

# EL PELIGRO INVISIBLE

## Cómo el ozono y la luz ultravioleta acortan drásticamente la vida útil de las bandas transportadoras

Independientemente del precio que pague, la fiabilidad y longevidad de sus bandas transportadoras determinarán en última instancia su coste. Hay muchos factores que determinan el nivel de mantenimiento y su vida útil. La incesante acción abrasiva de los materiales transportados, los daños por impacto causados por la caída de rocas pesadas y afiladas o los desgarros provocados cuando una roca u otro objeto extraño queda atrapado y penetra en la cinta. Especialmente en la minería y la explotación de canteras, estos factores constituyen la norma.

Sin embargo, lo que no es muy sabido es que existen otros dos factores ineludibles que influyen enormemente en la vida útil de una banda transportadora de caucho. Estos factores son el ozono (O<sub>3</sub>) y la luz ultravioleta (UV). Contrariamente a lo que se suele pensar, los daños que causan son importantes y no se limitan a las grandes altitudes o a los climas soleados. Nada más lejos de la realidad. Aunque es relativamente fácil fabricar caucho resistente a los efectos del ozono y los rayos ultravioleta, en un esfuerzo por minimizar el precio de venta, más del 90 % de todas las bandas transportadoras vendidas en Europa no son resistentes al ozono ni a los rayos ultravioleta. Irónicamente, esta práctica no hace sino aumentar el coste para el usuario final. He aquí por qué:

### De protector a destructor

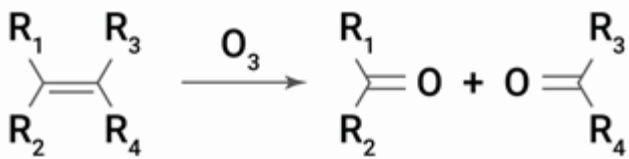
Una de las primeras consideraciones de diseño que deben tener en cuenta los ingenieros a la hora de trabajar con caucho son los efectos del ozono. La práctica totalidad del caucho utilizado en la fabricación de bandas transportadoras es sintético. Esto se debe a que es posible crear diferentes propiedades y características mecánicas específicas en función de la finalidad para la que se vaya a utilizar el caucho y de los entornos de trabajo a los que vaya a estar sometido.

El ozono (O<sub>3</sub>) está presente de forma natural en las capas altas de la atmósfera. Se forma continuamente por la acción de la radiación ultravioleta sobre el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>). A gran altitud, el ozono

funciona como escudo protector al absorber los rayos ultravioletas perjudiciales. Las corrientes de aire transportan O<sub>3</sub> a la atmósfera de la superficie terrestre. Sin embargo, a baja altitud, el ozono se considera un agente contaminante. El ozono a nivel del suelo u ozono «malo» no se emite directamente al aire sino que se crea por la fotólisis del dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) procedente de fuentes como los gases de escape de los automóviles y los vertidos industriales. Esto se conoce como ozonólisis.

### Ozonólisis

Ozonólisis es la reacción que se produce entre la estructura molecular (enlaces dobles) y el ozono.



La explicación científica es que el resultado inmediato consiste en la formación de un ozónido, que a continuación se descompone rápidamente de forma que la molécula de doble enlace se divide. El paso crítico en la ruptura de las cadenas moleculares es cuando se atacan los polímeros. La resistencia de los polímeros depende del peso molecular de la cadena o del grado de polimerización. Cuanto mayor sea la longitud de la cadena, mayores serán las resistencias mecánicas, incluida la importantísima carga de rotura del caucho. Al dividirse la cadena, el peso molecular disminuye rápidamente. Llega un momento en que apenas queda resistencia y empiezan a formarse grietas. Posteriormente, se producen más ataques dentro de las grietas recién expuestas, que siguen creciendo constantemente hasta que completan un «ciclo» y el producto se separa o quiebra.

La exposición es ineludible porque incluso las trazas más insignificantes de ozono en el aire pueden atacar la estructura molecular del caucho. Aumenta la acidez de las superficies de negro de humo siendo el caucho natural, el polibutadieno, el caucho estireno butadieno y el caucho de nitrilo los más sensibles a la degradación. Aunque el primer signo visible es la aparición de grietas en la superficie del caucho, dependiendo del nivel de resistencia al ozono que se haya incorporado al compuesto de caucho, en la práctica, **el proceso de ozonólisis comienza**



El principio del fin.  
Grietas de ozono de aspecto «inocente» en la superficie de la goma.

**cuando la banda transportadora sale de la línea de producción.**

Aunque la variabilidad climática, los patrones de flujo de aire, los cambios estacionales, el nivel de emisiones y las condiciones meteorológicas hacen que las concentraciones de ozono puedan variar de un lugar a otro, lo cierto es que la contaminación por ozono troposférico está siempre presente y, por lo tanto, nunca deben subestimarse sus efectos.





**Problemas de contaminación: las partículas finas de polvo penetran en las grietas y posteriormente se caen durante el retorno de la banda por la cara inferior.**

## Un cómplice

Para empeorar aún más las cosas, el ozono «malo» tiene un cómplice que también ejerce un efecto muy perjudicial en el caucho. La luz ultravioleta procedente del sol y de la iluminación artificial (fluorescente) acelera el deterioro, ya que produce unas reacciones fotoquímicas que favorecen la oxidación de la superficie de caucho, lo que resulta en una pérdida de resistencia mecánica. Esto se conoce como «degradación por rayos UV».

Irónicamente, el deterioro de la capa de ozono en la atmósfera a lo largo de las últimas décadas permite que un nivel cada vez mayor de radiación ultravioleta alcance la superficie de la tierra. La exposición continua es un problema más grave que la intermitente, ya que el ataque depende del grado y la duración de dicha exposición. Como cabría esperar, el problema se agrava en los climas más soleados y calurosos, pero el problema está siempre presente incluso en los entornos más moderados, y, al igual que ocurre con el ozono, sería absurdo subestimar los daños que causa.

## Efectos ocultos

El ozono forma grietas en el caucho sometido a tensión. Este fenómeno se conoce como «podredumbre seca». Es importante tener en cuenta que la cantidad de tensión (tensión crítica) necesaria es

muy pequeña. Incluso una banda que aún no se ha instalado en un transportador tiene cierta tensión intrínseca. Las grietas siempre están orientadas en ángulo recto con respecto al eje de deformación. La carga dinámica que sufre una banda transportadora durante su funcionamiento es considerable. El ozono ataca los puntos donde la tensión es mayor.



**Las grietas siempre están orientadas en ángulo recto con respecto al eje de deformación.**

La acción repetida de la tensión mecánica de la banda transportadora y el proceso de fricción del rodillo hacen que la cadena molecular del caucho se rompa para formar lo que los científicos denominan un «radical libre». Esto desencadena la reacción oxidativa en cadena que forma un proceso químico, este rompe mecánicamente la cadena molecular y activa el proceso de oxidación, lo que agrava toda una serie de problemas más evidentes, como la capacidad para resistir la abrasión.

## Aumento de la tensión

A primera vista, tener pequeñas grietas en la superficie puede no parecer un gran problema, pero en un tiempo sorprendentemente corto, el caucho se vuelve cada vez más quebradizo. Como acabo de mencionar, las grietas transversales se profundizan bajo la tensión repetida del paso sobre las poleas y los tambores. El ozono sigue atacando, por lo que las grietas seguirán aumentando hasta que se produzca un fallo catastrófico. Las grietas suelen presentar otros riesgos potenciales, como que los rascadores se enganchen en ellas y arranquen partes de la cobertura. Asimismo, con el tiempo puede resultar cada vez más difícil rehacer los empalmes, ya que las propiedades de adherencia del caucho disminuyen.



*Las grietas transversales se profundizan bajo la tensión repetida del paso sobre las poleas y los tambores.*

Otro problema «oculto» es la humedad que se filtra por las grietas. La humedad penetra en la carcasa de la banda. En las bandas multicapa, las fibras de la trama se expanden al absorber la humedad, lo que a su vez provoca que algunas secciones de la carcasa se contraigan (acorten) al tirar los hilos de

trama de los hilos de urdimbre de la capa. Esto puede dar lugar a problemas de alineamiento, que pueden ser difíciles de localizar, y que ningún ajuste de los rodillos puede compensar. Por último, pero no por ello menos importante, también puede tener importantes consecuencias para el medioambiente, así como para la salud y la seguridad, ya que las partículas finas de polvo penetran en las grietas y se expulsan (desprenden) en el recorrido de retorno (parte inferior) de la banda.

## Totalmente prevenible

Tal y como he comentado antes, los daños causados por el ozono y los rayos ultravioleta pueden evitarse casi por completo gracias al uso de la tecnología moderna. Hace varios años, en Dunlop fuimos de los primeros en el mundo en utilizar una nueva tecnología que permitía probar y medir los efectos del ozono. Equipamos nuestro laboratorio en Drachten (Países Bajos) con los equipos de ensayo para ozono más modernos e implementamos ensayos obligatorios para todos los productos de caucho de Dunlop según las normas internacionales EN/ISO 1431. El mismo método de ensayo se aplicó a muestras de correas de otros fabricantes.



**Cabina de pruebas de ozono de Dunlop**

Como consecuencia directa, los aditivos especiales que actúan como antiozonantes altamente eficientes y protegen contra los efectos dañinos del ozono y los rayos ultravioleta se convirtieron en un ingrediente esencial en todos los compuestos de caucho de Dunlop sin excepción. Por desgracia para sus clientes, casi ningún otro fabricante de bandas utiliza estos aditivos antioxidantes.





La presencia de grietas en las muestras se comprueba a intervalos de dos horas.

## Ensayos EN/ISO 1431

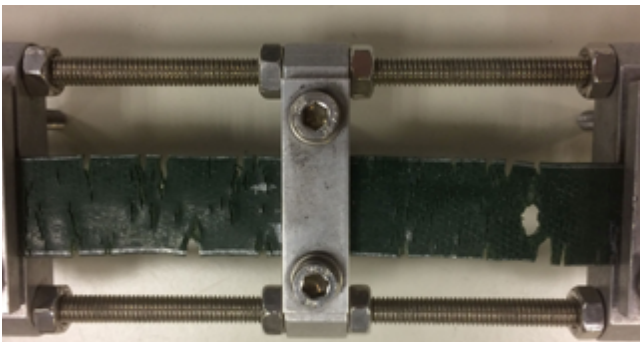
Para medir científicamente la resistencia al ozono según el método de ensayo de la norma EN/ISO 1431, se colocan las muestras bajo tensión (por ejemplo, elongación del 20 %) dentro de una cámara de ensayo de ozono y se exponen a niveles de concentración de ozono muy altas durante un período de hasta 96 horas (a 40 °C, 50 pphm y 20 % de deformación).

Las muestras se examinan detalladamente en busca de indicios de agrietamiento a intervalos de dos horas y los resultados se miden y registran cuidadosamente. La experiencia ha determinado que para que el caucho se considere suficientemente resistente, el criterio de aprobación debe ser que la muestra de caucho no muestre signos de agrietamiento dentro del período de 96 horas.

## Barrer bajo la alfombra

A pesar de tener una importancia crucial, la resistencia al ozono y a los rayos UV apenas se menciona, por no decir nunca, entre los fabricantes y proveedores de bandas, y sigue siendo un asunto que se barre debajo de la alfombra. Esto se debe a que gran parte del mercado está dominado por quienes intentan rebajar el precio de sus competidores. Los aditivos antiozonantes no son baratos y, por tanto, en la búsqueda de una ventaja de precios, simplemente no se utilizan. Un aspecto más siniestro de no utilizar antiozonantes es que, para un gran número de proveedores, cualquier cosa que prolongue la vida útil de las bandas no es buena para el negocio.

Como ya se ha mencionado, más del 90 % de las bandas probadas en Europa no superan la prueba EN/ISO 1431. Peor aún, en la mayoría de los casos las grietas empiezan a aparecer ya a las 6 u 8 horas del tiempo objetivo de 96 horas. De hecho, no es raro ver muestras de caucho que se desintegran completamente en pocas horas. Las láminas y planchas así como caucho de guardera típicos de 40 y 60 Shore parecen ser aún peores.



Algunos cauchos se desintegran en cuestión de horas

Debido al enorme tamaño de las bandas transportadoras industriales, es práctica común entre fabricantes y distribuidores almacenar rollos de bandas al aire libre. Las bandas suelen almacenarse durante largos periodos de tiempo, a veces durante años, antes de ser distribuidas y finalmente puestas a trabajar. Durante ese tiempo, son vulnerables a los efectos siempre presentes del ozono y la radiación UV. Varios usuarios de bandas transportadoras han señalado que en el momento de la entrega podían observarse grietas en la superficie.

## No hay dónde esconderse

El ozono se encuentra en todas partes. Incluso el aire «normal» puede tener hasta 0,01 ppm de ozono. La adición de equipos eléctricos o iluminación puede aumentar aún más el nivel de ppm. No hay dónde esconderse. Ya no se puede ignorar la importancia de contar con bandas transportadoras resistentes a los daños causados por el ozono y los rayos ultravioleta. A menos que los operadores de bandas transportadoras empiecen a insistir en disponer de materiales resistentes al ozono y a los rayos ultravioleta, la gran mayoría de fabricantes y proveedores de bandas seguirán ignorando el problema y continuarán suministrando bandas que empiezan a deteriorarse desde el momento en que se crean.

Para todos los compradores de bandas transportadoras de caucho, un prerrequisito absoluto a la hora de adquirir cualquier tipo de banda es que sea totalmente resistente a los efectos del ozono y los rayos ultravioleta. Insista siempre en obtener una certificación que confirme que la banda que le ofrecen es totalmente resistente al ozono y a los rayos ultravioleta de acuerdo con el método de prueba EN/ISO 1431, ya que sin esta propiedad esencial es casi seguro que tendrá que ser sustituida mucho antes de lo necesario.

*Leslie David*

## Acerca del autor

*Tras 23 años en gestión logística, Leslie David se estuvo especializando en cintas transportadoras durante más de 17 años. Durante ese tiempo, se ha convertido en uno de los autores más publicados del mundo en materia de tecnología de bandas transportadoras.*

