

Influencia de parámetros externos e internos en el acabado superficial de las operaciones de ranurado realizadas en madera de olivo (*Olea Europaea*)

Pablo-Eduardo Romero-Carrillo, Francisco de-la-Hoz, Rubén Dorado-Vicente y Rafael López-García
Universidad de Jaén (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/7745>

1. INTRODUCCIÓN

La madera de olivo (*Olea Europaea* L.) posee propiedades muy interesantes, las cuales hacen que sea una materia prima muy valorada en ebanistería [1]: es una madera dura, homogénea, de alta densidad, que absorbe poca agua, que resiste hongos e insectos y que se puede teñir y pulir con facilidad. Además, tiene una tonalidad muy característica, que combina un fondo amarillo oscuro con una veta marrón, y que crea un contraste muy elegante (Figura 1). La principal limitación de este tipo de madera es que, al proceder casi exclusivamente de la poda, sólo se presenta en forma de tablones y piezas de tamaño pequeño y mediano [2].

El auge del *oleoturismo* y el aumento del turismo de interior han provocado un incremento de la demanda de elementos decorativos (relojes, ceniceros, lapiceros, lámparas, portafotos) y útiles de menaje (tablas de corte, cucharones, tenedores, jamoneros, botelleros, morteros, ensaladeras) fabricados en madera de olivo [3]. Sirva como ejemplo de este hecho las ciudades *Patrimonio de la Humanidad* Úbeda-y-Baeza (Jaén) que, a pesar de contar con centros de producción en Sabiote o en Castellar, han tenido que importar desde Mallorca buena parte de la artesanía que venden como recuerdo a sus turistas [4]. No en vano, Mallorca es una de las principales productoras de artesanía de olivo de España [5].

Otro gran centro productor de artesanía de olivo es la localidad cordobesa

de Castro del Río [2]. Desde la *Asociación de Artesanos de la Madera de Olivo* [6] se ha impulsado la creación de un *Centro de Interpretación de la Madera de Olivo*, así como la celebración del certamen anual *Ars Olea*, centrado en la artesanía y en la cultura del olivo [7]. Además, desde diciembre de 2012, es *zona de interés artesanal*, reconocimiento otorgado por la Junta de Andalucía. Esta localidad cuenta con una tradición de más de doscientos años en la fabricación de muebles en madera de olivo (sillas, sillones, mecedoras, mesas, aparadores).

Recientemente se han puesto en marcha nuevas iniciativas industriales también basadas en el empleo de la madera de olivo, aunque orientadas a la fabricación de productos *no tradicionales*. Es el caso de la empresa *Yevea* [8], en Vedat de Torrent (Valencia), dedicada a la fabricación de *parquet* de madera de olivo (Figura 2 - izquierda) o de la empresa *Doccases* [9], en Pegalajar (Jaén), que fabrica fundas en madera de olivo para *smartphones* (Figura 2 - derecha). Recientes estudios proponen incluso el empleo de esta madera como sustituto de la teca (*Tectona Grandis*) en la fabricación de mobiliario, suelos y otros elementos para exteriores, ya que soporta muy bien las inclemencias meteorológicas [10].

La fabricación industrial de piezas de pequeño tamaño (lapiceros, ceniceros, morteros, fundas para móvil, etc.) se realiza en centros de mecanizado. Estas máquinas-herramienta son fresadoras verticales dotadas de un control numérico y de un almacén automático de herramientas (fresas frontales de punta plana, fresas frontales de punta esférica, brocas) que permiten realizar todas las operaciones necesarias para el conformado de estos productos: planeado, cajado, contorneado, taladrado y/o ranurado.

En el presente trabajo se pretende

estudiar qué parámetros de mecanizado son los más adecuados para conseguir un mejor acabado superficial en operaciones de *ranurado* realizadas en madera de olivo. Se ha elegido esta operación porque a pesar de su aparente sencillez, otras operaciones de fresado frontal más complejas (como planeado o cajado) están basadas en ella. También se estudiará la influencia en dicho acabado superficial de la orientación de la fibra de la madera respecto a la dirección de trabajo y de la humedad de la madera trabajada.

Para ello, se realizan 108 ensayos, en cada uno de los cuales se irá modificando el valor de uno de los parámetros a estudiar, ya sean *externos* (velocidad de giro, velocidad de avance, profundidad de pasada) o *internos* (humedad o dirección de la fibra), dejando constante el valor del resto de parámetros. Una vez realizados los ensayos, se medirá varias veces (y en distintos puntos) la rugosidad superficial media (R_a) obtenida en cada una de las ranuras mecanizadas, para calcular así un valor medio de R_a . De este modo, se intentará analizar la relación existente entre los citados parámetros *externos* e *internos* y el valor de la rugosidad superficial media obtenida.

Existen estudios similares referentes a otros tipos de maderas y productos derivados más comerciales, como el pino [11] o el tablero de densidad media o MDF [12]; sin embargo, los autores no han encontrado en la bibliografía trabajos parecidos relativos a la madera de olivo (*Olea Europaea*).

La estructura del artículo es la siguiente. En la Sección 2 se describe cómo se han obtenido las probetas utilizadas en los ensayos y cómo determinar el contenido de humedad en las mismas, mediante el *ensayo de secado* (Sección 2.1). También se presentan los equipos utilizados para realizar las ranuras y para medir la rugosidad superficial media en el fondo de las mismas (Sección 2.2). Por último, se explica el modelo del espesor medio de viruta (Sección 2.3). En la Sección 3 se



Fig. 1: Veteado característico de la madera de olivo



Fig. 2: Nuevos usos de la madera de olivo: parquet (izquierda); funda para móvil (derecha)

muestran los resultados obtenidos en los ensayos. La discusión de estos resultados se realiza en la Sección 4 y en la Sección 5 se presentan las conclusiones del trabajo.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La madera utilizada en los ensayos es madera de olivo de la variedad *picual*, la más abundante en la provincia de Jaén y también la que posee mejores propiedades mecánicas [2]. Se tomaron dos troncos rectos, procedentes de poda, y mediante un aserrado se obtuvieron planchas de unos 3 cm de espesor (Figura 3.a). Tras esta operación, se realizó un *regruessado* en la sierra de cinta hasta obtener las dimensiones finales de las probetas (70 x 80 x 20 mm). Estas probetas en verde, de humedad desconocida, deben secarse antes de proceder a su mecanizado: la humedad recomendada para mecanizar la madera es la misma que la humedad a la que luego se usará el producto fabricado durante su vida útil; en España, la humedad utilizada es un 12%.

Tiempo (min)	Masa (g)	Humedad (%)
0	114	34,11
30	110	29,41
60	106	24,70
90	103	21,17
120	100	17,64
150	98	15,29
180	96	12,94
210	94	10,58
240	92	8,23
270	90	5,88
300	89	4,70
330	88	3,52
360	87	2,35
390	85	0
420	85	0
450	85	0

Tabla 1: Masa medida y humedad calculada para la muestra utilizada en el ensayo de secado

A continuación, se explicará cómo determinar el contenido de humedad de las probetas y cómo proceder a su secado previo a la fase de mecanizado. También se describirá el diseño de experimentos utilizado durante los ensayos. Finalmente

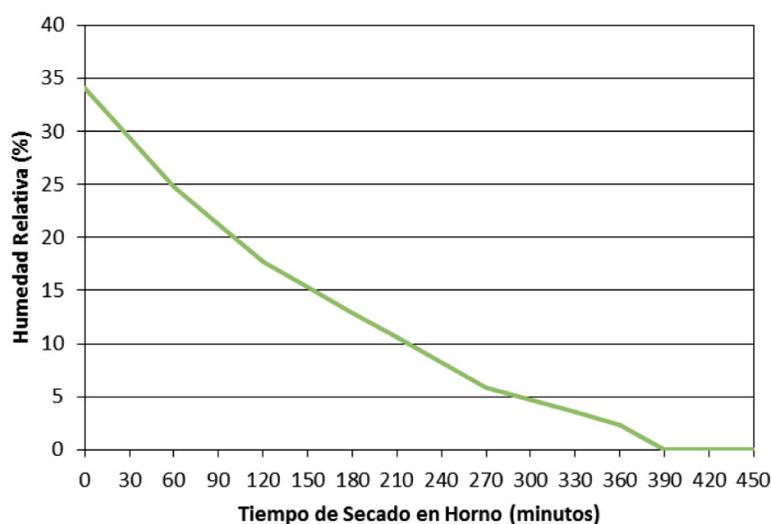


Fig. 4: Curva de secado de la muestra utilizada en el ensayo de secado

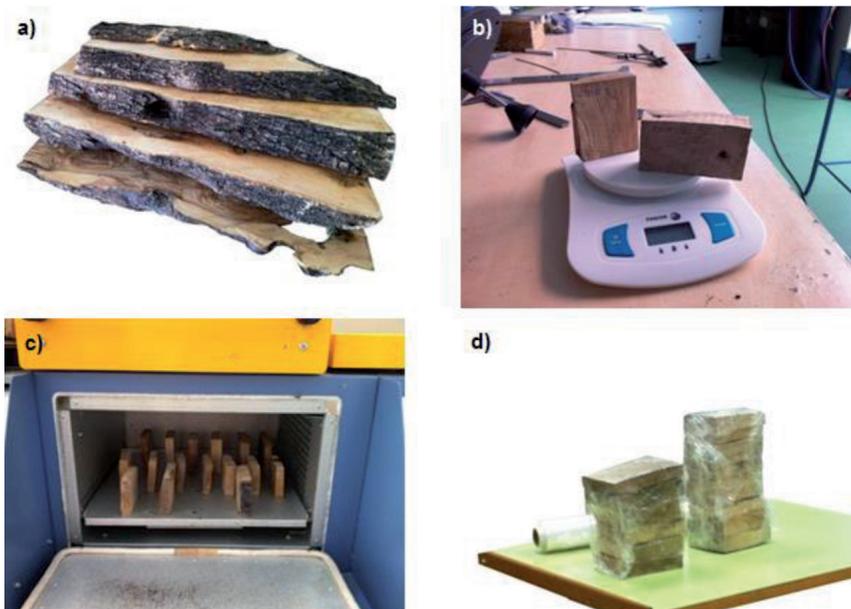


Fig. 3: Proceso de determinación de la humedad de las muestras de madera utilizadas en los ensayos: a) aserrado; b) pesado en báscula; c) secado al horno; d) protección con film transparente

se presentará el concepto de *espesor de viruta*, concepto que agrupa varios parámetros de mecanizado y que está íntimamente relacionado con la rugosidad superficial obtenida tras el proceso.

2.1. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Existen varios métodos para determinar la humedad de madera [13]: el ensayo de secado, el psicrómetro eléctrico y el psicrómetro electrónico. En este caso, al disponer de un pequeño horno eléctrico, se utilizó el *ensayo de secado*. Este ensayo destructivo comienza tomando una probeta húmeda, que se pesa y se introduce en el horno a 103°C (Figura 3, b y c). Cada 30 minutos la probeta se saca del horno y se vuelve a pesar. Cuando su peso no varía entre dos pesadas consecutivas

se entiende que la probeta está seca (Tabla 1). La humedad en tanto por ciento se puede determinar mediante la siguiente ecuación [13]:

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(m_h - m_s) \cdot 100\%}{m_s} \quad (1)$$

Donde m_h es la masa de la muestra húmeda y m_s la masa de la muestra seca. A partir de las masas medidas (Tabla 1), se pudo calcular la humedad inicial de las muestras, de valor 34%, así como los valores de humedad en las pesadas intermedias.

Este método es muy interesante ya que permite, además, calcular el tiempo que tienen que estar el resto de las muestras en el horno para conseguir la humedad deseada. Para ello, a partir de los datos de la Tabla 1, se construyó la gráfica de la Figura 4. Como se puede comprobar en dicha figura, para un valor de un 12% de humedad, las piezas deben de estar en el horno alrededor de 190 minutos. Una vez sacadas del horno, las piezas se envolvieron en un film transparente para evitar que absorbieran vapor de agua del ambiente y variara su humedad (Figura 3.d).

2.2. DESCRIPCIÓN DE LOS EXPERIMENTOS

Tras estudiar trabajos previos existentes en la bibliografía, relativos a otro tipo

de maderas [11, 12], se han seleccionado un total de cinco parámetros a medir, de los cuales tres son parámetros externos y dos son parámetros internos (Tabla 2). Los parámetros externos analizados durante los ensayos han sido la velocidad de avance de la herramienta (1000, 2000 y 3000 mm/min), la velocidad de giro de la herramienta (1000, 2000, 3000 y 4000 rpm), y la profundidad de pasada (1, 2 y 3 mm).

Por otra parte, los parámetros internos analizados han sido la humedad (%) y la posición relativa entre la dirección de me-



Fig. 5: Ejemplo de muestra con 34% humedad, utilizada durante los ensayos con velocidad de giro de 4000 rpm, y distintos valores de profundidad de pasada y velocidad de avance



Fig. 6. Equipos utilizados durante los ensayos: centro de mecanizado FAGOR modelo ODISEA (izquierda); rugosímetro M4Pi Mahr (derecha)

Parámetros	Nombre del Parámetro	Valor
Externos	Velocidad de avance, mm/min	1000, 2000, 3000
	Velocidad de rotación, rpm	1000, 2000, 3000, 4000
	Profundidad de pasada, mm	1, 2, 3
Internos	Humedad, %	34, 12
	Dirección de fibra	0°, 90°

Tabla 2: Valores de los parámetros externos e internos utilizados en los ensayos

Parámetro	Valor
Recorrido en el eje longitudinal X	200 mm
Recorrido en el eje transversal Y	200 mm
Recorrido en el eje vertical Z	200 mm
Dimensiones de la base de trabajo	450 x 180 mm
Distancia máxima cabezal/mesa	320 mm
Conicidad del husillo	ISO 30
Motor del cabezal	Asíncrono trifásico de 1.5 kW
Velocidad de giro del cabezal	De 100 a 4000 rpm
Cono del cabezal	ISO 30
Motores de accionamiento de ejes	CC 1.44 Nm
Avance rápido	5000 mm/min
Resolución electrónica	0.001 mm
Tensión de alimentación monofásica	230 V 50/60 Hz
Dimensiones	1470 x 918 x 1855 mm
Peso aproximado	550 kg

Tabla 3: Características técnicas del centro de mecanizado ODISEA

canizado y la dirección de la fibra. Para medir la importancia de la humedad, un tercio de las muestras se ha dejado con la humedad de partida (34%), mientras que el resto se ha secado en horno hasta alcanzar un valor de humedad fijado (12%). Para estudiar la influencia de la dirección de la fibra, un tercio de los ensayos se ha realizado mecanizando las ranuras en la dirección perpendicular a la dirección de la fibra (0-90), mientras que el resto se han realizado mecanizando las ranuras en la dirección de la fibra (0-0).

En total, se han preparado 12 probetas, en cada una de las cuales se rotuló en su parte trasera su humedad (12% o 34%), la orientación relativa entre las ranuras y las fibras (0-0 ó 0-90) así como una velocidad de rotación (1000, 2000, 3000 ó 4000 rpm). En cada probeta así marcada se realizaron 9 ranuras paralelas, separadas 1 mm entre sí (Figura 5): tres de las ranuras se mecanizaron con una velocidad de avance de 1000 mm/min, otras tres con una velocidad de 2000 mm/min y las tres últimas con una velocidad de 3000 mm/min. De cada triada de ranuras, una se realizó con una profundidad de pasada de 1 mm, otra con una profundidad de 2 mm y la tercera con una profundidad de 3 mm.

Los ensayos se realizaron en un centro de mecanizado marca ALECOPI modelo ODISEA, dotado de un control numérico FAGOR 8055M (Figura 6, izquierda). Las características del centro de mecanizado se muestran en la Tabla 3. La herramienta utilizada para realizar las operaciones de ranurado fue una fresa frontal de acero rápido o HSS (del inglés, *High Speed Steel*), de punta plana, con dos labios de corte, un ángulo de hélice de 30° y un diámetro de 10 mm.

Una vez mecanizadas las ranuras, la rugosidad superficial media R_a se midió al menos en cuatro ocasiones en distintos puntos de la misma, utilizando un rugosímetro con palpador Perthen M4Pi de la casa Mahr (Figura 6, derecha). Este equipo dispone de una aguja palpadora móvil que mide la rugosidad a lo largo de una longitud de 1,5 cm. El valor medio de la rugosidad en cada ranura se ha calculado como media aritmética de las cuatro medidas realizadas.



Fig. 7: Marcas dejadas por la herramienta en la madera durante el mecanizado de la ranura

2.3. ESPESOR DE LA VIRUTA

El espesor de la viruta es un buen indicador de la rugosidad superficial: es conveniente que el espesor de la viruta sea lo menor posible para evitar la formación de ondas pronunciadas que empeoran la rugosidad (Figura 7). El espesor medio de la viruta está relacionado con las condiciones de mecanizado [14-16], a través de la relación mostrada en la Ecuación (2).

$$e_m = \frac{f \sqrt{\frac{A_p}{D}}}{Z N} \quad (2)$$

Donde e_m es el espesor medio de viruta, en mm; f es la velocidad de avance del elemento cortante, en mm/min, A_p es la profundidad de corte, en mm; D es el diámetro de la herramienta, en mm; Z es el número de filos de corte de la fresa y N es la velocidad de giro del elemento cortante, en rpm.

3. RESULTADOS

En las Figuras 8 a 10 se presentan los resultados de las medidas de rugosidad

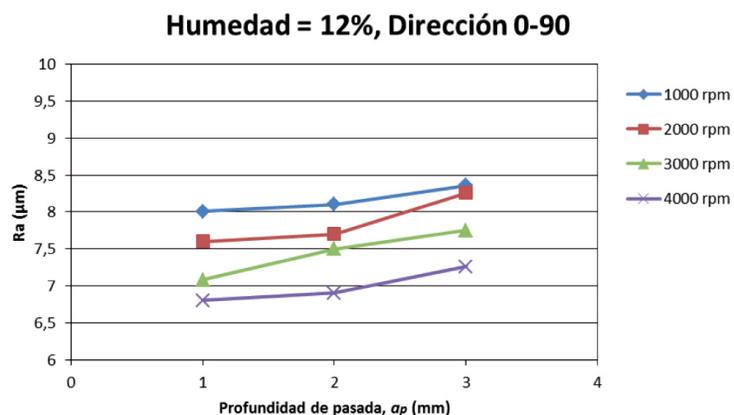


Fig. 8: Relación entre rugosidad superficial media y la profundidad de pasada, para humedad 12% y dirección 0-90

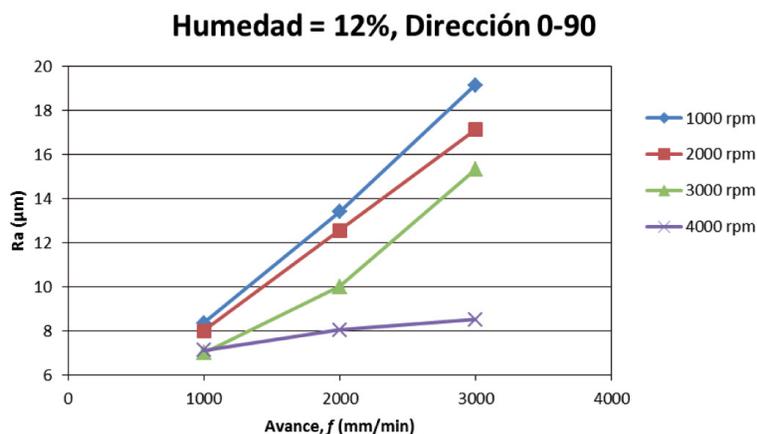
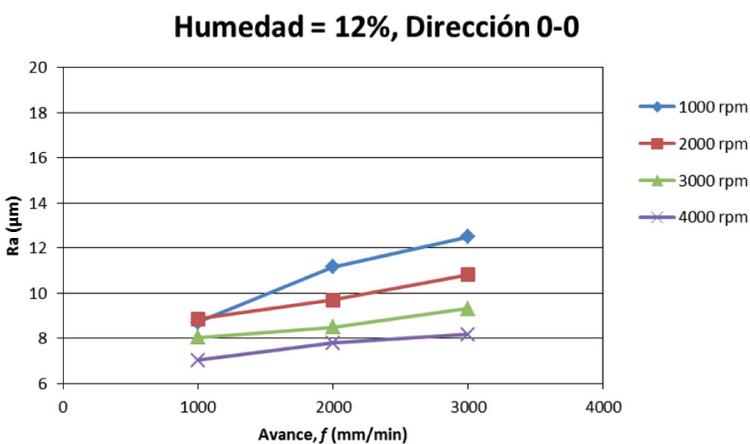
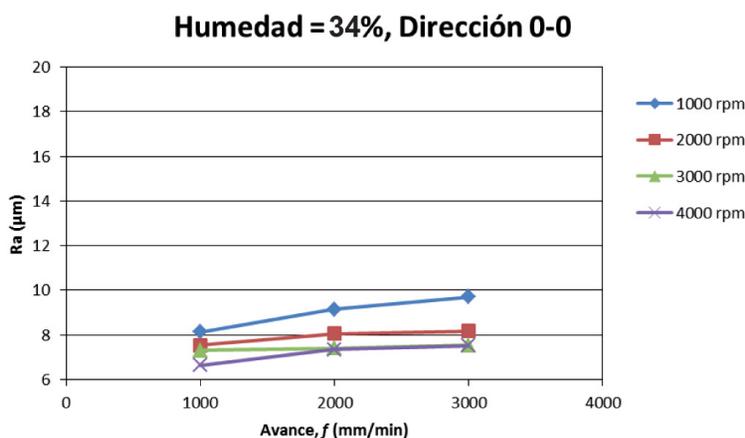


Fig. 9: Relación entre rugosidad superficial y avance, para profundidad de pasada igual a 1 mm y distintas humedades (34% y 12%) y direcciones de trabajo (0-0 y 0-90)

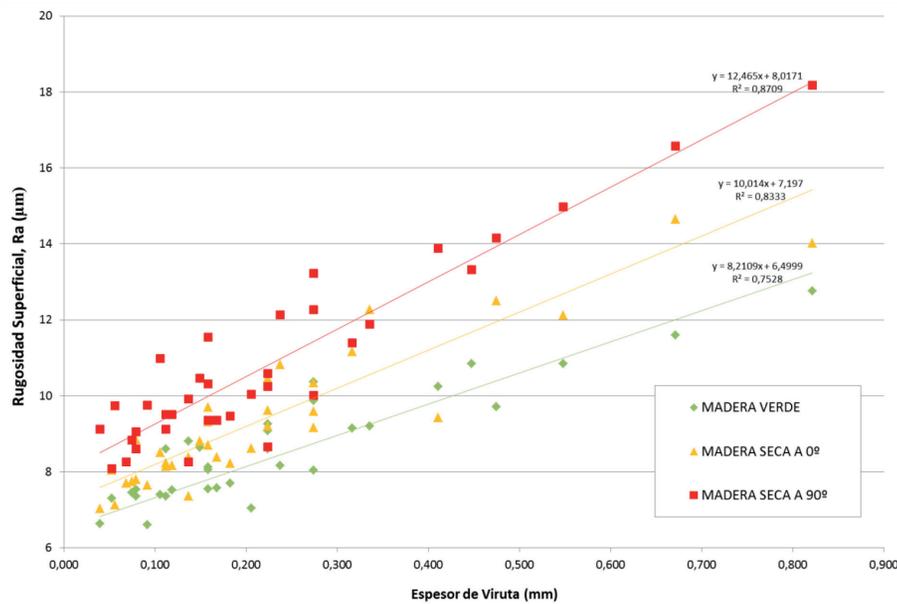


Fig. 10: Relación entre rugosidad superficial y espesor de viruta para madera verde (34% humedad), y madera seca (12% humedad) mecanizada a favor de fibra (0-0) y en contra de fibra (0-90)

media obtenidas tras cada uno de los ensayos. En la Figura 8 se muestra la relación entre la profundidad de pasada (A_p) y la rugosidad superficial media (R_a), para una humedad del 12% y una dirección de trabajo perpendicular a la fibra de la muestra (0-90). Como se puede observar, a mayor profundidad de pasada mayor es la rugosidad media obtenida. En el resto de los casos estudiados la tendencia es similar, aunque en algunos casos no es tan marcada.

En la Figura 9 se muestra la relación entre la velocidad de avance (f) y la rugosidad superficial media (R_a), para una profundidad de pasada (A_p) igual a 1 mm. Independientemente de la humedad de la pieza (34% ó 12%) y de la relación entre la dirección de mecanizado y la dirección de la fibra (0-0 ó 0-90), el acabado superficial empeora con la velocidad de avance.

Como se puede observar en la gráfica superior de la Figura 9, los mejores acabados superficiales (valores pequeños de R_a) se obtienen con la madera con mayor contenido en humedad (34%), aunque como ya se ha comentado en epígrafes anteriores, trabajar la madera a una humedad tan elevada puede provocar que, una vez acabada la pieza, aparezcan grietas y alabeos cuando se alcance la humedad ambiente (10-15%) durante su puesta en servicio.

Los resultados obtenidos para probetas con humedad 12% (Figura 9, central e inferior) muestran que los mejores acabados superficiales se consiguen cuando se mecanizan las ranuras en una dirección paralela a la dirección de la fibra (0-0). Los valores de rugosidad R_a máximos obtenidos para dichas probetas en los ensayos 0-0 están cercanos a 13 μm , mientras que

los valores máximos para los ensayos 0-90 son cercanos a 20 μm .

Para resumir gráficamente toda la información obtenida durante los ensayos, se ha elaborado la Figura 10, donde se muestra la relación entre el espesor medio de viruta (calculado usando la Ecuación 2) y la rugosidad superficial media R_a obtenida experimentalmente. Como se puede observar, los mejores acabados superficiales se obtienen con la madera con 34% de humedad, aunque como ya se ha comentado anteriormente, esta humedad no se admite en procesos industriales de fabricación de productos de madera. En las probetas con un 12% de humedad, a iguales espesores medios de viruta, el acabado superficial obtenido es mejor en ensayos 0-0 que en ensayos 0-90.

4. DISCUSIÓN

Los resultados mostrados en la sección anterior demuestran que existen varias vías para reducir el valor de la rugosidad superficial media R_a obtenida en el fondo de las ranuras. La *primera vía* consiste en reducir la profundidad de pasada, tal y como se muestra en la Figura 9, para el caso de madera seca (12%) y mecanizado 0-90. Sin embargo, aunque en dicha Figura 9 la tendencia está bastante marcada, en el resto de los casos no lo está tanto.

Una *segunda vía* para mejorar el acabado superficial es reducir la velocidad de avance. En este caso, la tendencia sí está muy definida en todos los ensayos. Como se puede observar en la Figura 10, los mejores acabados superficiales (menores R_a) se consiguen en todos los casos con bajas velocidades de avance (1000 mm/min). Una *tercera vía* para reducir el valor de R_a es aumentar la velocidad de giro de la herramienta. Como se muestra en la Figura 10, los mejores acabados superficiales se consiguen siempre trabajando a alta revoluciones (4000 rpm).

Aunque no existen trabajos previos en la literatura dedicados al estudio científico del mecanizado de madera de olivo, las tendencias anteriormente descritas son coherentes con las obtenidas por otros autores en otros tipos de maderas [11,12]. La influencia de los parámetros *externos* (profundidad de pasada, velocidad de avance y velocidad de giro) encuentra su explicación en el modelo presentado en la Sección 2.3, ya que según [14-16] la rugosidad superficial obtenida está íntimamente ligada al espesor medio de viruta. Las tendencias obtenidas experimentalmente para cada uno de estos parámetros

Valor de la Rugosidad R_a (μm)	Número de Calidades de Rugosidad	Acabado
$25.00 < R_a < 50.00$	N12	Basto ($25.00 < R_a < 50.00$) Fino ($10.00 < R_a < 25.00$) Alisado ($1.60 < R_a < 10.00$)
$12.50 < R_a < 25.00$	N11	
$6.30 < R_a < 12.50$	N10	
$3.20 < R_a < 6.30$	N9	
$1.60 < R_a < 3.20$	N8	
$0.80 < R_a < 1.60$	N7	Pulido
$0.40 < R_a < 0.80$	N6	
$0.20 < R_a < 0.40$	N5	
$0.10 < R_a < 0.20$	N4	Especular
$0.05 < R_a < 0.10$	N3	
$0.025 < R_a < 0.05$	N2	
$0.00 < R_a < 0.025$	N1	

Tabla 4: Acabado superficial en función de la rugosidad superficial media R_a (Elaboración propia a partir de [17])

externos coinciden con las anticipadas por la Ecuación (2).

Además, la relación entre espesor medio de viruta y rugosidad superficial media queda bastante clara tras observar la Figura 10. Dicha gráfica, además, permite estimar *a priori* qué rugosidad superficial se va a conseguir en el proceso si se conocen los valores de los parámetros de mecanizado, valores necesarios para calcular e_m (Ecuación 2). Los autores entienden que estos resultados pueden ser de interés para industrias o talleres dedicados a la fabricación de productos en madera de olivo.

Otra conclusión relevante a nivel industrial es que los mejores acabados superficiales se obtienen cuando coinciden la dirección de mecanizado y la dirección de la fibra de la madera (0-0). Esta afirmación no sólo es de interés en operaciones de ranurado; también es de aplicación en operaciones de planeado o cajado en zig-zag donde, para conseguir mejores acabados, la dirección predominante durante el mecanizado debería ser igualmente la 0-0. Una posible explicación de este hecho es que para dicha orientación, la herramienta arranca longitudinalmente las fibras enteras, mientras que si la orientación es 0-90, la herramienta rompe transversalmente estas fibras (aunque no siempre las consigue arrancar por completo), lo que provoca un peor acabado superficial.

El resultado obtenido relativo al parámetro humedad, sin embargo, no tiene apenas interés industrial ya que, como se ha comentado anteriormente, aunque se consiguen mejores acabados superficiales con maderas con alto porcentaje de humedad, esta vía por ahora se descarta debido a las grietas y revirados que se producen en la madera mecanizada durante su posterior secado.

Por último, hay que indicar que los medios materiales utilizados durante los ensayos y las condiciones de mecanizado empleadas han permitido alcanzar unos valores de rugosidad superficial R_a de entre 6 y 8 μm . Es decir, una calidad de rugosidad N10, que se considera un acabado tipo *alisado* (Tabla 4). Dado que la velocidad de giro máxima del centro de mecanizado empleado en los experimentos es 4000 rpm, para mejorar dicho acabado en la misma máquina se deberían utilizar herramientas de mayor diámetro (D) y con mayor número de filos de corte (Z) (Ecuación 2). Otra opción sería realizar los ensayos en otra máquina que permita alcanzar velocidades de giro (N) de la herramienta mayores.

5. CONCLUSIONES Y FUTUROS DESARROLLOS

En el presente trabajo se ha estudiado la influencia de distintos parámetros *externos* (velocidad de avance, velocidad de giro y profundidad de pasada) e *internos* (dirección de la fibra y humedad) en el acabado superficial obtenido en operaciones de ranurado realizadas en madera de olivo empleando centros de mecanizado con control numérico. Se han realizado un total de 108 ensayos, a lo largo de los cuales se han ido variando uno sólo de los parámetros, dejando fijo el resto, para estudiar la influencia de cada una de ellos. Tras la fase de mecanizado, se ha medido cuatro veces en distintos puntos de cada ranura la rugosidad superficial R_a , y se ha calculado el valor medio.

En relación a los *parámetros externos*, los resultados obtenidos muestran que los mejores acabados superficiales se obtienen con *bajas velocidades de avance* y *altas velocidades de giro* de la herramienta. Profundidades de pasada grandes empeoran levemente el acabado superficial, aunque los resultados muestran que no es un factor realmente significativo. Este hecho puede ser interesante de cara a la producción industrial de productos fabricados en madera de olivo, ya que permitiría reducir el tiempo de mecanizado al utilizar valores de profundidad de pasada altos, sin perjudicar en gran medida el acabado superficial.

En cuanto al primer *parámetro interno* analizado (*dirección de la fibra*), los resultados muestran que los mejores acabados superficiales se obtienen cuando la orientación de las ranuras coincide con la dirección de la fibra (0-0). Este hecho no sólo tiene interés en operaciones de ranurado; también es de interés en otras importantes operaciones industriales, como el planeado o el cajado, ya que permite al programador CNC elegir *a priori* la dirección de la estrategia zig-zag que le garantiza mejor acabado superficial, que no es otra que coincidente con la dirección de la fibra.

Los resultados referentes al segundo *parámetro interno* indican que los mejores acabados superficiales se consiguen cuando los valores de humedad de la madera son altos (34%). A nivel industrial, sin embargo, las piezas no se mecanizan con altos contenidos de humedad ya que durante su posterior proceso de secado suelen deformarse y agrietarse, de tal modo que el producto así fabricado pierde su valor. Futuros desarrollos podrían pasar por estudiar modelos de secado que permitan reducir dicha tendencia a la rotura

de los productos tras su mecanizado con alto contenido de humedad.

PARA SABER MÁS

- [1] López-González GA. "Guía de los árboles y arbustos de la Península Ibérica y Baleares". Editorial Mundi-Prensa. 3ª Edición. Barcelona. 2007. ISBN: 978-8484763123
- [2] Moreno-Aranda P. "Muebles de olivo en Castro del Río". Narria.1995. Vol. 71-72. p. 46-55.
- [3] Murgado EM. "Turning food into a gastronomic experience: olive oil tourism". Present and future of the Mediterranean olive sector. Zaragoza: CIHEAM/IOC. 2013. p. 97-109.
- [4] VV.AA. "Estrategias de innovación industrial y desarrollo económico en las ciudades intermedias de España". Méndez-Gutiérrez-del-Valle R. (Editor). Fundación BBVA. Bilbao. 2010. ISBN: 978-84-96515-96-3.
- [5] Jiménez-Abad CE. "Productos y destinos turísticos nacionales e internacionales". Ed. Paraninfo. 2003. ISBN: 9788497322553.
- [6] Artesanos de la Madera de Olivo, 2015 (<http://www.artesanosdelamaderadeolivo.com/web/presentacion/presentacion.php>) (Último acceso: 01/07/2015).
- [7] Ars Olea, 2014 (http://www.ayuntamientocastrodelrio.org/ars_olea/) (Último acceso: 01/07/2015).
- [8] Yevea, 2015 (<http://yveea.com/>) (Último acceso: 01/07/2015).
- [9] Doccases, 2015 (<http://shopdoccases.com/es/>) (Último acceso: 01/07/2015).
- [10] Govorcin S, Sinkovic T, Sedlar T. "Dimensional stability of Olive (*Olea Europaeae* L.) and Teak (*Tectona grandis* L)". Wood Industry. 2010. Vol. 61-3. p. 169-173.
- [11] Aguilera A, Vega M. "Efecto del cambio de las condiciones de maquinado sobre la rugosidad superficial de *Pinus radiata* D. Don". Bosque. 2004. Vol. 25-3. p. 25-32.
- [12] Davim JP, Clemente VC, Silva S. "Surface roughness aspects in milling MDF (medium density fibreboard)". International Journal of Advanced Manufacturing Technology. 2009. Vol. 40. p. 49-55. DOI <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-007-1318-z>
- [13] Nutsch W. "Tecnología de la madera y del mueble". Ed. Reverté. Barcelona. 2000. ISBN: 84-291-1435-1.
- [14] Kivimaa E. Cutting forces in wood working. The State Institute for Technical Research, Finland. Helsinki-Finland. 1950.
- [15] Koch P. Wood machining processes. The Ronald Press Company, Yale University. New-York-USA. 1964.
- [16] Boucher J, Méausoone P. "Influence of the moisture content on chips formation in wood milling process (90-0/1). The 16th International Seminar Wood Machining Seminar. Matsue-Japan. Agosto 24-30, 2003. Department of Natural Resources Process Engineering. Shimane. pp-430-438.
- [17] UNE-EN ISO 1302:2002. Especificación geométrica de productos (GPS). Indicación de la calidad superficial en la documentación técnica de productos.