecto adquiere signo positivo o nulo. Es decir, el periodo de tiempo medido en años que se espera que transcurra desde el momento inicial de la inversión hasta que la suma de los cobros actualizados cubra exactamente la suma de los pagos actualizados. Esto implica que si el proyecto acabará bruscamente, el valor neto sería cero, pues los cobros y los pagos actualizados se compensarían exactamente.

$$\sum (0 - k)\, b_i - c_i/(1+ r)^i \geq 0$$

En este proyecto el Payback es de 4 años para la tasa de actualización analizada, lo que indica que se recupera la inversión en el quinto año.

En resumen teniendo en cuenta los valores de los distintos índices de rentabilidad y lo expuesto anteriormente, se puede concluir que el proyecto es viable desde el punto de vista económico.

Punto muerto del proyecto

El punto muerto se define como aquel volumen de producción anual para el cuál se cubre la totalidad de los costes fijos más los variables. En el proyecto dicho volumen está en los 1.422,38 m3, es decir, la empresa alcanzaría ese punto con una tasa de ocupación del 54 %

Consumo materia prima (m3)	Producción (m3)	Tasa de ocupación
2.267	1.422,38	0,54

Siendo:

Producción (m3): es la producción de la fábrica que hace los beneficios brutos igual a cero.

Consumo (m3): es la materia prima necesaria para obtener la producción que hace los beneficios brutos igual a cero.

Tasa de ocupación: se define como el cociente entre el consumo que hace los beneficios brutos igual a cero entre el consumo anual de materia prima.

Punto de cashflow cero

Este punto representa el volumen de producción en el que se produce la descapitalización de la empresa.

Consumo materia prima (m^3)	Producción (m^3)	Tasa de ocupación
1.626	1.020,36	0,39

Siendo:

Producción (m3): es la producción de la fábrica que hace el margen bruto igual a cero.

Consumo (m3): es la materia prima necesaria para obtener la producción que hace el margen bruto igual a cero.

Tasa de ocupación: se define como el cociente entre el consumo que hace el margen bruto igual a cero entre el consumo anual de materia prima.

4. Conclusiones

- Actualmente no se dispone de la madera de eucalipto aserrada necesaria para el buen funcionamiento de este sector, aunque podría compatibilizarse con otro tipo de madera como el pino.
- Se prevé que en un corto plazo de tiempo la madera aserrada de eucalipto cobrará protagonismo frente a otras maderas, como el pino, consecuencia todo ello de la evolución de las repoblaciones forestales en los años 90 en Galicia.
- Por todos estos motivos se considera aconsejable la implantación de una fábrica de elaboración de perfiles laminados para ventanas con una producción de 2600 m3 anuales
- La inversión total estimada para la ejecución del proyecto se estima en 2.257.269,08 €.
- La viabilidad del proyecto queda demostrada con un TIR sin financiación superior al 21 %, un VAN sin financiación superior a 400.000 € y un período de retorno de 4 años.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por la Xunta de Galicia dentro de los proyectos de investigación PGIDT99MA29101 y PGIDIT02RFO29101PR desarrollados en el Departamento de Enxeñería Agroforestal de la Universidade de Santiago de Compostela.

Referencias

Bellot, F., 1966. La vegetación de Galicia. Anales del Instituto Botánico A. J. Cavanilles. T. XXIV. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. Pp 3-306

Bengtsson, C., Johansson, M., Kliger, R., 1999. Variation of physical and basic wood properties in Spruce wood. Pp 133-143. Workshop IUFRO. S5.01-04.

Bolzon de Muñiz G., 1985. Seminario:Influencia de la estructura de las propiedades de la madera. Fac. Ciencias Forestales. Univ. Fed. de Curitiva, Brasil.

Ceballos, L. 1966. Mapa Forestal de España, Ed, IFIE. Madrid.

Ceballos L., Ruíz de la Torre J., 1979. Árboles y arbustos, E.T.S.I. de Montes de Madrid.

Coro, R., Barrio, M., Díaz-Maroto, I.J., López, C., 2002. Influence of the stand parameters in the wood properties, modelling wood density and wood shrinkage through stand and tree parameters of *Quercus robur* L. Pp 329-336. Proceedings of the Fourth Workshop IUFRO "*Connection between Forest Resources and Wood Quality: Modelling Approaches and Simulation Sofware*", Bristih Columbia (Canada).

Díaz-Maroto I.J., 1997. Estudio ecológico y dasométrico de las masas de carballo (*Quercus robur* L.) en Galicia, Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid (inédito).

Díaz-Maroto, I.J, Coro, R., Vila, P., 2003. Estudio de probetas de pequeñas dimensiones para la determinación de la aptitud tecnológica de la madera de *Quercus robur* L. Actas VIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos.

Díaz-Maroto I.J., Vila P., Silva-Pando F.J., 2005a. Autoécologie des chênaies de *Quercus robur* L. en Galice (Espagne), Ann. For. Sci (in press).

Díaz-Maroto I.J., Fernández J., Vila P. Autoécologie de chêne tauzin (*Quercus pyrenaica* Willd.) en Galice (Espagne), 2005b. Ann. For. Sci. (unpublished).

DGCONA, 2001. Tercer Inventario Forestal Nacional, Galicia (A Coruña, Lugo, Ourense y Pontevedra), Ministerio de Medio Ambiente.

Fernández-Golfín J.I.; Gutierrez A., Baonza M.V., 1995. Características físico-mecánicas de las maderas de especies de crecimiento rápido de procedencia española. Investigación Agraria. Sistemas y Recursos Forestales 4(2): 251-261

Gutiérrez, A., Plaza, F., 1967. Características físico-mecánicas de las maderas españolas. IFIE. Madrid. 103 pp.

ICONA, 1975. Primer Inventario Forestal de España, Ministerio de Agricultura, Madrid.

ICONA, 1992. Segundo Inventario Forestal Nacional, INIA, Madrid.

Lopez, J., 1990. Densidad básica de la madera de *Eucalyptus grandis* de la procedencia de HSSF en 3 sitios edáficos de Concordia. Pp 39-46. 26 Congreso ATIPCA.

Machado J. S., Cruz H. P., 2005. Within ítem variation of Maritime Pine timber mechanical properties. Holz als Roh und Werkstoff 63: 154-159

Pardé, J., 1988. Dendrométrie. Édition de l´Ecole nationale des eaux et forêts, Nancy. Francia.

UNE-AENOR., 1977. Norm. 56531: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación del Peso específico. Norma Española. IRANOR-AENOR. Madrid.

UNE-AENOR., 1977. Norm. 56533: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de las contracciones lineal y volumétrica. Norma Española. IRANOR-AENOR. Madrid.

UNE-AENOR., 1977. Norm. 56534: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la dureza. Norma Española. IRANOR-AENOR. Madrid.

UNE-AENOR., 1978. Norm. 56528: Características físico-mecánicas de la madera. Preparación de probetas. Norma Española. IRANOR-AENOR. Madrid.

UNE-AENOR., 1978. Norm. 56537: Características físico-mecánicas de la madera. Determinación de la resistencia a la flexión estática. Norma Española. IRANOR-AENOR. Madrid.

UNE-AENOR., 1978. Norm. 56540: Características físico-mecánicas de la madera. Interpretación de los resultados de los ensayos. Norma Española. IRANOR-AENOR. Madrid.

Vila, P., 2003. “Estudio epidométrico y xilológico de las masas de *Quercus petraea* (Mattuschka) Liebl. en el noroeste de la Península Ibérica”. Tesis doctoral, Universidad de Santiago de Compostela (inédito).

Vignote, S., Jiménez, F.J., 2000. Tecnología de la Madera. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación, Madrid. 2ª Edición. 653 pp.

Yang, J.L. y Fortín, Y., 2001. Evaluating strenght properties of *Pinus radiata* from ultrasonic measurements on increment cores. Holzforschung. Vol. 55. Nº 6. Walter de Gruyter. New York. Pp 606-610

Xunta de Galicia, 1988. Avance do Segundo Inventario Forestal Nacional, Consellería de Agricultura, Gandería e Montes, Dirección Xeral do Forestal e do Medio Ambiente Natural.

Correspondencia.

Ignacio J. Díaz-Maroto Hidalgo.
Escuela Politécnica Superior de Lugo. Campus Universitario s/n. 27002. Lugo.
Tlf.: 982 285 900 ext. 23232
E-mail: diazmaro@lugo.usc.es