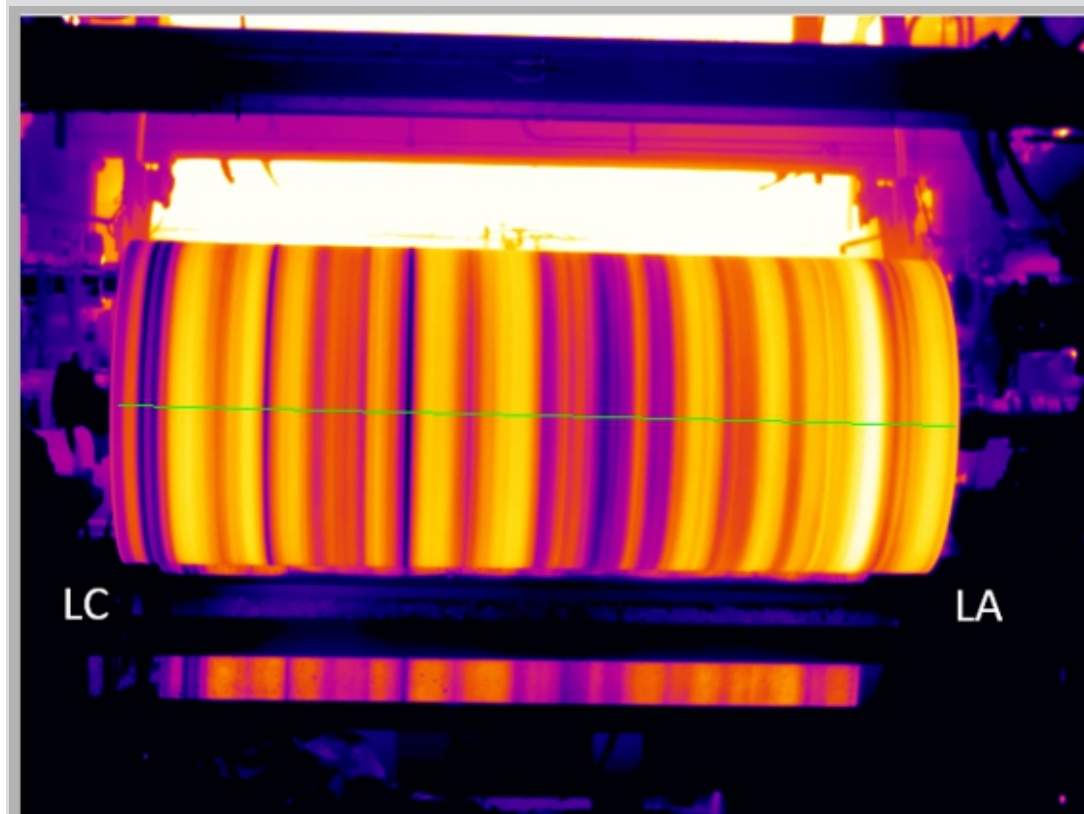


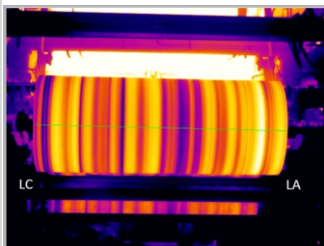


Aplicación del análisis termográfico  
en el estudio de la variación de  
humedad en papel tisú



**Luciano Donato**  
Gerente de Marketing,  
Ventas y Servicios Técnicos  
Albany International  
Indaial - SC - Brasil

## momento técnico



**Capa**  
Papel en el enrollador

3

### Artículo:

Aplicación del análisis termográfico en el estudio de la variación de humedad en papel tisú

15

### Artículo:

La influencia de la construcción del fieltro en el rendimiento del prensado

### Estimados lectores:

En 2025, Albany International celebra 130 años de trayectoria global y 50 años de sólida presencia en Brasil. Con mucho orgullo, reafirmamos nuestro compromiso como proveedor líder de vestimentas para máquinas de papel y celulosa, contribuyendo al desarrollo tecnológico y sostenible de la industria papelera.

A lo largo de estas décadas, hemos construido alianzas duraderas con clientes y colaboradores, impulsando la innovación y la excelencia operativa. Nuestro crecimiento en América del Sur refleja la confianza del mercado y el talento de las personas que forman parte de este recorrido.

En esta edición, destacamos dos artículos técnicos de gran relevancia: Aplicación del análisis termográfico en el estudio de la variación de humedad en el papel tisú, que permite diagnósticos precisos y mejoras en el rendimiento de las máquinas; y La influencia de la construcción del fieltro en el desempeño del prensado, un tema esencial para la eficiencia y la calidad del proceso productivo de nuestros clientes.

Estos estudios refuerzan nuestro compromiso con la ingeniería de servicios y la aplicación de alta tecnología en la búsqueda continua de soluciones que agreguen valor. Celebramos el pasado con gratitud y miramos hacia el futuro con entusiasmo, seguros de que las personas son el mayor activo de Albany.

**Luciano Donato**





## Aplicación del análisis termográfico en el estudio de la variación de humedad en papel tisú

### Introducción

Con el objetivo de estudiar la influencia de los elementos de remoción de agua (formación/prensado/secado) en la calidad de la hoja de papel en la enrolladora, utilizaremos básicamente dos herramientas, una de ellas es la imagen térmica (análisis termográfico a través de infrarrojos) que define el perfil transversal de temperatura y registra la variación longitudinal de temperatura; La otra será una herramienta matemática basada en la “Transformada Rápida de Fourier” o “FFT” (Fast Fourier Transform) para el estudio longitudinal de la variación de la temperatura.

### Método

Como el aumento de la temperatura de la hoja es inversamente proporcional a la masa de agua remanente, la humedad relativa se correlaciona con esta temperatura. Por lo tanto, las regiones más frías contienen una mayor masa de agua y las regiones más cálidas contienen una menor masa de agua. De esta manera correlacionamos la imagen térmica con el contenido de humedad de la hoja, así como sus variaciones.

Respecto a las variaciones de temperatura en la superficie del Yankee, consideramos que temperaturas más altas sugieren una mayor transferencia de calor del vapor interno a la superficie externa y temperaturas más bajas sugieren una menor transferencia de calor. Si asumimos que el espesor de la camisa es uniforme, la variación de temperatura en la superficie externa del Yankee es el resultado de una variación en el espesor del anillo de condensado en la cara interna.

### Radiación Infrarroja

La radiación infrarroja fue descubierta en 1800 por William Herschel, un astrónomo inglés de origen alemán. Herschel colocó un termómetro de mercurio en el espectro obtenido por un prisma de cristal para medir el calor emitido por cada color. Descubrió que el calor era más fuerte en el lado rojo del espectro, y observó que allí no había luz. Este fue el primer experimento que demostró que el calor puede capturarse en forma de imagen, como es el caso de la luz visible.

El infrarrojo es una frecuencia electromagnética natural emitida por todos los materiales, con una intensidad proporcional a su temperatura.

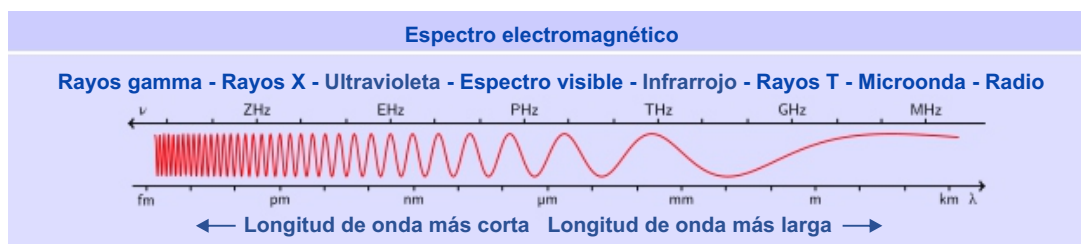


Figura 1: Espectro electromagnético



La “radiación infrarroja” es una radiación no ionizante en la porción “invisible” del espectro electromagnético que está adyacente a las longitudes de onda largas, o extremo rojo del espectro de luz visible.

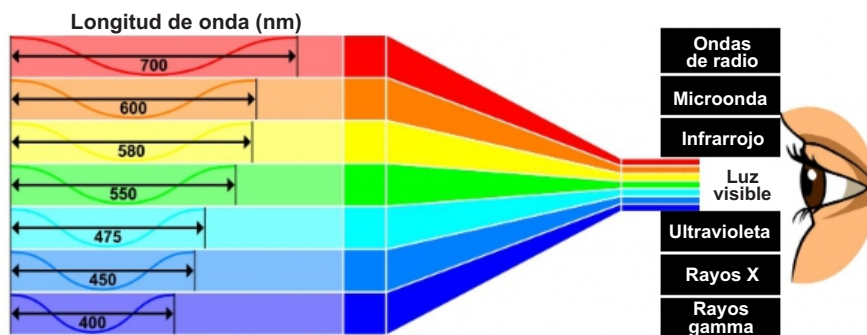


Figura 2: Espectro visible.

La termografía es una técnica para ampliar las imágenes del espectro infrarrojo a la visión humana. Por tanto, la captura de emisiones de frecuencia electromagnética en el rango infrarrojo reproducidas en una pantalla son los termo gramas o imágenes térmicas, que permiten visualizar la distribución del calor en la imagen enfocada.

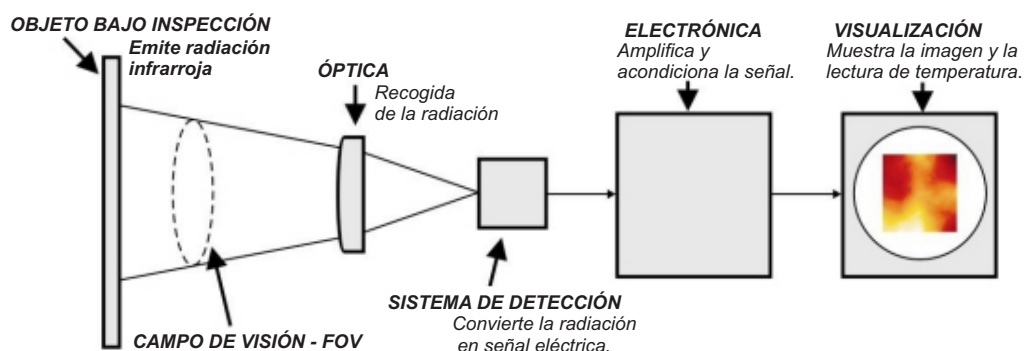


Figura 3: Esquema de cámara infrarroja.

A través de un visor térmico, es extremadamente fácil localizar regiones calientes o frías, a través de la interpretación de termo gramas que proporcionan imágenes, en rangos de temperatura que pueden abarcar desde -40°C hasta 1500°C.

### Transformada Rápida de Fourier

En matemática, ingeniería y audio profesional, la “Transformada Rápida de Fourier” (del inglés “Fast Fourier Transform”, abreviado FFT) es un algoritmo que calcula la “Transformada Discreta de Fourier” (DFT) y su inversa (Teorema Inverso de Fourier), creado por el estadístico estadounidense John Tukey.

La Transformada Discreta de Fourier se obtiene “descomponiendo una secuencia de valores” en componentes de “diferentes frecuencias”. Esta operación es útil en muchos campos, sin embargo calcularla directamente a partir de la definición suele ser demasiado lento para ser práctico. Una “Transformada Rápida de Fourier” es una forma de calcular el mismo resultado más rápidamente.



Algoritmo representativo:

$$F(u) = \frac{1}{N} \sum_{x=0}^{N-1} f(x) W_N^{ux}$$

A continuación, tenemos una representación esquemática de cómo se aplica el algoritmo “FFT” a una secuencia de valores en el dominio del tiempo, separándolos en grupos de diferentes longitudes de onda y sus amplitudes, y traza en un espectro de frecuencia con sus respectivas amplitudes.

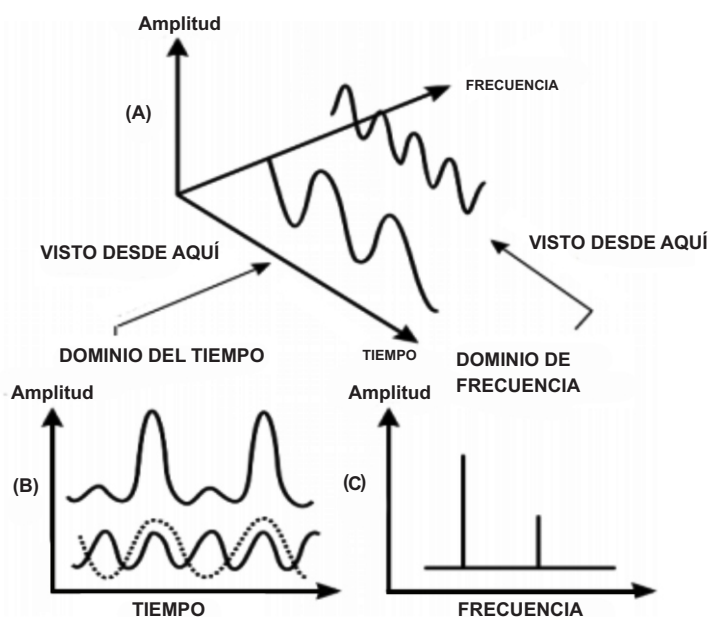


Figura 4: Esquema FFT.

### Aplicación práctica

Con una cámara termográfica podemos filmar el papel en la enrolladora de la máquina y estudiar las variaciones de temperatura transversales y longitudinales y correlacionarlas con los elementos de la máquina.

Inicialmente, una imagen estática de la enrolladora ya permite observar la variación transversal de la temperatura, que, como ya hemos dicho, se correlaciona con la humedad del papel. Sin embargo, esto sólo nos mostraría dónde se encuentran los rangos de humedad y su intensidad, lo que sólo permitiría una correlación de la ubicación de los rangos húmedos con otras imágenes térmicas de los otros elementos de la máquina. No siempre es posible tomar imágenes de la superficie de los elementos de la máquina debido a la falta de espacio físico; exceso de niebla o polvo en el aire circundante. Cualquier material suspendido en el aire entre la cámara y la superficie que se está evaluando afecta la resolución de la imagen y, en consecuencia, los valores de temperatura.

A continuación, tenemos un ejemplo de una imagen del papel en la enrolladora, donde podemos ver las variaciones de color. En la parte inferior de la imagen tenemos una escala de temperaturas correlacionadas con tonos de color, los tonos más oscuros corresponden a temperaturas más bajas, los tonos más claros a temperaturas más altas.

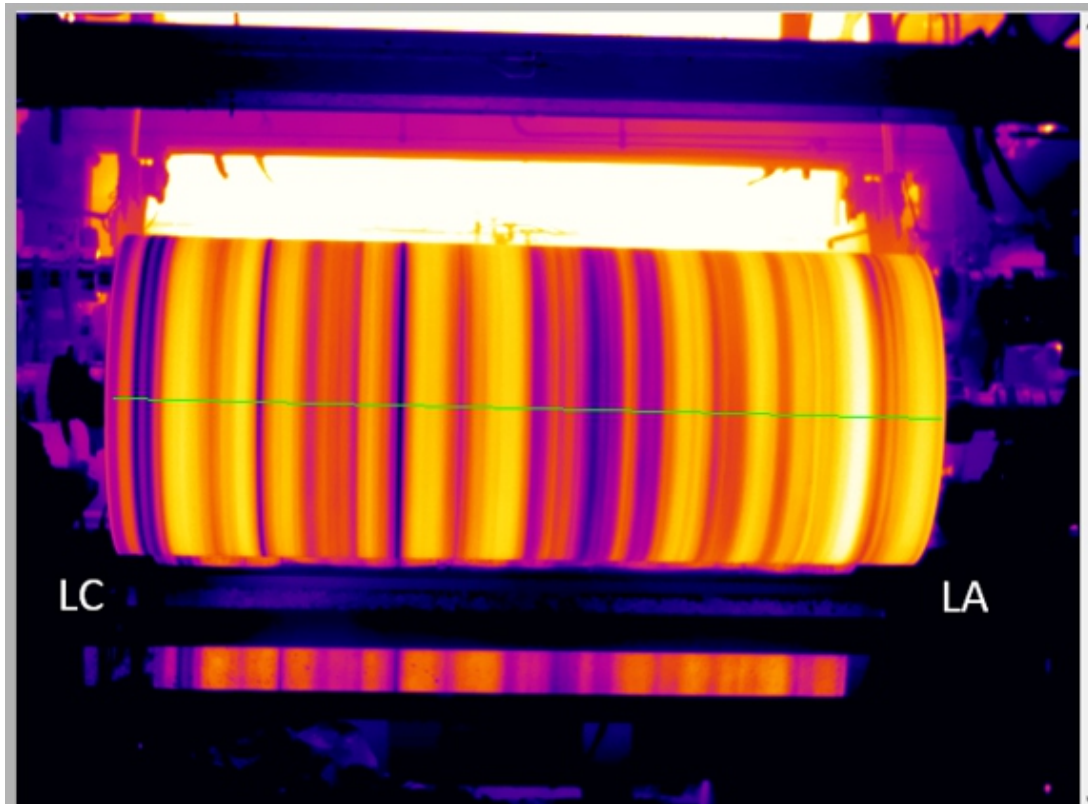


Figura 5: *Papel en el enrollador.*

El primer análisis que se puede hacer en esta imagen es lo significativa que es la variación transversal de la temperatura, ya que la escala de colores es ajustable a cualquier rango de temperatura. Por lo tanto, el análisis cualitativo, que sería visual, no es suficiente para definir si las variaciones son aceptables o no; Para eso, necesitamos evaluar la variación cuantitativa de la temperatura.

Por lo tanto, dibujamos la línea verde en el perfil (Figura 5), que se extiende desde el lado conductor (LC) hasta el lado de accionamiento (LA) de la enrolladora, y la variación de temperatura se traza en un gráfico, como se muestra en la figura 6 a continuación.

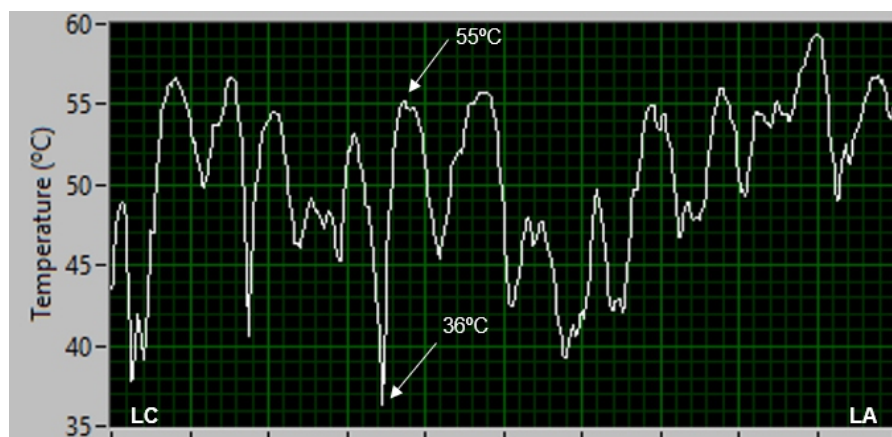


Figura 6: *Perfil transversal de temperatura en el enrollador.*



Con esta información podemos determinar si las variaciones son significativas o no. En la práctica, hemos observado que variaciones de temperatura adyacentes por debajo de  $10^{\circ}\text{C}$  no representan una variación en la humedad de la hoja suficientemente significativa como para causar problemas operativos. En el ejemplo anterior, observamos que esta diferencia entre picos y valles adyacentes alcanza valores muy superiores, llegando a alcanzar los  $19^{\circ}\text{C}$  entre pico y valle. Vale la pena señalar que este valor “aceptable” de  $10^{\circ}\text{C}$  es solo orientativo, ya que cada equipo opera en condiciones de mayor o menor exigencia, lo que cambia ligeramente la posibilidad de convivir con dichas variaciones.

Como hemos dicho antes, en algunas máquinas existe el espacio físico para tomar imágenes de algunos de los elementos que participan en el secado de la hoja, y no hay nada suspendido en el aire, entre la cámara y la superficie en cuestión. En el ejemplo siguiente, tenemos la superficie del Yankee, donde podemos comprobar el perfil de temperatura transversal.

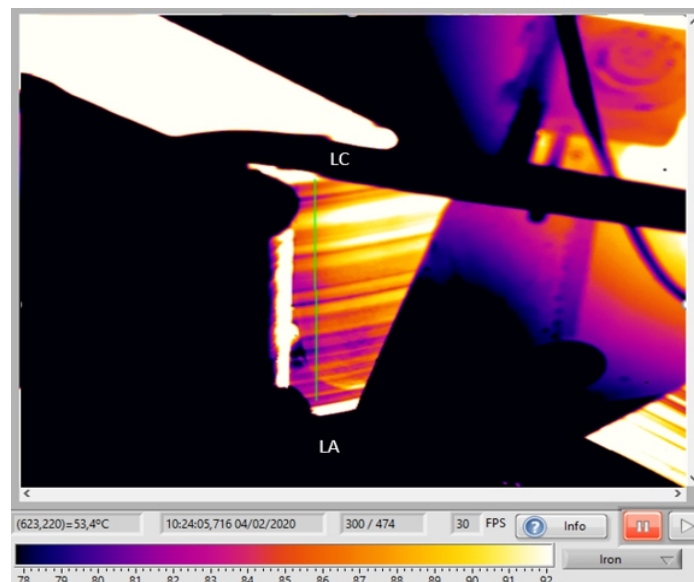


Figura 7: Superficie del Yankee.

De la misma manera que hicimos en el enrollador, al dibujar la línea de LC a LA, podemos generar un gráfico de temperatura, como se muestra a continuación.

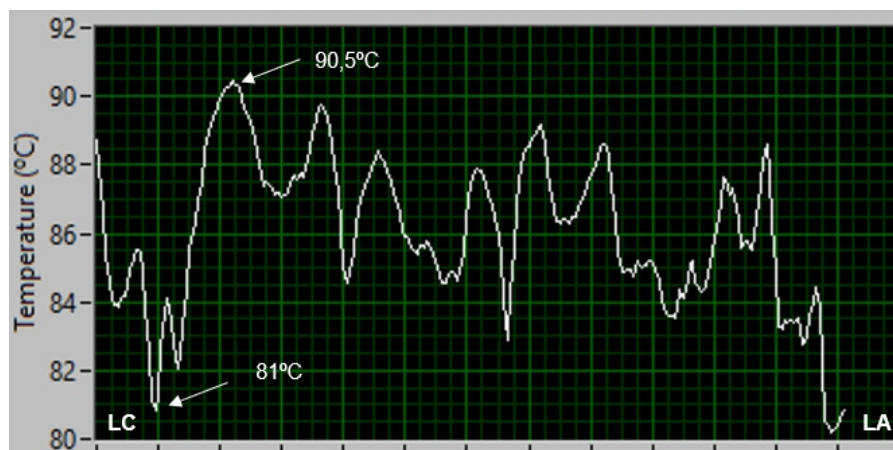


Figura 8: Perfil de temperatura transversal del Yankee.



En este ejemplo podemos ver que hay una variación de casi 10°C, lo que sería tolerable para el papel en el enrollador, pero no para la superficie del Yankee. Normalmente, variaciones adyacentes superiores a 5°C en la superficie del Yankee ya pueden ocasionar problemas operativos en la máquina de papel y/o en conversión.

Como ejemplo de la posibilidad de evaluar imágenes y perfiles transversales de temperatura, es posible verificar la contribución de las vestimentas. A continuación, se muestra una imagen del fieltro entre la sección formación y las prensas.

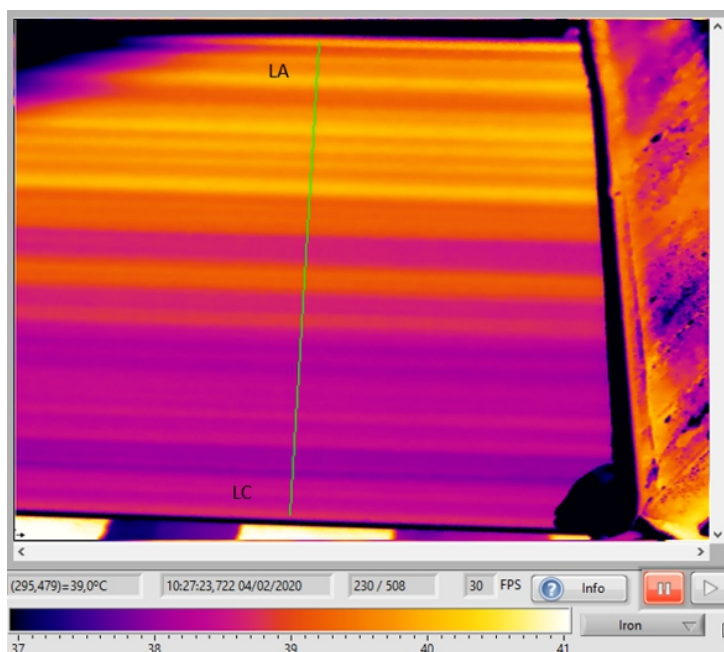


Figura 9: *Fieltro*.

De la misma forma que en las situaciones anteriores, es posible trazar el gráfico del perfil de temperatura transversal relativo a la imagen de arriba. Aquí tendremos menores variaciones de temperatura debido al bajo intercambio térmico, pero sirve para verificar si el comportamiento del perfil se puede correlacionar con el perfil del enrollador.

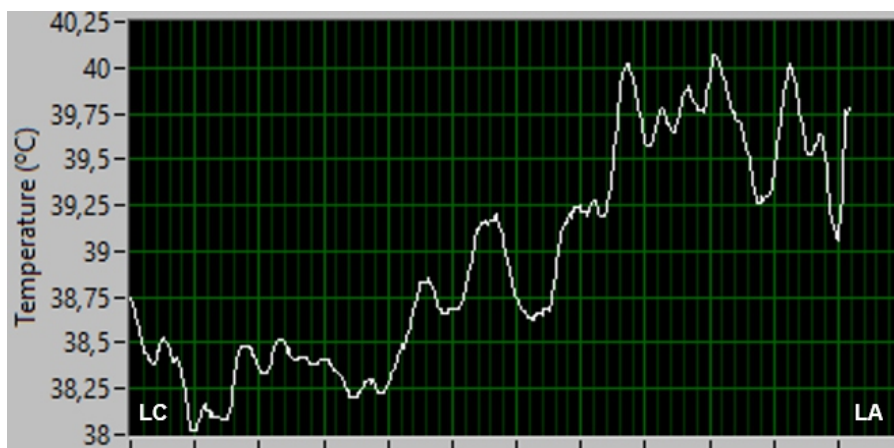


Figura 10: *Perfil de temperatura transversal del fieltro*.



A continuación (Figura 11), un ejemplo de cómo la imagen térmica de la tela formadora nos permite encontrar un punto de interferencia en el perfil de humedad transversal en el borde de la hoja. En esta imagen el cortador de cola ya había sido ajustada a una posición donde era posible evitar roturas en el LA. Nótese que, para evitar la región que provocó roturas en el lado LA, se redujo el formato, dejando el punto más crítico dentro del refile. Es prácticamente imposible observar este suceso a simple vista. En la figura 12 tenemos el perfil de temperatura correspondiente a la imagen térmica.

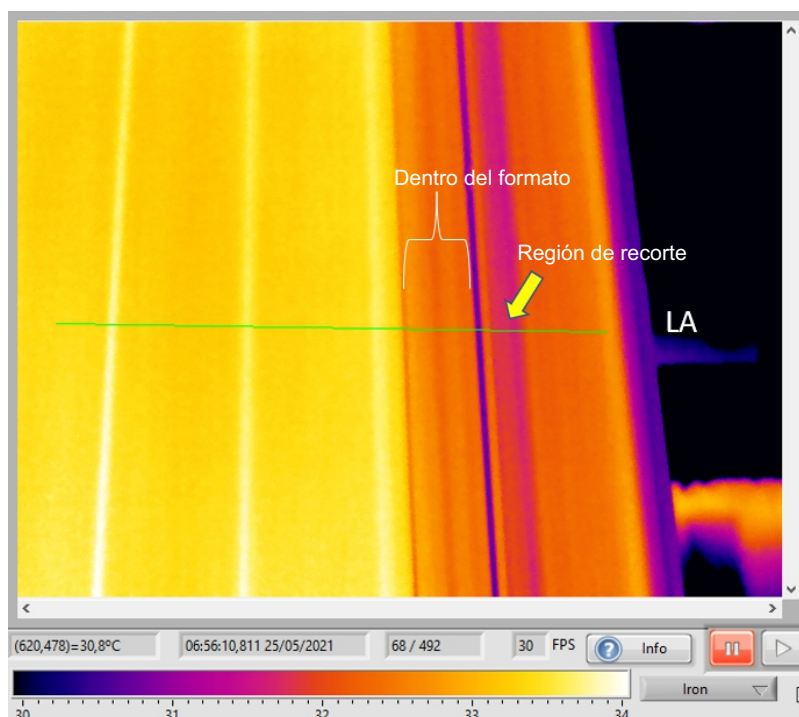


Figura 11: Imagen térmica de la tela (LA)

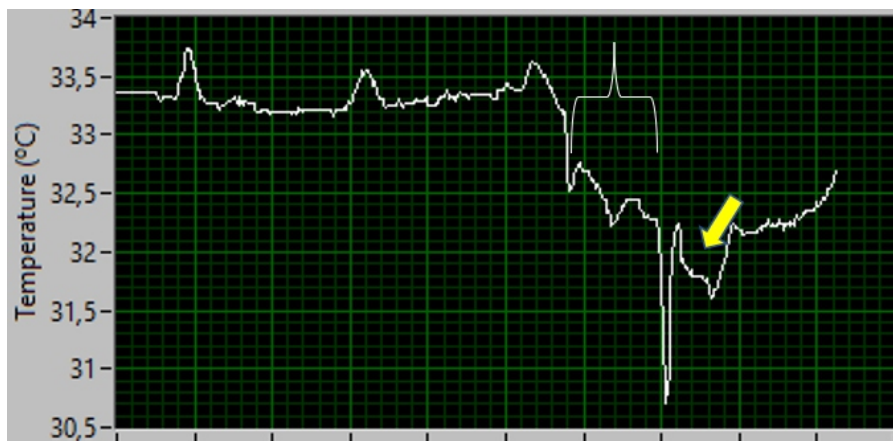


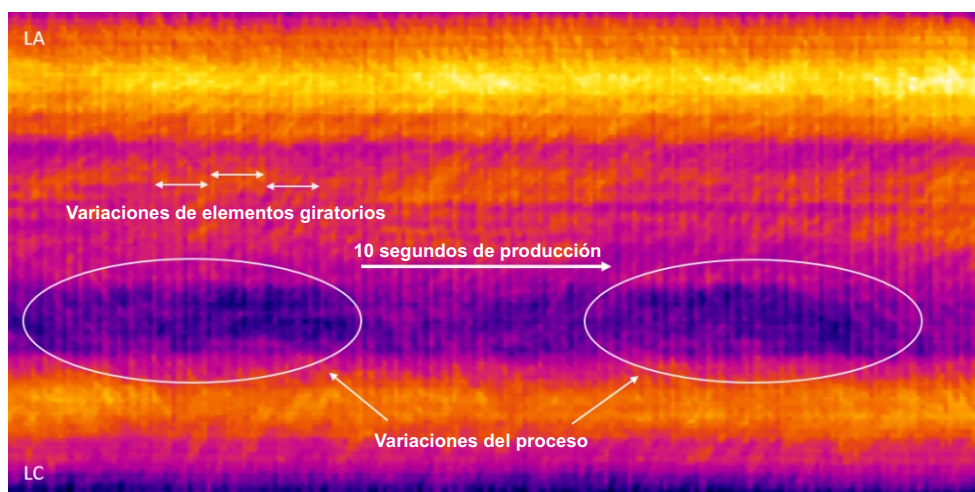
Figura 12: Perfil de temperatura transversal de la tela (LA).



Por lo tanto, los perfiles transversales estáticos, como se presentó anteriormente, sirven como una herramienta comparativa para definir la contribución de cada elemento al perfil de la hoja en el enrollador. Pero como ya se mencionó, no siempre será posible obtener los perfiles de temperatura de los elementos que nos gustaría evaluar, como el rodillo de la prensa de succión, el rodillo formador, el Yankee y las vestimentas.

En una situación donde únicamente disponemos de la imagen térmica del enrollador, es posible realizar un estudio de la variación longitudinal de las temperaturas en las regiones de interés definidas en el perfil transversal, para verificar una posible correlación entre los elementos rotatorios de la máquina y la variación longitudinal de la temperatura en la región elegida. Por lo tanto es necesario calcular las “frecuencias de rotación” de los elementos rotatorios; lo cual se puede lograr fácilmente conociendo sus dimensiones (perímetros) y respectivas velocidades.

Como el trabajo se realiza sobre la imagen dinámica, para facilitar la comprensión, utilizaremos la función de trazar los escaneos realizados por la cámara en una imagen estática, como si estuviéramos desenrollando el papel del carrete (Figura 13).



**Figura 13:** *Imagen del papel producido.*

En la imagen superior, es posible observar variaciones aleatorias de temperatura (humedad), en el perfil longitudinal, resultado de un proceso, cuya distancia es mayor y en consecuencia la frecuencia es muy baja. También es posible observar variaciones relacionadas con elementos rotatorios, cuya distancia entre eventos es menor y la frecuencia es mayor. Sin embargo, incluso si es posible establecer este tipo de correlación, determinar qué elemento rotatorio es responsable de la variación longitudinal de la temperatura utilizando sólo esta imagen tendría un margen de error muy alto.

En la imagen de abajo (Figura 14), podemos observar la pulsación de la caja de entrada, la cual se produce a frecuencias muy bajas, en comparación con los elementos rotatorios de la máquina. Muchas veces, si solo se observara el espectro de frecuencia, estos valores se confundirían con variaciones aleatorias en el proceso, pero el uso de la función de trazar el escaneo de lectura hace que sea más fácil observar las pulsaciones.

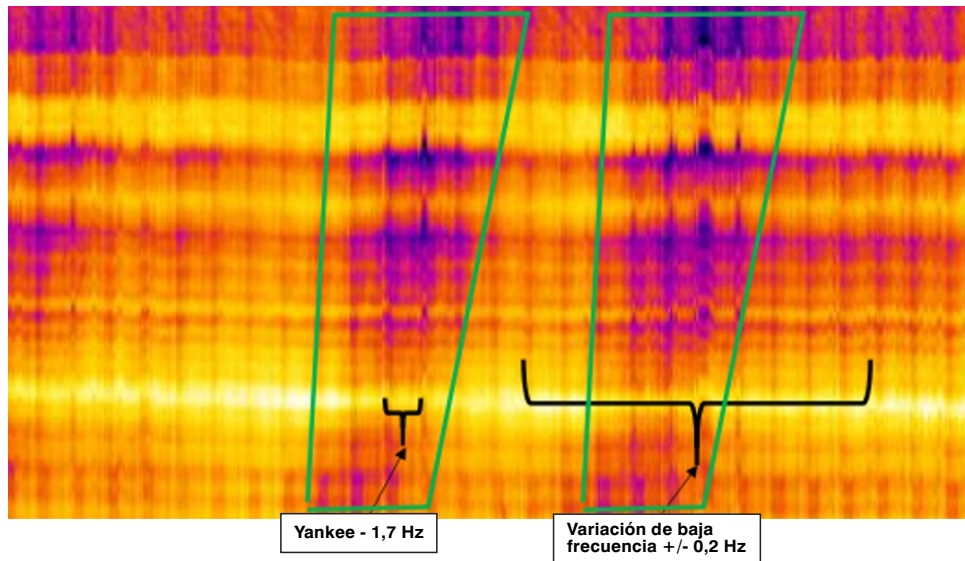


Figura 14: Imagen del papel producido

Para aumentar la precisión del análisis de la variación longitudinal de la temperatura, utilizamos el algoritmo “FFT”, descrito previamente. En la imagen de abajo, filmada en el enrollador (Figura 15), establecimos una región de interés (ROI) y enrollamos la película para que el software pueda registrar la variación de temperatura y, a esta variación, un espectro de frecuencia correspondiente.

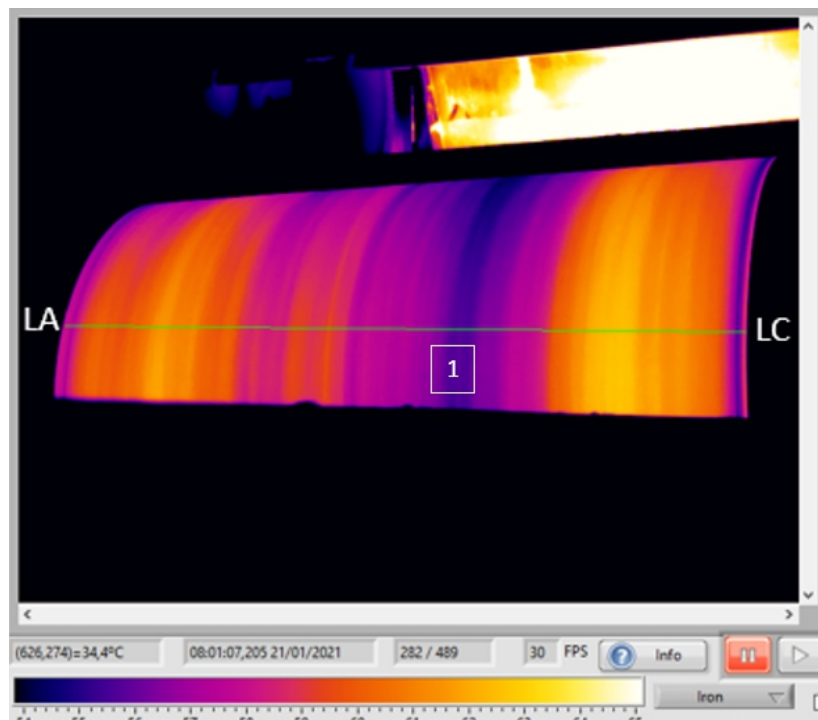
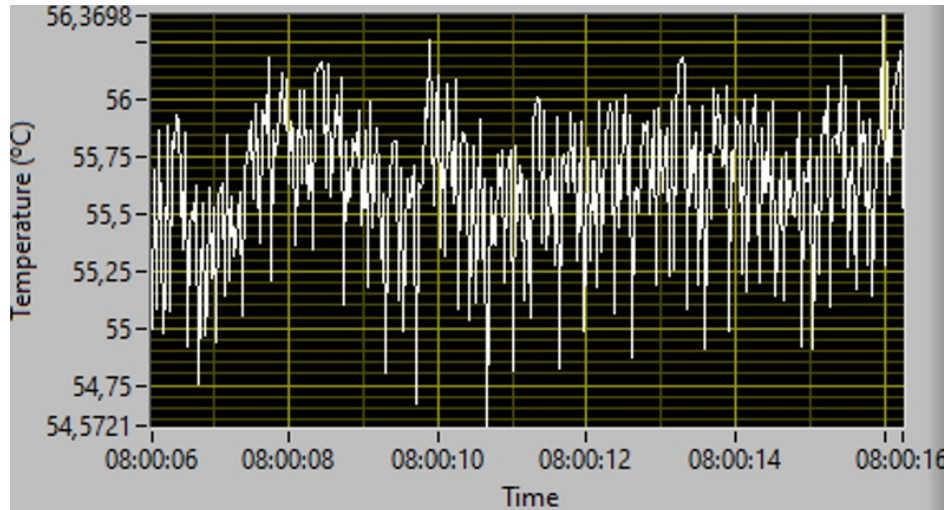


Figura 15: Imagen de papel en el enrollador – ROI 1.



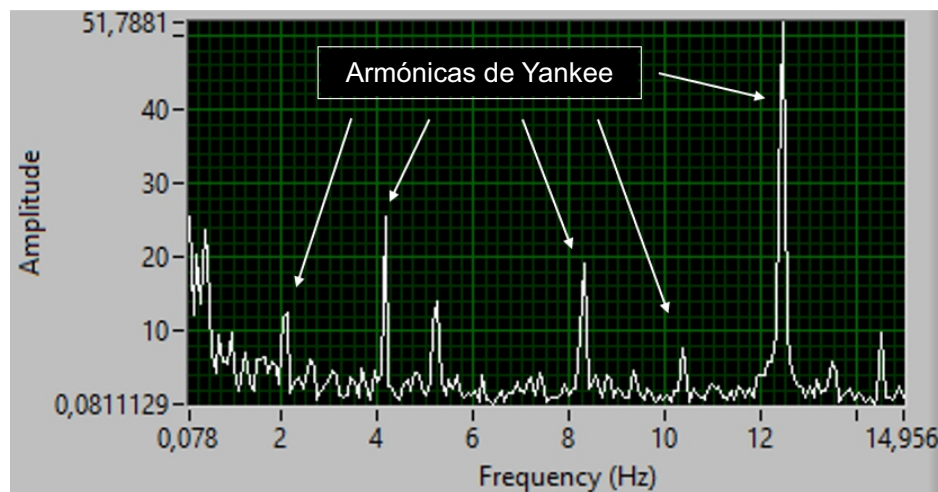
A medida que establecemos la ubicación (ROI 1) a evaluar, el software traza un gráfico de la variación longitudinal de la temperatura, como se ve a continuación.



**Figura 16:** Variación longitudinal de la temperatura en ROI 1.

Nótese que en estos 10 segundos de producción ya tenemos una muestra de cómo se comporta la variación de temperatura en el “ROI” establecido, pero aún sería difícil definir un estándar de repetibilidad específico.

Pero con esta información es posible realizar el análisis FFT y tendremos el espectro a continuación.



**Figura 17:** Espectro de frecuencias en ROI 1.

En este caso (Figura 17) los picos de mayor amplitud están relacionados con los armónicos de la frecuencia rotacional del Yankee previamente calculada (2,08 Hz), y su “mayor componente” se ubica en el sexto armónico de la frecuencia rotacional, que es precisamente el número de patas de los extractores de condensados internos. Esto indica que, en la región en estudio, existe una influencia del ajuste de los elementos extractores, por lo que participan efectivamente en la determinación de la perturbación de temperatura en el “perfil transversal de humedad”.



## Conclusiones

Este tipo de análisis más elaborado se suma a los servicios de evaluación dinámica que se realizan en las máquinas Tisú con mayor frecuencia. Estos se centran más en el perfil transversal del fieltro, donde se determina su perfil de humedad y permeabilidad, que muchas veces no explican el perfil de humedad observado en el enrollador. Con el análisis térmico ampliamos la información, incluyendo otros factores que pueden contribuir a los problemas observados en el enrollador.

## Referencias

1. Radiación infrarroja; Wikipedia
2. Infrarrojos – Concepto, características y aplicaciones; “Conocimiento Científico”
3. Transformada Rápida de Fourier; “Wikipedia”

## Perfil del autor

Marcos Emídio Bressani – Graduado en Ingeniería Mecánica por el IMT – Escola de Engenharia Mauá – SP. Actuó como ingeniero responsable de proyectos y "start-ups" en Voith entre 1982 y 1987. Desde 1987 trabaja como ingeniero de servicios y ventas en Albany International. Actualmente es consultor de Ingeniería de Servicios para Sudamérica, especializándose en Transferencia Térmica, Análisis de Vibraciones y Sistemas de Prensado.



## Albany International: 50 años de historia en Brasil

Celebramos con mucho orgullo, medio siglo de presencia en Brasil como proveedor líder de vestimentas para máquinas de papel y celulosa, un hito que refleja nuestra dedicación a la excelencia, innovación y sostenibilidad.

Más que proveedores, buscamos ser socios estratégicos, ofreciendo soluciones que agreguen valor, innoven procesos y satisfagan las necesidades de un mercado cada vez más dinámico y exigente.

Agradecemos a todos que contribuyeron con nuestra historia y seguimos con la misma pasión y dedicación para construir los próximos 50 años con excelencia.



## La influencia de la construcción del fieltro en el rendimiento del prensado

### Introducción

Como se sabe la sección de prensado es la siguiente después de la sección de formación. Su primera función es desaguar y consolidar la hoja, y la segunda es aumentar la resistencia en húmedo de la hoja, entre otras propiedades relevantes. La sección de prensado debe considerarse una extensión del proceso de eliminación de agua que comienza en la sección de formación. La práctica ha demostrado que se obtienen ahorros significativos cuando se maximiza la remoción de agua de la hoja en la sección de prensas en lugar de en la sección de secado. Se estima que entre el 10 y el 12% del costo total de la eliminación de agua de la hoja está en la sección de prensas. Por lo tanto, siempre es conveniente un aumento en la eficiencia de la sección de prensas, ya sea en la remoción total o en la uniformidad del perfil transversal de la hoja. Varios desarrollos en materias primas, configuraciones de máquinas y diseños de fieltros han ocurrido simultáneamente, y en la mayoría de los casos uno de ellos termina impulsando el desarrollo tecnológico de los otros.

El aumento del contenido seco aumenta la resistencia en húmedo de la hoja debido a una mejor unión de las fibras. Esto reduce el tiro al inicio del secado (diferencia de velocidad entre la prensa y la primera sección de secado), mejorando el rendimiento de la máquina de papel (menos roturas de hojas).

Aunque depende del tipo de papel y del tipo máquina, la consistencia típica de la hoja al comienzo de la sección de prensado es de 20% de fibra y 80% de agua y al final de la sección de prensado es de 45% de fibra y 55% de agua. La sección de prensado también puede tener un impacto significativo en la calidad de la hoja, como la suavidad, volumen, absorción de tinta y perfil de humedad. Este trabajo pretende mostrar, mediante la presentación de algunos casos exitosos, la influencia del diseño del fieltro en el rendimiento del prensado, ya sea en la remoción de agua o en la calidad del papel.

### Estructura de fieltro

Básicamente, los fieltros están hechos de dos partes, como se muestra en la Figura 1: tejido base y velo.

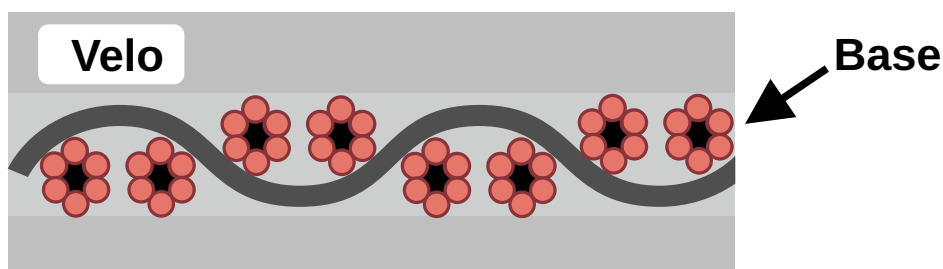


Figura 1: Componentes del fieltro.



Los filtros están fabricados con material 100% sintético, básicamente poliamida (nylon). Las bases pueden construirse a partir de hilos de monofilamentos simples, trenzados o de multifilamentos retorcidos (Figura 2). Debido al mayor uso de fibras recicladas como materia prima, ha disminuido el uso de multifilamentos retorcidos. Los hilos multifilamento tienden a atrapar más contaminantes y, por lo tanto, dificultan la limpieza.

**Multifilamento retorcido****Monofilamento retorcido****Monofilamento sencillo**

**Figura 2:** Tipos de hilos base.

Cada tipo de hilo tiene propiedades que influyen en las características operativas del filtro. Estos están diseñados para que el tejido base no afecte la calidad de la hoja, para tener optima extracción de agua, excelente rendimiento, facilidad de limpieza y facilidad de instalación.

La base puede ser monocapa (una sola capa con hilos longitudinales y transversales), multicapa (múltiples capas de hilos longitudinales y sólo una capa de hilos transversales) o laminada, o incluso con múltiples bases que contengan múltiples capas de ambas.

La ventaja de los filtros multicapa es que las bases pueden tener diferentes diseños. Pueden tener diferencias en densidad de hilo, diámetro, diseño, etc. Por ejemplo, la capa superior puede ser más delgada para promover mejores características de superficie de la hoja y las capas inferiores pueden ser más gruesas para promover una mayor capacidad de eliminación de agua. Las bases laminadas permiten un rango más amplio de uniformidad de presión y una baja relación velo/base, lo que es fundamental para un mejor acondicionamiento (limpieza).

A medida que aumentan las velocidades de la máquina y disminuye el tiempo de residencia, es muy importante una mejor superficie de contacto entre la hoja y el filtro. Las bases pueden ser tubulares (sin fin) o con costura. La selección del tipo de hilo y el diseño de la base están pensados para conseguir optima uniformidad de presión, mínima resistencia al flujo, buen volumen vacío y buena compresibilidad. En la práctica las bases se clasifican en convencionales (tubulares), laminadas y con costura. La figura 3 muestra algunos de los principales tipos de base utilizados en los filtros.

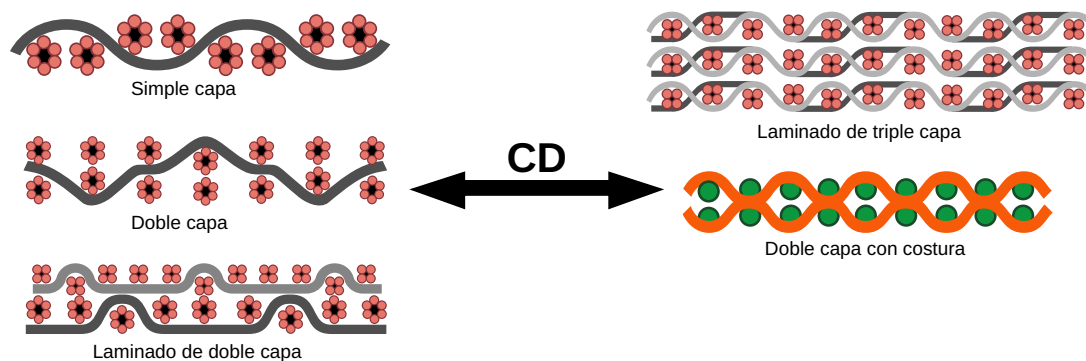


Figura 3: Diferentes construcciones de base.

El uso de fieltros con costura ha mostrado un crecimiento considerable desde su introducción a finales de la década de 1980. En América del Norte, aproximadamente el 75% de todos los fieltros utilizados son con costura, y esta proporción continúa creciendo ya que esta tecnología ha demostrado ser más adecuada para la mayoría de las aplicaciones. El uso de fieltros con costura en Asia y Europa es todavía pequeño. Los factores que justifican el mayor uso de fieltros con costura son la seguridad, la reducción del tiempo de instalación y, en algunos casos, la mejora del rendimiento.

Básicamente existen dos tipos principales de fieltros con costura (Figura 4): con base tejida convencional o laminada y con base multiaxial (base con hilos en ángulo).

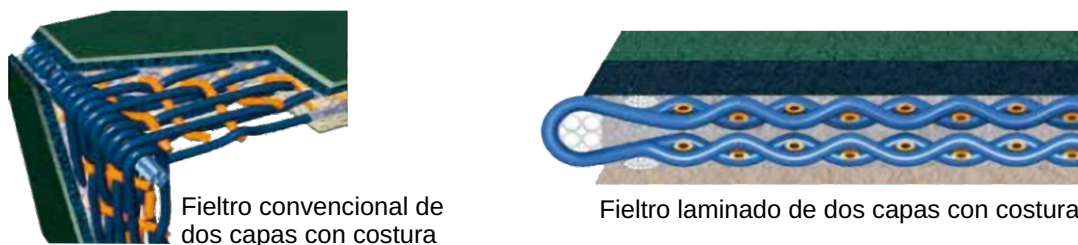


Figura 4: Filtros con costuras.

Respecto al velo, el proceso mediante el cual se introduce en la base se llama punzonado o agujado. El velo primero se carda hasta formar un tejido uniforme (rodillo de velo) y luego se aplica en forma de varias capas sobre la base. El rodillo de velo y la base se introducen juntos en la sección de agujas del telar de agujado, donde miles de agujas con rebabas golpean el conjunto, insertando el velo a la base. De esta manera, el velo queda unido a la base.

El proceso de punzonado se puede ajustar para modificar la densidad, las propiedades de la superficie y la permeabilidad del fieltro. Los velos utilizados en la producción del fieltro tienen diferentes características. La unidad más comúnmente utilizada para los diferentes tipos de velo es el denier. Otra unidad común es el decitex. El denier es una medida de peso, pero se acepta globalmente como un indicador de las dimensiones de la fibra. Dado que la densidad específica del polímero es aproximadamente la misma, se puede utilizar el denier para comparar los diámetros de las fibras en el velo. La definición de denier es el peso en gramos de 9.000 metros de hilo de velo. Decitex es el equivalente en gramos de 10.000 metros.

Los tamaños relativos de las fibras más comúnmente utilizadas en fieltros se muestran en la Figura 5, y su impacto relativo en las propiedades de la hoja se muestra en la Figura 6.

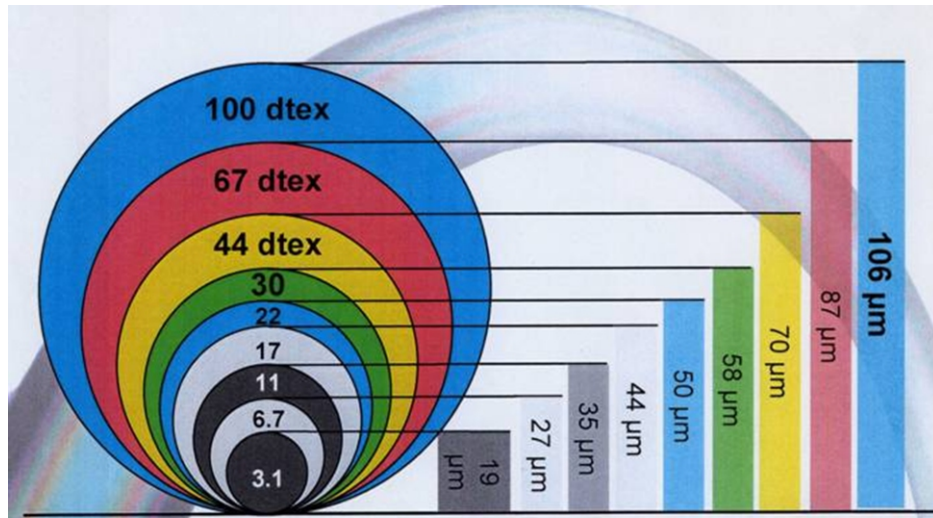


Figura 5: Fibras más comunes utilizadas en feltros

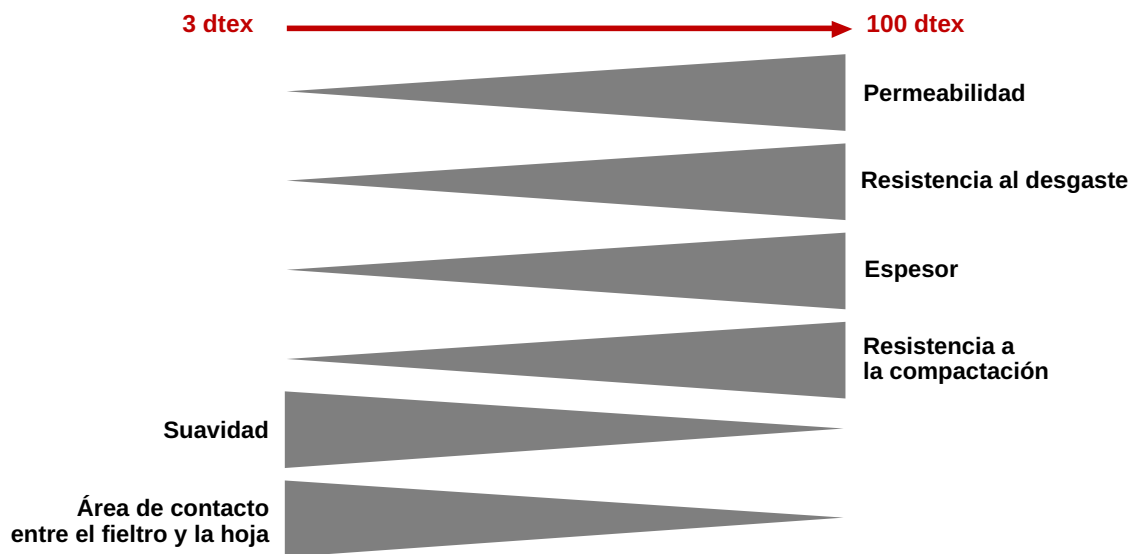


Figura 6: Velo y su impacto relativo en las propiedades de las hojas

Las fibras de velo con diferentes decitex se pueden mezclar o aplicar en capas estratificadas para lograr el rendimiento deseado.



Figura 7: Sección transversal de un fieltro terminado



## Producción de fieltro

Debido al proceso de punzonado, la fabricación de fieltro es diferente en comparación con la producción de telas formadoras o secadoras. La figura 8 muestra los principales pasos en la fabricación del fieltro. El diagrama muestra los dos métodos principales de producción de fieltro: tejido convencional y tejido multiaxial. La producción de bases no tejidas implica un proceso diferente en comparación con otras y se coloca junto con el velo en el proceso de punzonado.

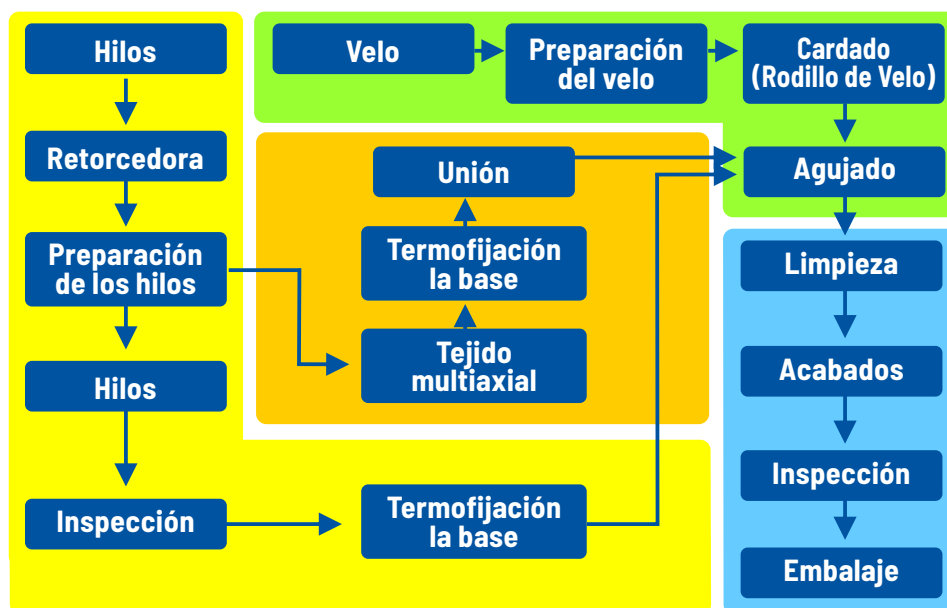


Figura 8: Diagrama del proceso de producción de los fieltros.

## Aplicación de fieltros

Para diseñar un fieltro correctamente, se deben tener en cuenta las funciones principales del mismo. Remover el agua no es su única función. En general, las funciones del fieltro son:

1. Aceptar el agua extraída de la hoja en el nip;
2. Proporcionar protección de la hoja para:
  - Resistir el aplastamiento (rotura de la hoja por exceso de presión hidráulica).
  - Resistir al shadow marking (marcas de agua en la hoja causadas por la diferencia de presión hidráulica en la región sólida y la región de la ranura/agujero del revestimiento del rodillo).
  - Resistir al marcado de ranuras (marcas de agua en la hoja causadas por la diferencia de presión hidráulica en la región sólida y la región de ranura del revestimiento del rodillo).
  - Resistir al marcado de la base (impresión de la base en la hoja).
3. Obtener una superficie adecuada de la hoja con un determinado grado de suavidad o acabado. Esto es esencial para papel o tarjetas gráficas.
4. Transportar la hoja. En el caso de tiros cerrados, transferir la hoja de una posición a otra.



5. Proporcionar la durabilidad deseada en términos de resistencia mecánica, resistencia a la degradación química y resistencia a la obstrucción por contaminantes presentes en el proceso.

6. Accionar rodillos no accionados en la sección de prensado.

Cada una de estas funciones debe considerarse en relación con muchas otras variables de la máquina, como la configuración de la prensa, el tipo y gramaje del papel, la carga de la prensa y la capacidad de vacío en las cajas de succión.

Hay otras variables que también pueden influir en el producto final y en la remoción de agua (ver Figura 9). Los objetivos y las condiciones operativas a menudo pueden estar en conflicto, lo que también debe tenerse en cuenta para obtener el mejor rendimiento del filtro en esas circunstancias.



Figura 9: Muchos factores pueden controlar la eliminación de agua.

## Resultados y discusión

Se han documentado muchos casos exitosos en el mercado, en los que se aplicaron los aspectos teóricos mencionados anteriormente.

### Historia de éxito 1

Se trata de una máquina de papel para impresión y escritura que también produce base para papeles especiales, el gramaje varía de 50 a 150 g/m<sup>2</sup> y la velocidad de 500 a 800 m/min. El proceso de prensado utiliza una Twinver™ Press (Bi-nip + 3.ª prensa) como se muestra en la Figura 10.

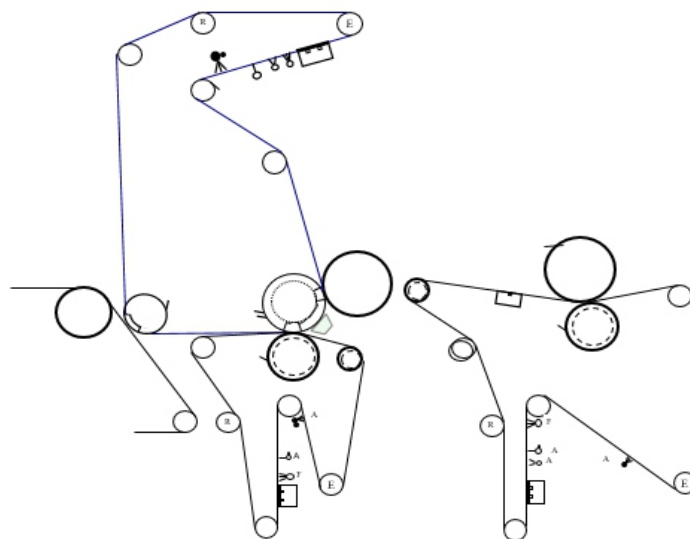


Figura 10: Twinver™ Press (Bi-nip + 3ª prensa).

La máquina tuvo una reforma en la sección de secado, donde se sustituyeron algunos equipos por otros de mejor tecnología (ver figura 11), en la sección de formación y prensado no se modificó nada.

#### Antes de la reforma



#### Después de la reforma



Figura 11: Reforma implementada en secado.

Poco después de la reforma, el cliente comenzó a notar marcas en la hoja que causaban problemas de calidad en el producto final (Figura 12). Luego de algunas mediciones y estudios junto con el cliente, se detectó que las marcas provenían de la base del fieltro pick-up. En esta posición se utilizó como estándar un fieltro con costura de 4 capas de 2150 g/m<sup>2</sup>, exactamente el mismo fieltro aplicado antes de la reforma.

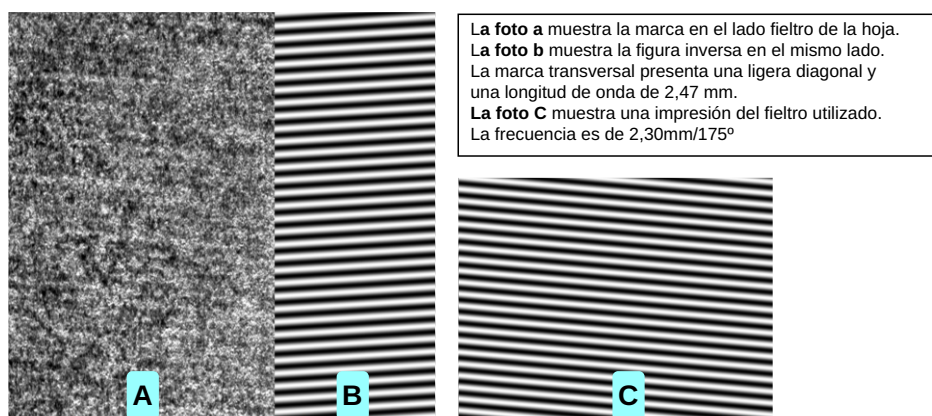
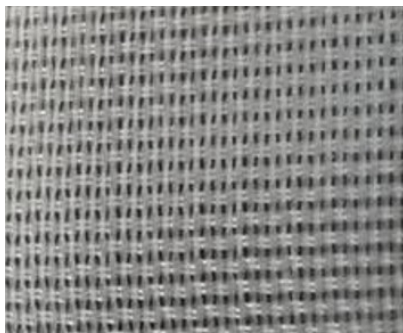
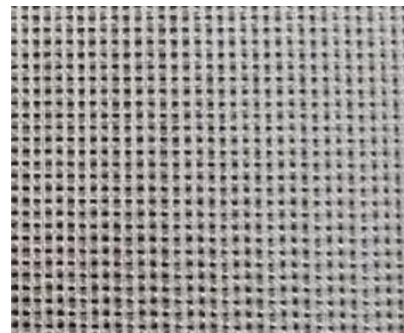


Figura 12: Marca observada en la hoja e impresión del fieltro utilizado.



Durante el período se realizaron muchas mediciones e inspecciones en las distintas secciones de la máquina (formación, prensado y secado) y se recomendaron algunas acciones para solucionar el problema, pero sin éxito. Así que la conclusión fue que el papel se volvió más sensible a las marcas después de la reforma. Incluso las marcas en las costuras de los feltros (pick-up y 1.<sup>a</sup> prensa) empezaron a hacerse más visibles en comparación con el período anterior a la reforma.

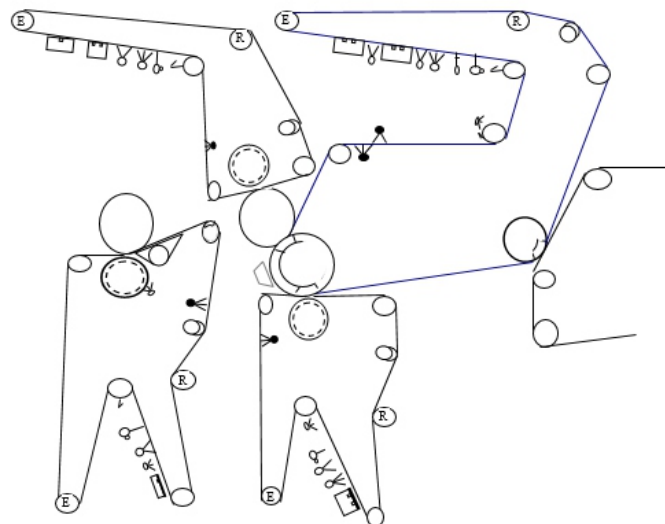
En base a esto, se decidió cambiar la base superior (lado de la hoja) del fieltro pick-up como se muestra en la Figura 13.

**Base Actual****Nueva Base****Figura 13:** Cambio en la base superior

Después de este cambio, el marcado de la hoja desapareció y el marcado de la costura volvió a los niveles previos a la reforma, por lo que no afectó la calidad final del papel terminado. Este fue un ejemplo de cómo el fieltro (topografía de la base) puede influir en la calidad de la hoja y, en este caso, cómo se ajustó para resolver el problema.

## Historia de éxito 2

Se trata también de una máquina de papel para impresión y escritura, el gramaje varía de 56 a 90 g/m<sup>2</sup> y la velocidad de 950 a 1100 m/min. El proceso de prensado tiene una prensa trinip + 4.<sup>a</sup> como se muestra en la Figura 14.

**Figura 14:** Trinip + 4.<sup>a</sup> prensa.



La máquina fue renovada y también se reemplazó el rodillo de succión de las prensas. Se instaló un nuevo estilo de revestimiento para mejorar el contenido seco, el rodillo cambió de agujero ciego + agujeros de succión a agujero ciego + agujeros de succión + ranuras. Debido a este cambio, la presión hidráulica en el nip cambió y también fue necesario el cambio de fieltro para lograr el objetivo.

Algunos fieltros con modificaciones fueron probados con el objetivo de lograr un mejor rendimiento en términos de break in time (BIT, tiempo necesario para que la máquina alcance la velocidad de crucero) y vida útil. El primer fieltro fue una base multiaxial con 3 capas de 1850 g/m<sup>2</sup>. Este fieltro tuvo un BIT largo pero alcanzó una buena vida, esto normalmente pasa, ya que el BIT y la vida son inversamente proporcionales. En base a las mediciones y algunos datos del proceso, se decidió modificar la base del fieltro con el objetivo de mejorar el BIT, se diseñó una base más compresible para este nuevo fieltro, manteniendo el gramaje final (1850 g/m<sup>2</sup>). Como se ve en la Figura 15, el espesor final de cada fieltro es diferente.

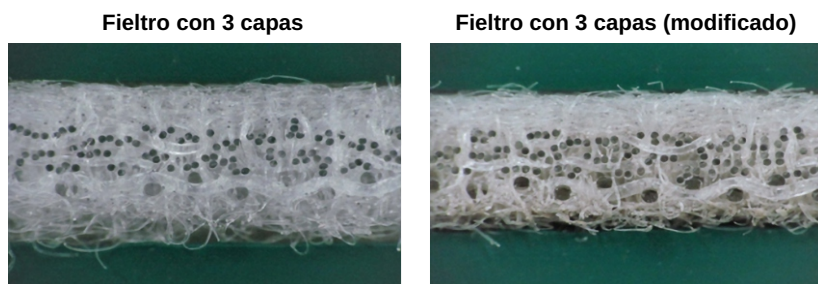


Figura 15: Comparación de la sección transversal de fieltros.

La forma más común de detectar el final del BIT de un fieltro es aumentando el caudal en el nip (L/min) después de instalar el fieltro, como se muestra en el gráfico a continuación (Figuras 16 y 17). En este caso, el fieltro estándar tardó 13 días en alcanzar los 200 L/min y el fieltro modificado solo 4 días en alcanzar este mismo caudal, teniendo por tanto un BIT más rápido en comparación con el fieltro estándar.

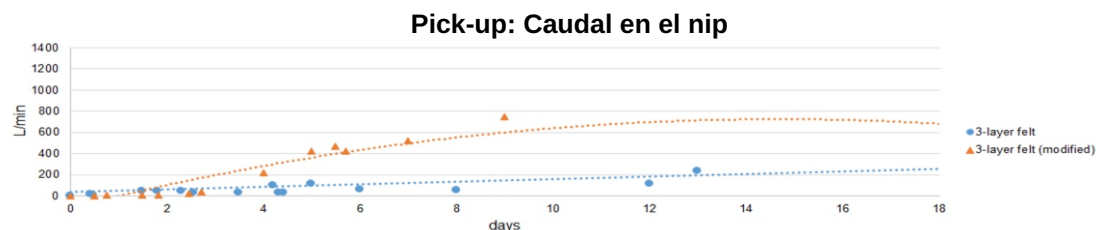


Figura 16: Caudal en el nip versus vida útil del fieltro pick-up.

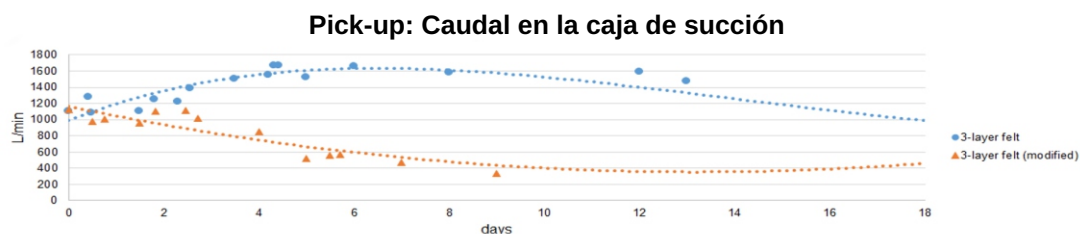


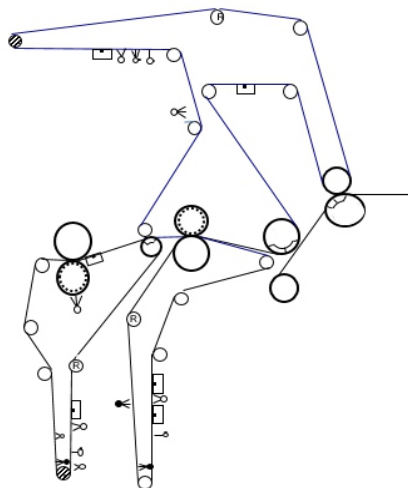
Figura 17: Caudal de la caja de succión versus vida útil del fieltro pick-up.

Ese fue un ejemplo de cómo la construcción del fieltro (compresibilidad de la base) puede influir en el rendimiento de la máquina.



### Historia de éxito 3

Se trata de otra máquina de impresión y escritura, el gramaje varía de 85 a 170 g/m<sup>2</sup> y la velocidad de 280 a 500 m/min. La configuración de la prensa se muestra en la Figura 18



**Figura 18:** Configuración de prensa.

La máquina fue reformada para producir otro tipo de papel con un gramaje superior (700 g/m<sup>2</sup>). Debido a esta reforma, la capacidad de vacío disponible para el fieltro pick-up se vio afectada. Según las mediciones, el caudal específico descendió de 85 a 68 L/cm<sup>2</sup>/min. Este cambio disminuyó la cantidad de agua en la superficie del fieltro, medida por la relación agua/fieltro (MR, expresada en gramos de agua/gramos de fieltro) medida por scampo.

|                               | Antes de la reforma |       | Después de la reforma |             |
|-------------------------------|---------------------|-------|-----------------------|-------------|
| Vida de fieltro               | Inicio              | Final | Inicio                | Final       |
| Pick-up (Agua a la salida)    | 0,40                | 0,40  | <b>0,36</b>           | <b>0,36</b> |
| 1ª prensa (Agua en la salida) | 0,40                | 0,36  | <b>0,35</b>           | <b>0,40</b> |

**Tabla 1:** MR antes y después de la reforma.

Esta mayor cantidad de agua en la superficie del fieltro de 1ª prensa en comparación con el fieltro pick-up, provocó casos de robo de hojas por parte del fieltro de la 1ª prensa después de la reforma, principalmente a partir de la segunda mitad de la vida del fieltro, causando roturas de hojas.

Por lo tanto, para solucionar el problema fue necesario un cambio en el estilo del fieltro pick-up, ya que el fieltro con costura era un fieltro de costura de 4 capas (1950 g/m<sup>2</sup>). Se decidió reducir su gramaje a 1.700 g/m<sup>2</sup> eliminando dos capas de la base. El fieltro de la 1ª prensa se mantuvo igual, con 2 capas (1570 g/m<sup>2</sup>). Mediante esta modificación se logró aumentar la relación agua-fieltro en la salida del fieltro pick-up y mantenerla más baja en relación al fieltro de la 1ª prensa como se muestra en la tabla 2.

|                               | Antes de cambiar el pick-up |       | Después de cambiar el pick-up |             |
|-------------------------------|-----------------------------|-------|-------------------------------|-------------|
| Vida de fieltro               | Inicio                      | Final | Inicio                        | Final       |
| Pick-up (Agua a la salida)    | 0,36                        | 0,36  | <b>0,44</b>                   | <b>0,49</b> |
| 1ª prensa (Agua en la salida) | 0,35                        | 0,40  | <b>0,37</b>                   | <b>0,42</b> |

**Tabla 2:** MR antes y después de cambiar el estilo de fieltro pick-up.

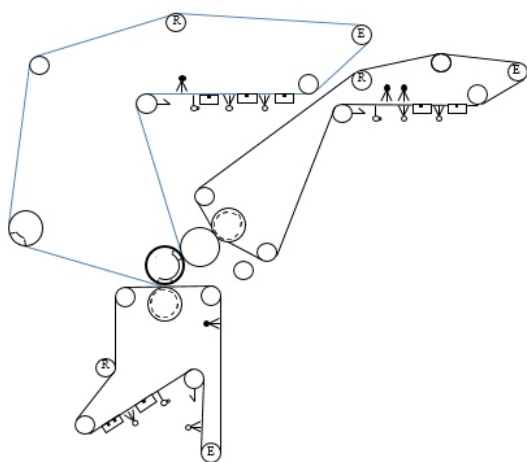


Además de cambiar el estilo del fieltro pick-up, se implementaron otras acciones en la sección de formación para ayudar a solucionar el problema, ya que también se observó una pulsación en la hoja después de la reforma.

En este ejemplo vimos cómo la construcción del fieltro, en este caso su estilo (diferentes bases), puede influir en el rendimiento de la máquina.

#### Historia de éxito 4

Se trata de otra máquina de impresión y escritura, el gramaje varía de 75 a 90 g/m<sup>2</sup> y la velocidad de 750 a 900 m/min. La configuración de la prensa se muestra en la Figura 19.



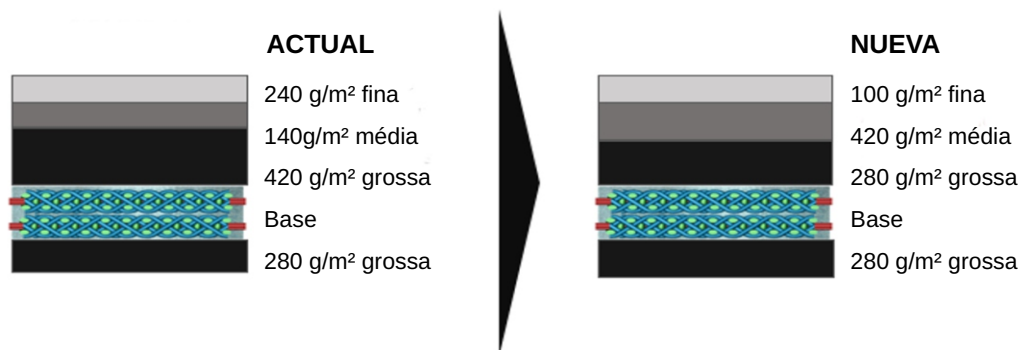
**Figura 19:** Configuración de prensa.

El problema con esta máquina era el desprendimiento de la hoja de los bordes del fieltro pick-up al final de su vida útil. Este problema provocó roturas, afectando el rendimiento de la máquina hasta el fieltro fuera reemplazado (ver Figura 20).



**Figura 20:** Desprendimiento de la hoja del fieltro pick-up.

El fieltro usado en esta posición era con costura, de 4 capas y de 1950 g/m<sup>2</sup> con la siguiente estratificación de velo (Figura 21). La vida media en la posición era alrededor de 45 días.



**Figura 21:** Estratificación del velo antes y después del cambio.

Al observar la estratificación actual del velo y la pérdida diaria promedio de 10 g/m<sup>2</sup>/día en los informes de muestras retornadas y analizadas en nuestro laboratorio, se encontró que debido al desgaste (principalmente en cara papel), después de 38 días de vida, las fibras de velo más gruesas se volvieron predominantes en la superficie del fieltro, lo que provocó que la hoja se desprendiera debido a su menor área de contacto.

Entonces, el problema se solucionó modificando la estratificación del velo de fieltro, manteniendo el peso total de 1950 g/m<sup>2</sup> (ver Figura 20). Después de este cambio, el fieltro llegó al final de su vida con predominio de fibras de velo medianas en su superficie, manteniendo la hoja estable sobre el fieltro pick-up antes de la 1<sup>a</sup> prensa, evitando roturas.

En este caso vimos también cómo la construcción del fieltro, en este caso, la estratificación del velo puede influir en el rendimiento de la máquina.



## Conclusión

En la construcción de un filtro se pueden utilizar diferentes combinaciones de bases y fibras de velo, teniendo en cuenta las necesidades de cada posición. Las historias de éxito presentadas aquí muestran que esas necesidades en cada posición pueden cambiar por diversas razones y, a veces, el estilo del filtro debe cambiarse o ajustarse para recuperar el rendimiento de la máquina o mejorar la calidad del papel. Por lo tanto, aplicar el estilo correcto de filtro a cada posición se convierte en una gran herramienta. El filtro siempre se puede ajustar cuando el problema está relacionado con la sección de prensado o incluso problemas ocasionados en otras secciones de la máquina. Hay que conocer con detalle la causa para que la acción sea más eficiente y minimice los efectos secundarios.

## Referencias

1. Adanur, S., "Paper Machine Clothing" second edition, AJU Faculty, 2017.
2. Davenport, F. L. Pressing Fundamentals. Albany International Press Fabric Division, EUA, June 1992.
3. Reese, R. A., "Pressing Operations" in Pulp and Paper Manufacture, Volume 7: Paper Machine Operations, Eds. B. A. Thorp and M. J. Kocurek, TAPPI Press, 1991.
4. Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI), Peachtree Corners, GA, [www.tappi.org](http://www.tappi.org), 2017.
5. Wahlstrom, P. B., Pulp and Paper Mag. Can., 70 (10), 1969.
6. Wicks, L. D., "Press Section Water Removal Principles and Their Applications", Southern Pulp and Paper Manufacturer, January 1978.

## Perfil del autor

Lafaety Carneiro de Oliveira - Graduado en Ingeniería Química por la Universidad Federal de Paraná (UFPR), con posgrado en Celulosa y Papel por la Universidad de São Paulo (USP) y MBA en Gestión Estratégica de Negocios por la Fundación Getúlio Vargas (FGV). Inició sus actividades en Norske Skog Pisa en 2003. Se unió a Albany International en 2008 como Ingeniero de Servicios y Aplicaciones en la línea de Mantas y actualmente trabaja como Coordinador de Producto para Filtros y Mantas.

**MC-IND-MomentoTecnico@albint.com** | Um canal direto para sugestões e dúvidas.

**Órgão Informativo de Albany International Brasil** - Junho de 2025 - Albany International Tecidos Técnicos Ltda. - [www.albint.com](http://www.albint.com) - Rua Colorado, 350, CEP 89085-148 - Indaial - Santa Catarina - Brasil - Telefone: (47) 3333-7500 - E-mail: [MC-IND-MomentoTecnico@albint.com](mailto:MC-IND-MomentoTecnico@albint.com)

### Expediente:

Editores: Elaine Cristina Henkels, Jackson Roberto da Gama Corrêa e Rafael Sucharski - Diagramação: João Misturi Revisão: Diogo F. Biehl. A redação não se responsabiliza pelos conceitos emitidos em artigos assinados. É proibida a reprodução total ou parcial de textos, fotos e ilustrações, por qualquer meio, sem autorização.