

CONTRIBUCIÓN A LA OPTIMIZACIÓN DE TOBERAS DE HILATURA NEUMÁTICA

L. Albañil*, E. Valencia**, J.M. Bergadà***, L. Coll****

0.1. Resumen

Desde 1994 se viene estudiando en el Laboratorio de Sistemas y Procesos Textiles Mecánicos del Instituto de Investigación Textil y Cooperación Industrial de Terrassa el comportamiento del flujo de aire en toberas de hilatura de tipo vórtice coaxiales y cilíndricas. Para conseguir mejores características del hilo en cuanto a la estructura filar se decidió iniciar el análisis de los inyectores de aire, con la intención de optimizar la velocidad y la homogeneidad del vórtice, características directamente relacionadas con la calidad del hilo y la limitación de la velocidad de producción del sistema de hilatura neumática.

En el presente trabajo se presentan los resultados de varias modelizaciones mediante un programa CFD basado en volúmenes finitos contrastados con los datos obtenidos en determinados puntos del interior de las toberas empleando la anemometría láser.

Palabras clave: hilatura, tobera, optimización, vórtice.

0.2. Summary: CONTRIBUTION TO THE OPTIMISATION OF PNEUMATIC YARNING NOZZLES

Since 1994 it is being studied in the Systems and Textile-Mechanic Processes Laboratory from the Research Textile Institute in Terrassa, the behaviour of air flows in cylindrical yarning nozzles, vortex type. To achieve better yarning characteristics, under the yarn structure point of view, it was decided to analyse the air injectors, which brought the possibility to optimise air speed and vortex homogeneity, those characteristics happens to be directly related with

yarn quality and production speed of a pneumatic yarning system.

In the present work some results are presented of several 3D-CFD models of air injectors being the software used Fluent, based on finite volumes analysis. Computer results were compared with experimental ones, obtained using a laser Doppler anemometer, agreement was founding all cases studied validating the simulations performed.

Key words: spinning, nozzle, optimization, vortex.

0.3. Résumé: CONTRIBUTION À L'OPTIMISATION DES TUYÈRES DE LA FILATURE PNEUMATIQUE

Depuis 1994, le Laboratoire des systèmes et procédés textiles mécaniques de l'Institut de recherche textile et de coopération industrielle de Terrassa a mis à l'étude le comportement du flux d'air dans les tuyères de filature de type tourbillon coaxiales et cylindriques. Pour améliorer les caractéristiques du fil en terme de structure, il a été décidé de commencer l'analyse des injecteurs d'air, dans le but d'optimiser la vitesse et l'homogénéité du tourbillon, caractéristiques directement liées à la qualité du fil et à la limitation de la vitesse de production du système de filature pneumatique.

Dans ce travail on présent les résultats de quelques modèles moyennant un programme CFD, basé sur volumes finis contrastés avec les données obtenues en déterminés points de l'intérieur des tuyères en utilisant l'anémométrie laser.

Mots clé : filature, tuyère, toubillon.

1. INTRODUCCIÓN

En los sistemas de hilatura tradicionales, huso-cursor (Ring) y Open-End (OE), se imparte la torsión mediante sistemas mecánicos, por los que existe una relación directa entre la velocidad angular ω de los elementos mecánicos y la torsión obtenida en el hilado. A medida que aumenta la velocidad de producción, manteniendo el número de vueltas de torsión en una misma longitud del hilo, debe incrementarse la velocidad angular ω . De esta afirmación se desprende directamente que la velocidad de producción del hilado se verá limitada por la velocidad angular máxima que puedan alcanzar los elementos impartidores de la torsión.

Está claro por tanto que estos dos métodos de hilatura ya no pueden avanzar en prestaciones

* Luis Albañil Cid, Ingeniero Técnico Industrial.

** Dr. Ing. Eugeni Valencia Leonardo, Catedrático del Departamento de Mecánica de Fluidos en la E.T.S.E.I.B. (U.P.C.), Asignación Funcional al Laboratorio de Sistemas y Procesos Textiles del INTEXTER (U.P.C.).

*** Dr. Ing. J.M. Bergadà Grañó, Profesor Titular de Escuela Universitaria en el Departamento de Mecánica de Fluidos en la E.T.S.E.I.T. (U.P.C.).

**** Dr. Ing. Llibert Coll Tortosa, Profesor Titular de Universidad jubilado.

de una forma significativa en el futuro. Por el contrario, en el caso de la hilatura neumática (VS), el responsable de la torsión son las corrientes de aire en forma de vórtice generado por unas toberas. Estas corrientes de aire no tienen las limitaciones físicas de los sólidos, pues se alcanzan velocidades de flujo prácticamente sónicas, por lo tanto este tipo de hilatura ofrece amplias posibilidades. En la figura 1 se comparan los distintos sistemas de hilatura empleando los parámetros habituales para cuantificar el proceso.

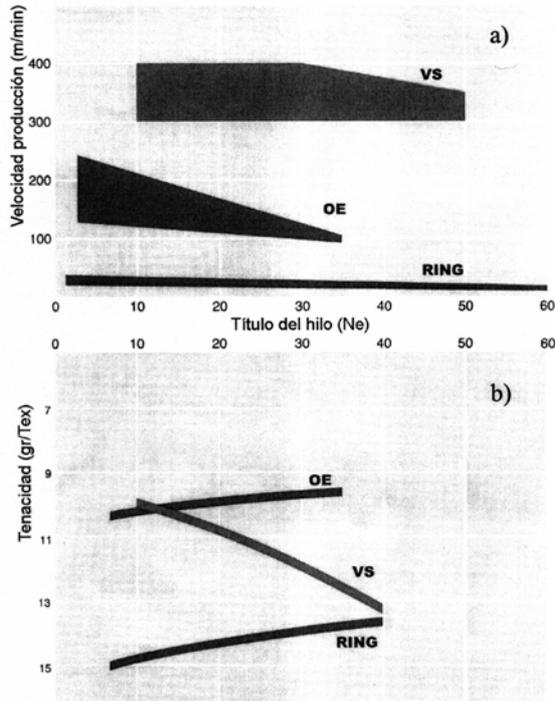


FIGURA 1: Comparación entre distintos sistemas de hilatura empleando los parámetros a) velocidad de producción, b) tenacidad y el título del hilo

2. JUSTIFICACIÓN

Queda patente que una nueva forma de aumentar la productividad de los sistemas actuales de hilatura será el perfeccionamiento de los sistemas de hilatura neumática conocidos. El presente trabajo ha consistido en la modelización del flujo en distintas toberas mediante un programa basado en volúmenes finitos y en la contrastación de la misma con los datos obtenidos en puntos de interés en el interior de las toberas empleando anemometría láser.

3. MODELIZACIÓN: CARACTERÍSTICAS Y COMENTARIOS

Para el estudio teórico realizado en el proyecto, se han utilizado los programas de ordenador Fluent versión 6.1 (CFD), para lo referido al cálculo y preparación de resultados, y Gambit 2.1.6 para el diseño y mallado de las toberas.

El cálculo computacional se ha realizado en su mayor parte en colaboración con el "Centre de Supercomputació de Catalunya" (CESCA), utilizando computadores de altas prestaciones, en concreto se ha utilizado un computador Hewlett-Packard modelo AlphaServer GS1280 con las siguientes características básicas: 16 procesadores 21364 EV7 (1.150 MHz, 64 KB/1,75 MB), 32 GB de memoria principal, 655 GB en disco, rendimiento punta de 36,80 Gflop/s y máximo de 31,28 Gflop/s.

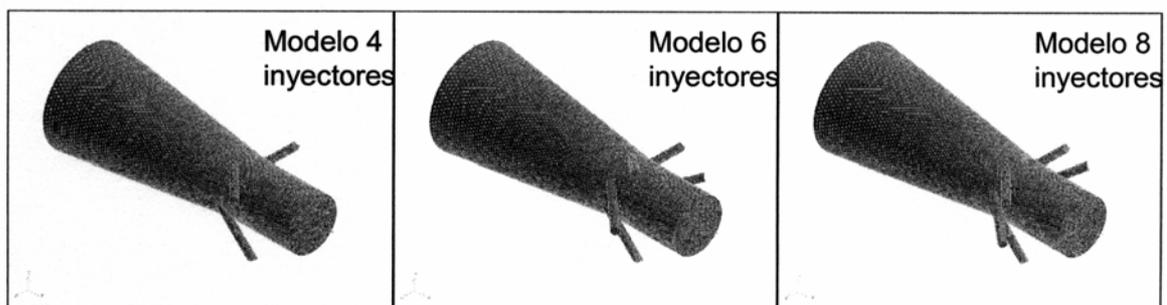


FIGURA 2: Modelos de inyectores cilíndricos y cámara de expansión. Cada mallado cuenta con alrededor de 600.000 volúmenes finitos y necesita de un 1Gb de memoria por cada 1.000.000 de elementos de volumen, para poder funcionar correctamente

En la figura 2 se han reunido a modo de empleo tres modelos de inyectores cilíndricos y cámara de expansión que han sido diseñados y estudiados.

- a) creación de 3D de las piezas a ser modeladas según los planos en 2D
- b) sustracción de las piezas a un volumen que las contenga, obteniendo así el volumen interior o volumen de fluido

- c) mallado de las caras que resultan de la operación anterior
- d) mallado automático del volumen a partir de las caras malladas
- e) establecimiento de las condiciones límite del modelo ("boundary conditions")

Los resultados obtenidos comprenden velocidades axiales, presiones dinámica y estática y número de mach en diferentes secciones del modelo. En la figura 3 se muestra un ejemplo.

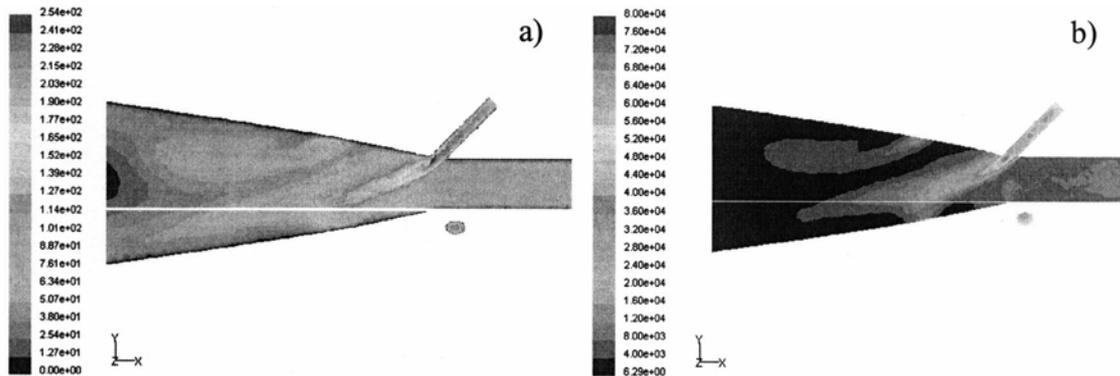


FIGURA 3: Representación de velocidad axial (a) y de la variación de presión dinámica (b) en la sección longitudinal de una tobera de 4 inyectores y alimentación de 2 bar

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tomando como base la figura 4, que representa una sección longitudinal de la tobera incluyendo los perfiles de las velocidades y de las

presiones más significativas para explicar su comportamiento. Estas magnitudes han sido caracterizadas en la tabla 1.

TABLA 1
 Magnitudes significativas para la caracterización de las toberas

Magnitud	Denominación	Valoración	Figura
V_{XA}	Velocidad axial media de entrada	Valora la capacidad de succión de la tobera	V_{XA} media en función de la presión P_0 . Fig. 5.A)
V_{rB}	Velocidad tangencial del vórtice	Valora rotación del flujo capaz de torsionar el hilo	V_{rB} en función del radio; se compara con datos experimentales. Fig. 5.B)
V	Velocidad de salida del inyector	Responsable de la generación del vórtice	V/V_{max} en función de P_0 . Fig. 5.C)
P_{XB}	Presión en la sección B	Valora la capacidad de succión de la tobera	Empleando el valor mínimo de P_{XB} en función de P_0 ; se comparan 4 toberas. Fig. 5.D)
P_0	Presión de alimentación en los inyectores	Presión responsable del flujo a través de la tobera	Se emplea en la representación de las magnitudes anteriores

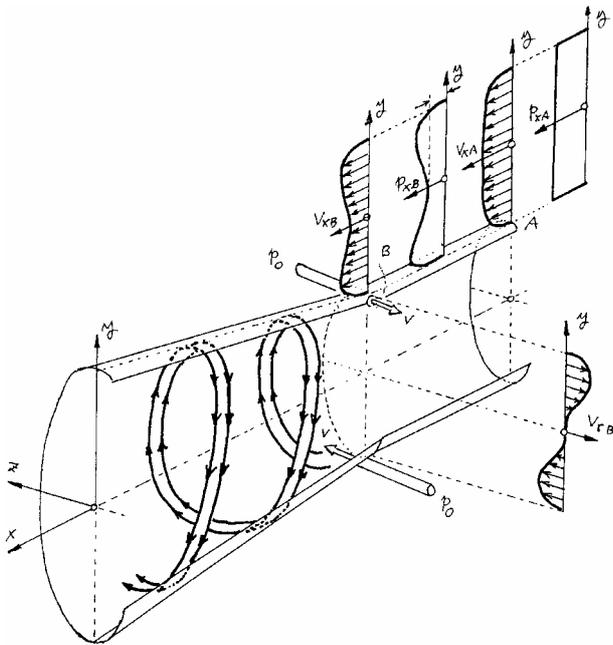


FIGURA 4: Representación de una sección longitudinal de la tobera y los diferentes parámetros significativos.

En la entrada de la tobera (A) se tiene la presión atmosférica (P_{xA}) y la componente de la velocidad axial solamente, pues no existe giro y tampoco componente tangencial de velocidad.

En el punto (B) se hallan los inyectores en número de 4, 6 y 8 según el tipo de tobera. Aquí se genera el giro de las partículas de aire, por lo cual aparece la velocidad tangencial (V_{rB}) y una depresión (P_{xB}). La velocidad V_{rB} es la responsable de la torsión de las fibras y la depresión P_{xB} es la que permite la aspiración de aire con la velocidad V_{xA} desde A hacia B, que transportará las fibras hasta el lugar de torsión que se inicia en la sección B y continúa aguas abajo. La valoración de estos efectos se efectúa mediante las magnitudes reunidas en la tabla 1; su variación puede verse en la figura 5.

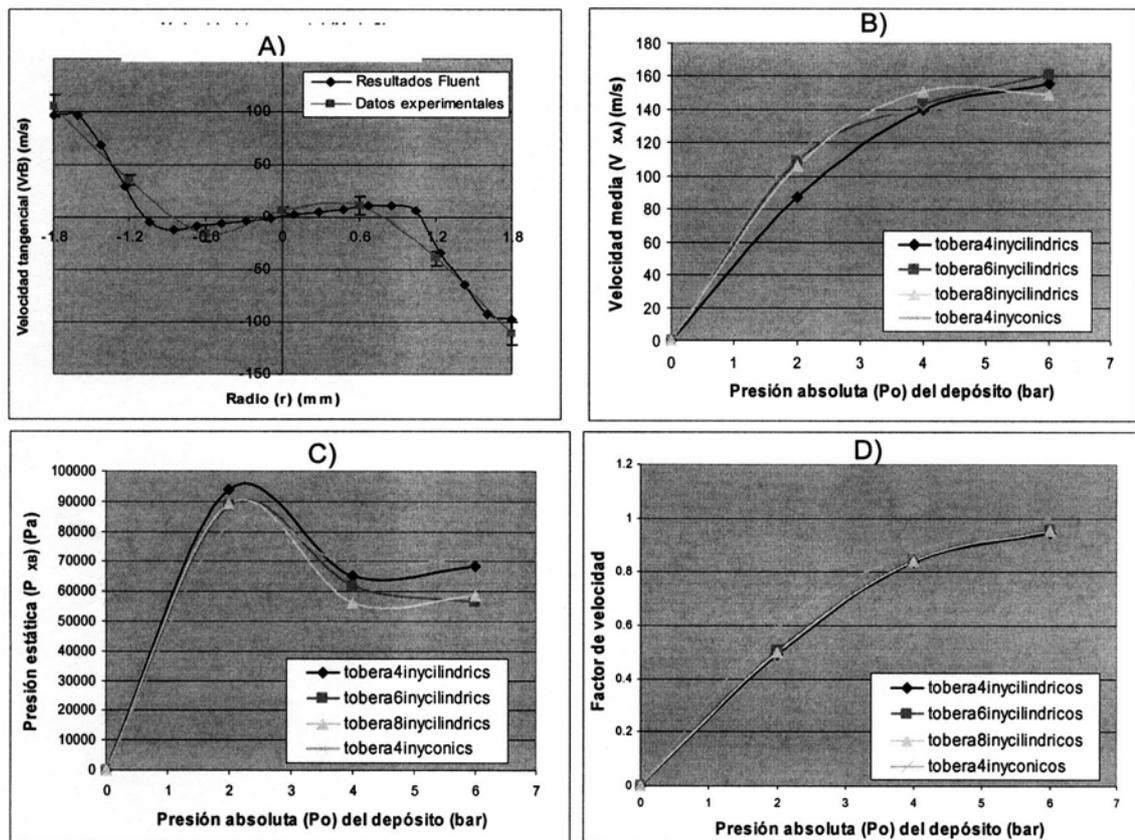


FIGURA 5: A) Perfil de velocidad tangencial (V_{rB}) en función del radio (r) para una presión P_0 de 2bar en la sección B de salida de los inyectores. B) Velocidad axial media (V_{xA}) en la entrada de la tobera en función de la presión (P_0) para cuatro modelos de tobera. D) Factor de velocidad (V/V_{max}) en los inyectores en función de la presión P_0 absoluta del depósito.

Los inyectores son los elementos responsables de la generación del giro de la masa de aire y de su transporte a través de la tobera. Los parámetros de este componente son la presión de alimentación (P_0) y la velocidad de salida (V), cuyas características están asimismo explicadas en la tabla 1. Esta información permite comparar las distintas toberas diseñadas en el Laboratorio de Sistemas y Procesos Textiles-Mecánicos.

La velocidad tangencial V_{TB} se midió empleando un anemómetro láser en una tobera prototipo a escala 1:1 y además se simuló su comportamiento mediante un programa CFD. Se observa una correlación aceptable entre datos experimentales y resultados de cálculo para V_{TB} , ver figura 5.A).

5. CONCLUSIONES

5.1. En la Figura 5.A) de velocidades medias (V_{XA}) en la sección de entrada del hilo se observa como las toberas de 4 y 6 inyectores permiten una velocidad de succión de fibras mayor y por tanto un mayor caudal de entrada, válido si se quiere un incremento en la producción, siendo la tobera de 6 inyectores más válida para presiones menores, comparándose con la de 8 inyectores y la de inyectores cónicos.

5.2. Es por ello que desde el punto de vista de la succión a la entrada del hilo la tobera óptima sería la de 6 inyectores cilíndricos trabajando a 6 bares. Es también notoria la disminución en las toberas de 8 inyectores y cónicas la succión en función de la presión, cosa que no ocurre en las otras dos, esto se debe a que tienen un mayor porcentaje de perímetro ocupado por las secciones de salida del flujo de los inyectores, siendo esto contraproducente.

5.3. La Figura 5.B) corrobora los resultados de la figura 5.A), pues la tobera de 6 inyectores manifiesta una depresión mínima que corresponde a una capacidad de aspiración máxima.

6. BIBLIOGRAFÍA

1. Zeng, Y.C., Yu C.W. Numerical Simulation of Air Flow in the Nozzle of an Air-Jet Spinning Machine. *Textile Research Journal* (2003), pp. 350-356.
2. Sánchez, J.C., Tornero, J.A. Bergadà, J.M., Coll, L.L. Valencia, E., García M. Análisis teórico-experimental del flujo en una tobera coaxial para hilatura neumática. IV Congreso Iberoamericano de Ingeniería Mecánica. Vol. 3. Universidad de Santiago de Chile (1999).
3. Gauchet, N., Girasole T., Ren K.F., Gréhan G. And Gouesbet G. Application of generalised Lorenz-Mie theory for cylinders to cylindrical particle characterization by phase-Doppler anemometry. *Optical Diagnostics in Engineering Vol. 2* (1) pp. 1-6. (1977).
4. Parchen R.R., Steenbergen W., An experimental and Numerical study of turbulent swirling pipe flows. *Journal of Fluids Engineering Vol. 120* pp. 54-61.

7. AGRADECIMIENTOS

Comisión Europea financiación (Ref.: GDRI-2000-25564). MCYT financiación (Ref.: DPI2001-5160-E), a los socios del proyecto TOPSPIN y a los colaboradores Francesc Cano, M.C. Doménech, Julio T. Fernández, José Fresno y Eduard Puyol.