



TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS EN LA INSPECCIÓN DE ESTRUCTURAS DE MADERA I: EL PENETRÓMETRO

IGNACIO BOBADILLA MALDONADO. DR. INGENIERO DE MONTES, PTU DE LA EUIT FORESTAL DE MADRID

GUILLERMO ÍÑIGUEZ GONZÁLEZ. DR. INGENIERO DE MONTES, DPTO. TÉCNICO DE AITIM

FRANCISCO ARRIAGA MARTITEGUI. DR. ARQUITECTO. CU DE LA ETSI DE MONTES DE MADRID

MIGUEL ESTEBAN HERRERO. PTU DE LA ETSI DE MONTES DE MADRID

Este artículo pretende ser el primero de una serie dedicada a la descripción de equipos y la aplicación práctica de métodos no destructivos en los trabajos de inspección y control de edificios con estructura de madera.

Habida cuenta de la dificultad que este tipo de trabajos entraña, los métodos no destructivos se plantean como una herramienta más para tratar de facilitar la toma de decisiones. En este sentido, no se trata por tanto de sustituir las metodologías tradicionales y los técnicos expertos, sino de mejorar sus condiciones de trabajo en la obra y reducir la incertidumbre en las conclusiones extraídas.

Este artículo trata sobre uno de los equipos portátiles no destructivos menos conocidos y extendidos, el penetrómetro. Su versión comercial más conocida es el Pilodyn 6J, de la casa suiza PROCEQ.

Descripción del equipo

El Pilodyn es una herramienta de medición local no destructiva, quiere esto decir que ofrece resultados de una parte limitada del elemento objeto de medida y no ocasiona con ello daño apreciable que inutilice la pieza.

Como puede observarse en la figura 1, consta de una varilla de penetración (1), una escala de medida (2), un botón de accionamiento (3), y la barra de recarga (4).

El ensayo comienza con la colocación del equipo apoyado sobre el punto de la pieza a evaluar, procurando mantenerlo perpendicular al plano de apoyo y con la escala accesible a la vista. Se acciona entonces el botón trasero presionando sobre él en dirección a la pieza. Este accionamiento libera un resorte en el interior del cilindro, que hace que la varilla sea impulsada con una energía determinada (6 julios en el modelo 6J), contra la superficie objeto de evaluación. Tras el disparo, la varilla se introduce en la madera, pudiendo entonces, sin mover el equipo, leer la profundidad de penetración en la escala graduada a tal efecto.

Este valor de profundidad de penetración, está relacionado con la densidad y dureza de los materiales, pero también con otras propiedades mecánicas menos directas, o con el estado patológico o la degradación de los mismos.

Existen varias versiones del Pilodyn, la más extendida es

la versión de 6 julios de energía (6J), aunque existen otras versiones más robustas de 12 y 18 julios (12J y 18J, respectivamente). Además, actualmente se comercializan dos equipos ligeramente diferentes en otros aspectos, el modelo Standard y el modelo Forest. La diferencia fundamental entre ambos, además de que el Forest es ligeramente más grande y pesado (1,25 kg el Standard frente a 1,6 kg del Forest), estriba en el cabezal de contacto, que en el modelo Forest incorpora dos patillas de 20 mm de longitud para facilitar el apoyo del equipo en superficies irregulares (véase figura 1). Estas patillas son sustituidas en el modelo Standard por dos uñas de apenas unos milímetros que se introducen en la superficie de ensayo.

Antecedentes y estado del arte

El primer y más inmediato antecedente conocido del penetrómetro es el punzón, utilizado por los técnicos para evaluar el estado superficial de las piezas de madera. Pero no es el único, la valoración de la dureza de la madera se basa en la profundidad de la huella generada por un cilindro o una esfera aplicados sobre la superficie de la pieza (su cara radial para ser más exactos), con una carga determinada, esta metodología sugiere ciertas similitudes con el penetrómetro.

De aspecto similar en cuanto a manejo pero de diferente funcionamiento, es bastante conocido y extendido el uso del esclerómetro para evaluar las propiedades mecánicas del hormigón en obra. En este caso se acciona un resorte que dispara una masa metálica para hacerla impactar contra el hormigón y medir la fuerza del rebote.

El Pilodyn se desarrolló originalmente en Suiza para la evaluación del grado de deterioro de los postes de madera de líneas telefónicas. Las primeras referencias de investigación con este equipo son del año 1978, y en los últimos 30 años, las aplicaciones han ido en aumento, siendo las más extendidas las relacionadas con la selvicultura y explotación forestal, la evaluación y clasificación de árboles en pie y trozas, el diagnóstico precoz de enfermedades en el arbolado, las variaciones genéticas o provocadas por la estación (clima, altitud, suelo, etc) en una determinada especie. So-



bretodo se han investigado especies de crecimiento rápido procedentes de plantación (Eucaliptus, Pinus, Picea...). En segundo lugar, encontramos aplicaciones en el diagnóstico de patologías en madera de construcción, sobre todo postes, traviesas, cercados y elementos estructurales. De hecho una de las aplicaciones más conocidas de este equipo es la evaluación de postes de madera.

Por último, más recientemente se han incrementado los usos en la caracterización de madera sana y algunos tableros derivados de la madera, aunque su aplicación práctica profesional en este campo sigue siendo aún muy limitada. En lo que a trabajos de inspección y control en edificios se refiere, son estas dos últimas aplicaciones, la caracterización de madera sana y la evaluación de patologías, las que más interesan en el ámbito de la evaluación de madera estructural.

Podemos encontrar trabajos muy interesantes en este sentido sobre la evaluación de la degradación de piezas de madera (Hoffmeyer, 1978) e incluso de algunos derivados como los tableros de virutas (Schmidt, 1988).

Algunos investigadores han centrado sus esfuerzos en la evaluación de la influencia de la humedad de la madera en la profundidad de penetración de la varilla, llegando a la conclusión de que hasta el punto de saturación de la fibra, el agua presente actúa como lubricante incrementando la penetración de la varilla del orden de 0,2 mm por cada grado de humedad de más (Smith, S et al. 1986). Estos resultados obtenidos para la especie *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco, se han utilizado para realizar correcciones por humedad en otras coníferas.

Aplicaciones prácticas

Las aplicaciones prácticas se pueden agrupar en tres apartados: estimación de la densidad, evaluación de patologías y clasificación. Dentro de cada grupo distinguiremos además los resultados para madera y para tableros.

Estimación de la densidad en madera aserrada

ESPECIE	PENETRACIÓN TANGENCIAL (mm)	PENETRACIÓN RADIAL (mm)	PENETRACIÓN MEDIA (mm)	MAX (mm)	MIN (mm)	CoV (%)
RADIATA	9,7	10,4	10,1	18	6	15,7
SILVESTRE	10,7	10,9	10,8	20	6	18,3
LARICIO	9,5	9,7	9,6	17	5	22,6
PINASTER	8,5	8,3	8,4	15	5	24,1

Tabla 1: Valores medios de penetración del Pilodyn 6j en madera de conífera acondicionada al 12%.

Se propone un único modelo de regresión para las cuatro especies de coníferas de procedencia española más frecuentes en construcción: pino silvestre (*Pinus sylvestris* L), laricio (*Pinus nigra* Arn), gallego (*Pinus pinaster* Ait) y radiata o insignis (*Pinus radiata* D.Don). Todas las medidas se han realizado a la humedad de referencia del 12%.

$$D = 741,496 - 0,8 \times P - 8,7485 \times Z - 8,8751 \times \bar{Z} + 4,852 \times \bar{Z}$$

($r^2 = 0,63$)

Siendo: D la densidad de la madera en kg/m³

P la penetración media radial y tangencial del Pilodyn 6j en mm

Zr, Zs y Zn son variables cualitativas de especie. Para la especie de que se trate, Z=1, el resto son 0. Ejemplo: Si se trata de pino silvestre, Zs=1, Zn=0 y Zr=0. Si se trata de pino pinaster, las tres Z son 0.

Estimación de la densidad en tableros de partículas y fibras de densidad media

TIPO DE TABLERO	PENETRACIÓN MEDIA (mm)	MAX (mm)	MIN (mm)	CoV (%)
PARTÍCULAS ESTANDAR (P2)	11,2	13,5	8,5	8,8
PARTÍCULAS RH (P3)	9,6	12,0	7,0	11,2
FIBRAS DM ESTANDAR (MDF)	9,8	12,0	8,0	9,7
FIBRAS DM RH (MDF H)	7,6	9,7	6,2	10,6

Tabla 2: Valores medios de penetración del Pilodyn 6j en tableros de partículas y fibras DM acondicionados a 20°C y 65% de HR.

Se propone también un único modelo de estimación de la densidad para tableros de partículas y fibras, tanto estándar como resistentes a la humedad.

$$\ln(D) = 6,84141 - 0,0297825 \times P - 0,0597414 \times \bar{Z} - 0,0213937 \times Zst$$

($r^2 = 0,84$)



Siendo:

D la densidad del tablero en kg/m³

P la penetración sobre la cara del tablero del Pilodyn 6j en mm

Z_p, y Z_{st} son variables cualitativas de tipo de tablero.

Para el tipo de tablero de que se trate, Z=1, el resto son 0. Ejemplo: Si se trata de tablero de partículas estándar,

Z_p=1, Z_{st}=1. Si se trata de tablero de fibras resistente a la

humedad. Z_p=0 y Z_{st}=0.

Pese al buen ajuste del modelo, hay que tener en cuenta que existe una gran variabilidad de tableros en el mercado con diferencias notables en sus características y calidades, por lo que es recomendable que la estimación del modelo se acompañe de una comprobación puntual mediante ensayo normalizado.

Evaluación de daños en madera puesta en obra

La utilización del penetrómetro para evaluar el grado de deterioro de una pieza de madera se ha estudiado para la especie pino silvestre *Pinus sylvestris* L., con una humedad comprendida entre 12 y 20% (media: 16%).

En primer lugar hay que indicar que la profundidad de penetración media para esta especie de madera sana está en torno a 11 mm (CV:15,7%) (tabla 1).

Si agrupamos las patologías en 3 grupos, degradaciones superficiales (aquellas cuya profundidad de ataque alcanza los 10 mm), medias (de 10 a 30 mm) y profundas (más de 30 mm), y efectuamos mediciones con el penetrómetro, encontramos que las degradaciones superficiales tienen poca influencia en la penetración, aunque evidentemente provocan un incremento en la profundidad media de penetración, este no es estadísticamente significativo (figura 2). Sin embargo, las degradaciones medias y profundas se detectan con facilidad, ya que provocan penetraciones medias del doble y el triple de profundidad respectivamente.

La gran ventaja de este método, es que resulta mucho más objetivo que el punzón manual, ya que la energía aplicada es constante y no depende del usuario, permitiéndonos hacer comparaciones relativas entre piezas y facilitando la consiguiente toma de decisiones. Además, la experiencia ha demostrado que el penetrómetro tiene un mayor alcance que el punzón y, por tanto, una mayor capacidad para detectar daños encubiertos bajo una aparente superficie en buen estado que el punzón no es capaz de traspasar.

Evaluación de degradación en tableros

Al igual que sucede con la madera aserrada, los tableros degradados física o biológicamente sufren una pérdida de

densidad que influye en la profundidad de penetración del pilodyn (figura 3).

En los primeros estadios de degradación, como sucedía con la madera, el penetrómetro no es capaz de cuantificar el grado de envejecimiento, debido a que la propia variación del equipo es superior a la provocada por la pérdida de densidad. Pero a partir de una disminución superior al 10-15%, los valores de profundidad aumentan rápidamente. Para alcanzar estos valores de pérdida de densidad se requiere un envejecimiento bastante avanzado, el equivalente a 2-3 meses de exposición a la intemperie, pero hay que tener presente que una pérdida de densidad del 20% puede suponer una caída de propiedades mecánicas próxima al 70%.

Valores de penetración superiores a 13-14 mm en tableros estándar, o 9-10 mm en tableros resistentes a la humedad deben hacernos sospechar posibles problemas de envejecimiento en el tablero (o densidades anormalmente bajas para el tipo de tablero en cuestión).

Clasificación de madera aserrada para uso estructural

El penetrómetro, por tratarse de un equipo de medición local y superficial, no debe utilizarse como único método no destructivo de asignación de propiedades mecánicas, pero eso sí, aporta una información adicional muy valiosa y mejora la estimación con otros sistemas más globales de clasificación, como son los ultrasonidos o el análisis de vibraciones. En ese sentido, existen propuestas de metodologías mixtas, con otros equipos, que han dado muy buenos resultados experimentales.

Una propuesta que combina el penetrómetro con el análisis de ondas acústicas inducidas mediante impacto, consiste en utilizar el Pilodyn como estimador de la densidad, y obtener el módulo de elasticidad dinámico mediante la conocida ecuación:

$$E = D \times v^2 \times 10^{-6}$$

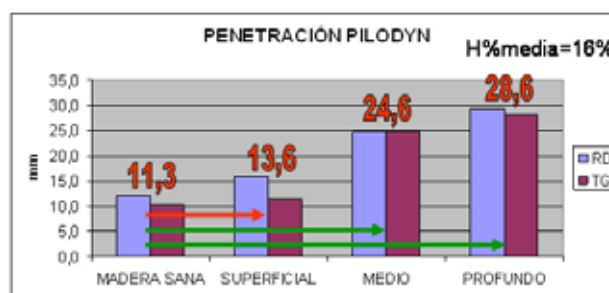


Figura 2: Penetración del Pilodyn 6j en madera sana y atacada de *Pinus sylvestris* L. Las flechas verdes indican diferencia estadística significativa, la roja no. Las cifras en rojo recogen la penetración media en mm entre mediciones radiales (RD) y tangenciales (TG)

Donde:

Ed es el módulo de elasticidad dinámico en N/mm²

D es la densidad en kg/m³

v es la velocidad de propagación de la onda en m/s

Una vez obtenido el «Ed», se pueden estimar otras propiedades físicas y mecánicas mediante modelos experimentales ya existentes para las coníferas más utilizadas en construcción en nuestro país (Íñiguez 2007, Íñiguez et al. 2008).

Clasificación mecánica de los tableros

En el caso particular de tableros de partículas y fibras, por tratarse de materiales mucho más homogéneos que la madera maciza, el hecho de tratarse de una medida local supone menor inconveniente. Además, lo que en una pieza de madera es generalmente una medida muy superficial (10-12 mm), no lo es tanto en un tablero que generalmen-

te tiene espesores comprendidos entre 10 y 30 mm.

Estos hechos hacen que en este caso sea factible el uso del penetrómetro para alcanzar estimaciones aceptables de las propiedades mecánicas de los tableros.

Se presentan dos modelos de regresión, uno para la predicción del módulo de elasticidad «E», y otro para la resistencia a la flexión «f».

$$E = 7851,4 - 2312,6 \times h(P) - 559,193 \times Zp + 398,045 \times Zst$$

$$r^2=0,73$$

Siendo:

E el módulo de elasticidad en N/mm²

P la penetración sobre la cara del tablero del Pilodyn 6J en mm

Zp, y Zst son variables cualitativas de tipo. Para el tipo de tablero de que se trate, Z=1, el resto son 0.

$$h(f) = 4,98259 - 0,157408 \times P - 1,22552 \times Zp + 0,126458 \times Zst$$

$$r^2=0,87$$

Siendo:

f la resistencia a flexión en N/mm²

P la penetración sobre la cara del tablero del Pilodyn 6J en mm

Zp, y Zst son variables cualitativas de tipo. Para el tipo de tablero de que se trate, Z=1, el resto son 0.

Como se ha comentado en apartados anteriores, debido a la gran variabilidad en la fabricación de estos tipos de tableros y a su influencia en las características físicas y mecánicas, es recomendable que la estimación del modelo se acompañe de una comprobación puntual mediante ensayo normalizado.

Conclusiones

Como resumen de todo lo anteriormente expuesto, se puede concluir que es posible utilizar el penetrómetro en el campo de la intervención en edificios para:

Estimar la densidad, tanto de madera aserrada como de algunos productos derivados de la madera, como los tableros de partículas y fibras de densidad media, para los que ya existen datos. Quedan pendientes los modelos correspondientes a otros tableros frecuentes en construcción como los contrachapados, tableros de virutas o madera microlaminada.

Determinar el grado de deterioro o la degradación física o biológica, tanto en madera maciza como en tableros de partículas y fibras de densidad media, de forma más objetiva que con herramientas manuales más tradicionales como el punzón.

Complementar a otros métodos y equipos no destructivos como los acústicos, aplicados a la madera aserrada, para su

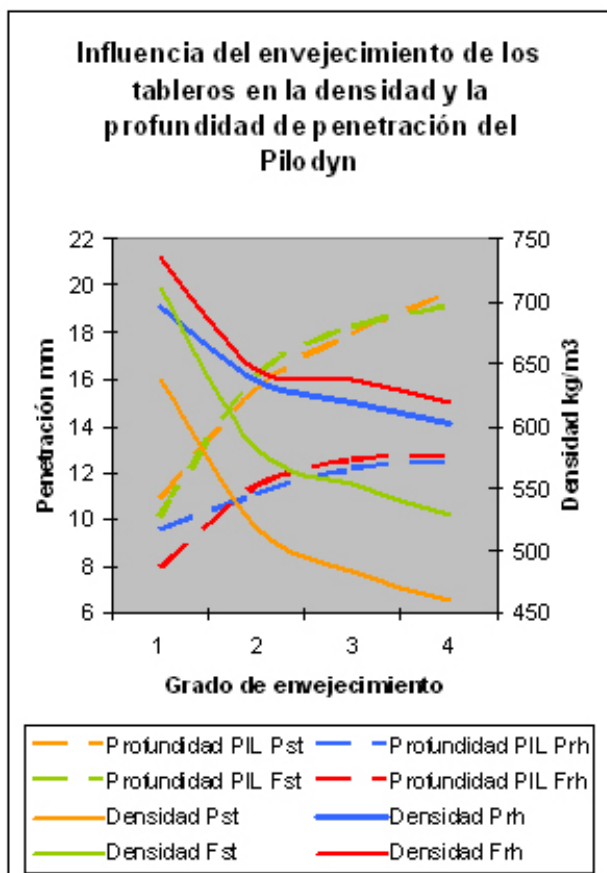


Figura 3: Evolución de la densidad y de la penetración del Pilodyn durante el envejecimiento acelerado de los tableros de partículas (P) y fibras DM (F). En el análisis aparecen dos tipos de tablero, estándar (st) y resistente a la humedad (rh). El grado de degradación va de no degradado (1) a altamente degradado (4), en este último caso con pérdidas de resistencia de hasta un 90%.



tecnología

MULTINACIONAL ESPAÑOLA en pleno proceso de expansión. Centra su actividad en la producción intensiva de maderas nobles de alta calidad y en la explotación sostenible de masas forestales maduras.

Se busca Director Aserradero Industrial en Argentina

Para dirección de planta industrial de aserrado y secado. El proyecto, perteneciente a Compañía española multinacional, se desarrolla en Argentina, con domicilio en la Ciudad de Salta. El candidato deberá residir durante al menos 3 años en dicha ciudad.

Se busca profesional del sector con experiencia y actitud para enfrentarse a nuevos retos. Participará en el diseño de los nuevos aserraderos y en la posterior dirección de las mismas, con una producción estimada de 50.000 m³ de madera. Imprescindible conocimiento del sector del aserrado y experiencia demostrable en el mismo.

Se ofrece salario + bonus por objetivos, dietas y gastos de residencia durante todo el periodo.

Interesados mandar CV con pretensiones económicas a seleccioncandidatos1@gmail.com

DETECCION DE DAÑOS Y TRATAMIENTOS DE ESTRUCTURAS DE MADERA

- Informes técnicos
- Cebos antitermitas
- Protección de obras de arte

Tif. 946155966
www.tecmasa.com

clasificación u obtención de propiedades físicas y mecánicas, y clasificar o caracterizar, en este caso como equipo único, algunos tableros derivados de la madera (partículas y fibras).

Limitaciones y ventajas

Aunque ya se han ido comentando algunas de las limitaciones a lo largo del artículo, hagamos una síntesis de las mismas:

Se trata de una medida muy local y superficial, que no afecta a más de 0,25 cm² de superficie y unos 40 mm de profundidad máxima, por lo que los datos obtenidos pueden ser muy diferentes en distintas zonas de medida, sobretudo en madera maciza donde las variaciones del material son notables dentro de una misma pieza. Se recomienda por ello, hacer varias repeticiones de la medida (cada metro de pieza por ejemplo), y evitando zonas particulares como los nudos y su zona de influencia, fendas, bolsas de resina o entrecasco visibles, zonas con patologías si vamos a estimar la densidad, etc. Por otro lado, en el caso de la madera aserrada, se ha de calcular el valor de penetración medio radial y tangencial, por lo que en realidad se realizan dos medidas por zona de testeo. Generalmente, si se trata de madera estructural, en una misma cara de la pieza se pueden encontrar las dos orientaciones.

Otra limitación, en esta ocasión común a todos los métodos no destructivos aplicados en madera, es la variabilidad del material a la que acabamos de referirnos, que conduce generalmente a coeficientes de determinación bajos (0,5 – 0,6) si los comparamos con la aplicación de técnicas no destructivas en otros ámbitos. Este inconveniente no existe generalmente en los tableros derivados de la madera, mucho más homogéneos.

En este sentido, lo más recomendable es que la muestra de datos sea lo mayor posible, y mejor aún si incluye diferentes especies, tipos o clases, ya que esto permite en muchas ocasiones la inclusión, en los modelos estadísticos, de variables cualitativas por especie, clase o tipo de producto, que mejoran sensiblemente el ajuste de los modelos. En cuanto a las ventajas, que también son muchas, pode-

mos destacar que se trata de una herramienta relativamente económica, de fácil manejo y mantenimiento casi nulo, que no necesita baterías, y como hemos visto, suficientemente fiable por sí mismo, o como equipo auxiliar junto con otros métodos más globales.

Bibliografía

- Bobadilla, I.; G. Iñiguez; M. Esteban; F. Arriaga; L. Casas. 2007. «Density estimation by screw withdrawal resistance and probing in structural sawn coniferous timber», *15th International Symposium on Non-destructive Testing of Wood*, Duluth, Minnesota, USA.
- Bobadilla, I; F. Arriaga; M. Esteban; G. Iñiguez; I. Blazquez. 2008. «Density estimation by vibration, screw withdrawal resistance and probing in particle and medium density fibre boards» *10th World conference on Timber Engineering*, Miyazaki, Japan.
- Divos, F. 2002. «Portable Lumber Graders», *13th International Symposium on Non-destructive Testing of Wood*, Berkeley, California, USA.
- Han GP; QL. Wu; XP. Wang. 2006. «Stress wave velocity of wood based panels: Effect of moisture, product type, and material direction» *Forest Products Journal* 56 (1): 28-33.
- Hoffmeyer, P. 1978. «The Pilodyn instrument as a non-destructive tester of the shock resistance of wood», *4th Non-destructive Testing of Wood Symposium*; Vancouver, WA, USA, pp. 47-66.
- Iñiguez, G. 2007. «Clasificación mediante técnicas no destructivas y evaluación de las propiedades mecánicas de la madera aserrada de coníferas de gran escuadría para uso estructural.» Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, ETS de Ingenieros de Montes. 223 p. Archivo PDF: <http://oa.upm.es/415>
- Iñiguez, G. Arriaga, F. Bobadilla, I. Esteban, M. 2008. «Grading by non-destructive techniques and assesment of the mechanical properties of large cross section coniferous sawn timber for structural use.» *Proceedings of the 10th World Conferencie of Timber Engineering*. Miyazaki, Japan.
- Pilegaard Hansen, C. 2000. «Application of the Pilodyn in Forest Tree Improvement.» *DFSC Series of Technical Notes. TN55. Danida Forest Seed Centre, Humlebaek, Denmark.*
- Ross RJ; VW. Yang; BLIllman; Nelson WJ. 2003. «Relationship between stress wave transmission time and bending strength of deteriorated OSB» *Forest Products Journal* 53 (3): 33-35.
- Schmidt EL; MG. Dietz. 1988. «Pilodyn evaluation of treated waferboard in field exposure» *Wood and Fibre Science* 20 (1): 18-21.
- Smith SM, Morrell JJ. 1986 «Correcting pilodyn measurement of douglas-fir for different moisture levels» *Forest Products Journal* 36 (1): 45-46

APLICACIONES ESPECIALES DEL PROCESO DE IMPREGNACION EN AUTOCLAVES APCS

MEDIANTE EL PROCEDIMIENTO DE VACIO EN INMERSION PREVIA VIP

BENGOLAKO APLICACIONES INDUSTRIALES AVANZADAS, S.L. ha patentado un tipo de autoclave de perfil prismático que permite efectuar los procesos de impregnación aplicados en este caso en el sector de la madera, partiendo de la inmersión previa a la extracción del aire para efectuar el vacío, algo que no se había realizado antes.

Supone un avance importantísimo por las ventajas que comporta este procedimiento, no solo por las reducciones de tiempo y de costo que conlleva si no también, por las facilidades que aporta a la hora de homologar y certificar las calidades de los tratamientos, merced a los sistemas que integra.

Basta con decir que la duración de los ciclos del proceso se reduce a la décima parte y que las ventajas en materia de seguridad eliminan los riesgos de daño ambientales que el uso de los procedimientos anteriores implicaba.

Si a esto añadimos que se reducen pérdidas de producto por arrastres y un mejor control del consumo de productos podemos llegar a la conclusión de que el autoclave «APCS2 y el procedimiento «VIP» también hacen ver que nos encon-

tramos ante un equipo que aporta el avance innovador más importante de los alcanzados en este sector en los últimos 100 años. Dos son las razones que determinan la utilización exclusiva de estos equipos, para aplicaciones especiales con las que se pretenden lograr el mejoramiento de las características físicas, bióticas y de reacción al fuego de los fabricados «Standard», fundamentalmente paneles.

Una de ellas se deriva de la realización del proceso de impregnación en los «APCS» con alto valor de vacío, sin variaciones durante todo el proceso, hasta ahora no alcanzable en los autoclaves convencionales, para lograr la inyección en cantidad de producto necesaria y aplicar una impregnación profunda, sin utilización de sobrepresiones adicionales.

La segunda razón es que la realización del proceso «VIP» permite reducir al mínimo el tiempo de permanencia en contacto con el líquido limitándolo incluso hasta solo varios segundos, lo que permite la impregnación de materiales muy absorbentes tales como los fabricados MDF y HDF, sin sobrepasar la cantidad de producto impregnada.

De la primera razón se

deriva que los materiales no experimentan deformaciones, roturas ni ampollamientos en los «APCS», haciendo de este procedimiento el único adecuado para la impregnación de tableros contrachapados para procesos de protección a base de biocidas o para la transformación de tableros «normales» en tableros «ignífugos» mediante la aplicación de retardantes de llama.

De la segunda se deriva el que el procedimiento «VIP» permite la transformación de tableros, zócalos, tarimas, rodapiés, etc. fabricados en MDF para convertirlos en material «ignífugo» o «impermeable» o ambas cosas.

Las aplicaciones de la tecnología «VIP» en los autoclaves «APCS» abre un importante abanico de posibilidades, hasta ahora impensable, para todos los productos fabricados a base de madera en cualquier forma, desde los laminados estructurales hasta los pequeños perfiles en materia-

les compuestos.

Gráfico comparativo de los tiempos de proceso, en minutos, entre los métodos vacío-presión y doble vacío, en autoclaves cilíndricos y el método de vacío en inmersión previa en autoclaves «APCS» En este gráfico se ponen de manifiesto las reducciones obtenidas en el tiempo de duración del ciclo en minutos, entre un proceso efectuado en los actuales autoclaves cilíndricos existentes y los autoclaves «APCS» 