

Eco-efficient dry wool scouring with total by-products recovery

PONENCIA DEL 41º SIMPOSIUM DE LA AEQCT



WDS
Eco-Efficient Dry Wool Scouring With
Total By-Products Recovery



Sergi Iglesias¹, Meritxell Martí²

¹ RMT. S.A., Santa Eulàlia de Ronçana, ESPAÑA

² IQAC-CSIC, Barcelona, ESPAÑA

e-mail: Sergi.Iglesias, sergi@rmtsa.es



Resumen

A lo largo de los últimos tres años las empresas RMT y TAVARES, conjuntamente con los centros de investigación LEITAT y IQAC-CSIC han desarrollado el proyecto LIFE Eco-efficient dry wool scouring with total by-products recovery (WDS) donde se propone una nueva tecnología para el lavado de lana con total recuperación de sub-productos.

El proceso de WDS se ha centrado en maximizar el valor de la lana limpia, así como en separar y recuperar cada componente de la lana como subproducto (grasa de lana como lanolina y el polvo y la suciedad como fertilizantes) usando un disolvente, hexano. En comparación con el desengrasado acuoso convencional, el lavado con solvente permite una reducción sustancial en la cantidad de la carga contaminante de los efluentes generados y a la vez recuperar subproductos. De este modo se reducen los tratamientos de aguas residuales obteniéndose una mejora del impacto ambiental del sector.

Palabras clave: lavado de lana, disolventes, lanolina y polvo de lana.

Abstract:

Over the last three years the companies RMT and TAVARES, in conjunction with the research centers LEITAT and IQAC-CSIC have developed the LIFE project Eco-efficient dry wool scouring with all by-products recovery (WDS) which proposes a new technology for washing wool with a full recovery of by-products. The WDS process has been focused on maximising the value of clean wool. Moreover, the WDS process separates and recovers each component of wool as by-products (wool grease as lanolin and suint and dirt as fertilizers). In comparison to conventional aqueous scouring, when using hexane as solvent, there is a reduction in the amount of contaminant load of the generated waste effluents while recovering by-products. Thus the complex and expensive conventional waste treatments and waste disposal are clearly reduced.

Key words: wool scouring, solvents, lanoline, wool dust.

Introducción

El lavado de lana tradicional genera grandes cantidades de aguas residuales con alta carga contaminante, y unos costes de tratamiento de efluentes muy elevados, los cuales además no son del todo eficientes. Los efluentes tratados son todavía un problema debido a la generación de lodos con grasa y tierras procedentes de la lana lavada.

Actualmente en Europa quedan muy pocos lavaderos de lana, éstos han ido cerrando progresivamente ya que no eran competitivos debido a los altos costes de tratamiento que requieren estas aguas para cumplir con los límites de vertido que exigen los controles ambientales. Así la lana necesita ser exportada en bruto hacia la China, la India, Vietnam, países que tienen legislaciones ambientales menos restrictivas.

Este proyecto surge de poner a la práctica la idea novedosa “La lana desengrasada con solvente y posteriormente secada, libera el material no-fibroso en forma de polvo fino”. Así la mayor parte de la lanolina se extraería con disolvente, separándose posteriormente la suitina y la suciedad por acción mecánica. El enjuague final de esta lana originaría unas aguas residuales mucho más limpias.

Así, el proyecto de lavado de lana con solventes con la total recuperación de subproductos (Fig. 1) tiene los siguientes objetivos:

- Obtener lana limpia de buena calidad
- Maximizar el valor y cantidad de los subproductos de la lana, como la fracción soluble en agua (suitina) la fracción soluble en solvente (grasa de lana/lanolina), tierras y materia vegetal (suciedad).
- Reducir el consumo de agua y el consumo energético en comparación con el proceso acuoso.

Pruebas de laboratorio

Al inicio del proyecto se realizaron una serie de pruebas a escala de laboratorio, primero trabajando con erlenmeyer para escoger que disolvente podía ir mejor. Se probó hexano, metanol, acetona e isopropanol, y después se optimizó el método usando un sistema cerrado tipo batch con presión de émbolo para simular el escurrido. A partir de aquí se estudió el posible uso de una bolsa de polipropileno para ayudar a la retención del polvo junto con la lana, con el objetivo que el polvo no permaneciera en el disolvente recuperado, lo cual dificulta el proceso de destilación. Se estudió también si acidificando los disolventes se observaban mejoras en el desengrasado de la lana y su posterior espolvoreado y, también se estudiaron mezclas de disolventes.

Finalmente, se seleccionó el hexano como disolvente óptimo por el hecho de ser apolar y tener un punto de ebullición alto, y ofrecer buena calidad en la lana obtenida. La temperatura de extracción óptima a nivel de laboratorio fue 50°C, temperatura que favorece la extracción de grasa.

Se detectaron dos puntos críticos en el proceso, etapas que requerirían de un trabajo más a fondo a escala de planta piloto:

- Extracción sólido-líquido (estancamiento del tren de lavado de lana, presencia de un elevado contenido de finos en el extracto graso no filtrables)
- Recuperación del disolvente embebido en la lana

Diseño y construcción de la planta piloto WDS

Ante los puntos críticos identificados, fase de extracción y fase de secado, se plantea un prototipo centrando la experimentación piloto en las siguientes etapas clave: el lavado con disolvente, la recuperación de la grasa y los subproductos de la lana y, el secado



Figura 1. Concepto del proceso WDS

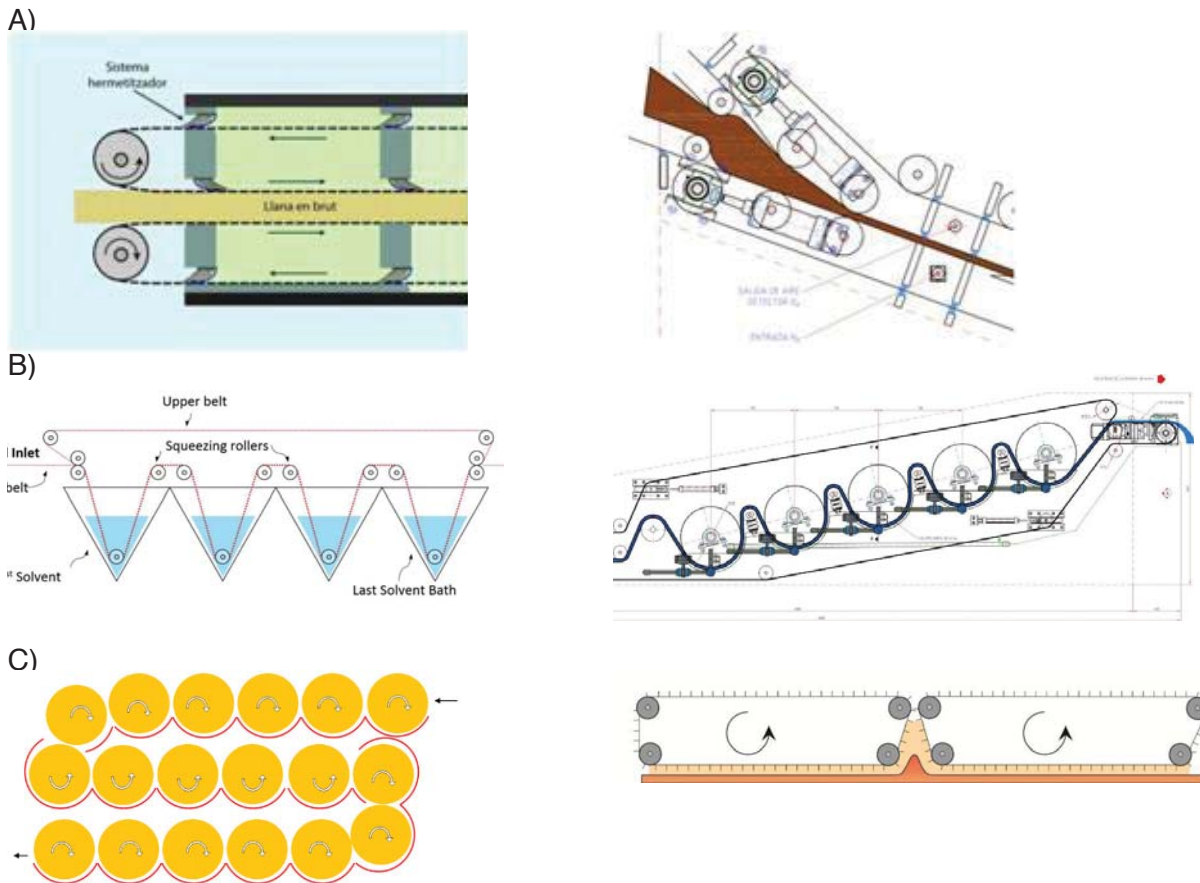


Figura 2. Diseños de prototipos WDS para el lavado en continuo de lana con solventes. (A) sistema de alimentación, (B) proceso de extracción, (C) sistema de secado

de la fibra recuperando el disolvente, variables que difícilmente se pueden valorar con los dispositivos de laboratorio.

Inicialmente, el prototipo planteado en el proyecto contemplaba un diseño de proceso de lavado de lana continuo. Así, se estudiaron distintos diseños industriales que permitieran garantizar la alimentación de lana en el sistema de forma estanca y también distintos diseños industriales para garantizar un proceso de extracción confinado que evitase la emisión de solventes en la atmósfera (Figura 2).

Para simular previamente el proceso en continuo se usó un foulard y baños de hexano, llegando a las siguientes conclusiones:

El proceso continuo debe ser perfectamente estanco para garantizar que no se generen emisiones de hexano por evaporación durante el proceso productivo de lavado de lana. Hay que garantizar la estanqueidad de todas las unidades de proceso, ya que se podrían generar atmósferas inflamables.

El proceso de desengrasado por inmersión de la lana en baños de hexano presenta un problema de arrastre de sólidos que decantan en el baño de disolvente. Los sólidos decantados en el baño de hexano que contiene la lanolina disuelta, se recuperaron

mediante destilación junto con una parte de la grasa. La aplicación de filtros para confinar la lana no ofreció resultados apreciables en la retención de sólidos durante el proceso de desengrasado con hexano, de manera que no parecía la solución óptima para resolver este problema.

Por lo tanto se desestimó la construcción de un proceso en continuo y se diseñó un prototipo con un funcionamiento en discontinuo (batch).

Inicialmente se construyó un prototipo con capacidad para 1Kg de lana en bruto (Figura 3) utilizando un pistón hidráulico como sistema de escurrido para validar el proceso de lavado de lana en un proceso discontinuo secuencial a pequeña escala. El hecho de trabajar con un reactor de presión con tapa permite obtener estaqueidad en el reactor. Se validó que no había pérdidas de vapores de disolvente destacables.

A su vez, el hecho de trabajar en un depósito de presión estanco, permite la introducción de vapor de agua para aportar calor al sistema y mejorar la evaporación del disolvente embebido en la lana escurrida. También facilita la aplicación de vacío para eliminar la presencia de aire dentro del depósito de presión

(reducción del riesgo de inflamación) y captar de manera eficiente los vapores de disolvente, que mediante una condensación posterior (circuito de refrigeración), permiten la recuperación del disolvente y su reutilización en los baños de desengrasado.



Figura 3. Prototipo inicial de 1 Kg construido en RMT S.A.

Durante las pruebas con el prototipo inicial de 1 Kg se observó que el extracto de disolvente con grasa contenía todavía una gran cantidad de finos, por lo que quedaba un punto sin solucionar.

Para ello se diseñó un equipo de laboratorio llamado “One-Pot” que aplicaba el concepto de una jeringuilla que contenía la lana con filtros y difusores (Figura 4).



Figura 4. One-pot

Este tipo de reactor además de posibilitar el escurrido de la lana durante el proceso de desengrasado, proporcionaba un flujo de

pistón con recirculación de disolvente por el interior del paquete de lana. Los resultados obtenidos mostraban una importante mejora en cuanto a retención de sólidos, pero no total.

Para mejorar los resultados obtenidos en el prototipo inicial, se re-diseña el reactor implementando los principios del One-pot dando lugar a las siguientes modificaciones en la planta piloto:

- Incremento de la capacidad de producción. Diseño y construcción del nuevo reactor de pistón (Figura 5), 10 veces mayor, para desengrasar 10 kg de lana por carga.
- Modificaciones en el diseño interior para mejorar el comportamiento hidráulico y favorecer la eliminación del disolvente embebido en la lana. Se incorpora más instrumentación para el control de presión y temperatura.
- Incremento del rendimiento de extracción de grasa de lana. Aumento del número de etapas de desengrasado pasando de 3 a 6 baños en la planta piloto. Con 6 baños de disolvente se estima que el porcentaje de grasa residual en la lana desengrasada estará por debajo del 1%.
- Modificación de la instalación de tuberías permitiendo el desengrasado mediante la recirculación de disolvente a través del paquete de lana compactado dentro del reactor. Implementación de una bomba de alto caudal (hasta 2.400 l/h) para el funcionamiento hidráulico del reactor, que permite una alta circulación de disolvente extractante por el interior del paquete de lana sin problemas de sobrepresión (Figura 5).
- Mejora en la estanqueidad de toda la planta, optimización del proceso, minimización del disolvente embebido en la lana desengrasada.



Figura 5. Foto de la planta piloto (10 Kg de lana en bruto).

Para finalizar el lavado de la lana una vez desengrasada mediante el proceso WDS se seca, espolvorea y se le realiza un enjuague acuoso (Figura 6).



Figura 6. Espolvoreado de la lana desengrasa en la planta piloto WDS

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En cada etapa del proyecto la lana desengrasada y lavada, junto con los subproductos obtenidos (grasa y polvo de lana) se caracterizaron para poder comparar los avances y mejoras obtenidos.

Una vez construida la planta piloto se validó el proceso en su totalidad; se determinó analíticamente la calidad de la lana y de los subproductos obtenidos, grasa y polvo. Y para finalizar los ensayos, la lana desengrasada y espolvoreada obtenida en dicha planta se trasladó a las instalaciones de TAVARES en Portugal para llevar a cabo el enjuague acuoso y poder comparar experimentalmente la reducción de contaminación de las aguas residuales obtenida con el proceso WDS.

del enjuague con menor cantidad de grasa 0,64% que la lana lavada en lavado acuoso tradicional, 1,15%.

La reducción de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) de las aguas de lavado acuoso disminuye un 76% respecto al las aguas residuales del lavado tradicional. La recuperación de polvo de lana con el proceso WDS es del 23%, mientras que en el lavado tradicional sólo se recupera un 2%. La lana obtenida mantiene grados de blanco parecidos o mejores que en el lavado tradicional acuoso.

Ambas muestras de lana lavadas en TAVARES (MERINO original y MERINO WDS) fueron procesadas en la línea industrial de peinado de lana, con los siguientes procesos: abertura, cardado, preparación para el peinado y peinado. Del

Comparativa Industrial		
Lana de esquila: Merino Español tipo II		
	Lavado acuoso tradicional	WDS + Lavado acuoso
Grasa de Lana inicial (%spf)	14,4%	
Grasa recuperada (% spf)	4,5%	11,9%
Post- tratamiento		Secado a 60 °C y espolvoreado
% Reducción DQO vs lavado acuoso	-	76,4%
% spf Grasa residual en Lana lavada	1,15%	0,64%
% spf Polvo de lana sobre peso inicial	1,81%	23,6%
Grado de blanco en Lana lavada	53,74	54,02

Figura 7. Resultados obtenidos en el desengrasado WDS con enjuague acuoso final vs al lavado acuoso tradicional.

En la tabla de la Figura 7 se muestran los resultados obtenidos. El procesos WDS recupera casi la totalidad de la grasa de la lana (lanolina) 12% del 14% inicial mientras que el lavado tradicional se recupera solamente el 4,5%, quedando además la lana después

proceso de peinado se obtuvieron dos productos, peinado de lana y puncha. Se observa que en los ensayos de peinado, la lana WDS y la lana original lavada presentan un diámetro y una longitud de fibra comparables, ligeramente más fina la lana

Prueba	Fibre Ø Micrones		Hauteur (H) mm	Barbe (B) mm	5 % Higher Length mm	1 % Higher Length mm
	Airflow	Laser Scan				
Lavado acuoso tradicional	23,3	22,6	44,0	53,4	75,5	90,2
WDS + Lavado acuoso	22,6	22,9	42,6	53,4	87,0	102,3

Figura 8. Resultados obtenidos en el peinado durante la comparativa industrial.

peinada WDS (diámetro de fibra ligeramente inferior) (Tabla de la Figura 8).

En la Figura 9 se muestra el porcentaje y la composición de las lanolinas obtenidas mediante el proceso WDS y el lavado acuoso convencional.

Como ya se ha mencionado, el sistema WDS extrae y recupera casi la totalidad de la grasa de la lana, 99% (de la grasa total de la fibra), mientras que el lavado convencional sólo se recupera el 31% de la grasa. Así el sistema WDS recupera una proporción mayor de todos los componentes de la grasa. El lavado acuoso tradicional tiene una menor recuperación de grasa y mucha menor cantidad de lípidos polares debido a que estos deben quedar retenidos en el agua residual del lavado acuoso tradicional.

En referencia al uso de polvo de lana como fertilizante, cabe resaltar que para elaborar productos fertilizantes de los grupos 2 (Real Decreto 506/2013), el polvo de lana es una materia orgánica biodegradable que está formado básicamente por fibras de lana (queratina) y restos vegetales, y que tiene potencial como materia prima para formular fertilizante, cumpliendo con todos los límites de concentración de metales.

Respecto al consumo de disolvente se ha determinado experimentalmente pérdidas de disolvente durante el proceso de desengrasado, destilación y recuperación de grasa próximas al 3%. Teniendo en cuenta las condiciones de operación en las que se ha desarrollado el trabajo experimental en planta piloto y las mejoras aplicables en distintas partes del proceso y de la planta a escala industrial, se estima que la pérdida de disolvente será inferior al 1% en peso respecto el peso de lana en bruto a desengrasar.

Los resultados experimentales obtenidos en planta piloto indican la viabilidad técnica y económica del proyecto. El proceso ha sido patentado recientemente, con lo cual el siguiente paso para el desarrollo del proceso a escala industrial debería ser la implantación a escala semi-industrial (100-400kg/h) para validar su funcionamiento a mayor escala y automatizar las distintas operaciones básicas del proceso.

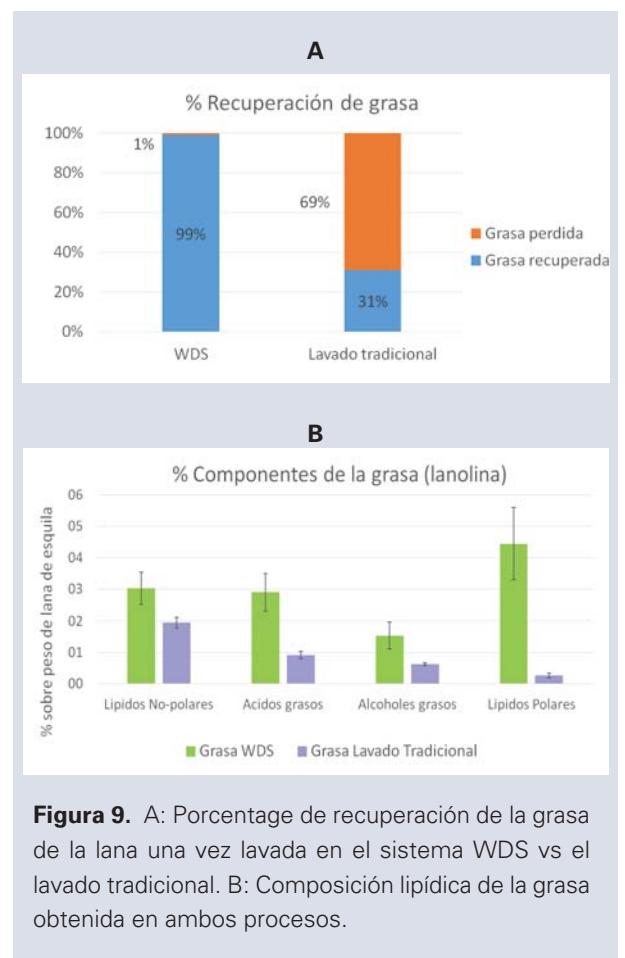


Figura 9. A: Porcentaje de recuperación de la grasa de la lana una vez lavada en el sistema WDS vs el lavado tradicional. B: Composición lipídica de la grasa obtenida en ambos procesos.

Agradecimientos

Este proyecto se ha desarrollado con la contribución del instrumento financiero LIFE de la Unión Europea. LIFE+ 11 ENV/ES/588.