



CÓMO LIBERAR ESAS SINERGIAS OCULTAS:

CÓMO APALANCAR LA ADMINISTRACIÓN DE NEUMÁTICOS PARA LA MINERÍA CON EL FIN DE CREAR AHORROS EN COSTOS Y REDUCIR LAS EMISIONES

Las compañías mineras no tienen que escoger entre ahorros en costos y sostenibilidad - las prácticas inteligentes de la administración de neumáticos pueden proporcionar ambas. Apoyándonos en la experiencia técnica de Kal Tire y Michelin, esta publicación proporciona introspecciones y estrategias para ayudar a los operadores de la minería a cumplir con el mandato doble de obtener recursos monetarios y cumplir en términos ambientales.



Las compañías mineras en todo el mundo están bajo la presión en aumento de cumplir con los objetivos de producción mientras que de forma simultánea se abordan y solucionan temas como el aumento de los costos de los combustibles, cómo se minimiza el tiempo de detención de los equipos y cómo se cumple con las exigencias reglamentarias de los actores involucrados y ambientales. Conforme la industria avanza hacia operaciones más sostenibles y eficientes, un área que todavía cuenta con un potencial a desarrollar en términos de mejora es la administración de neumáticos.

En la minería de superficie, los neumáticos representan uno de los costos más altos en las operaciones, después del combustible. También puede influenciar la huella de [carbono de las operaciones](#) a través del consumo del combustible de vehículos de la minería (Emisiones Alcance 1) y las actividades de la cadena de valor (Emisiones Alcance 3).

Cuando la administración de neumáticos es reactiva o inconsistente, puede llevar al desgaste prematuro, uso elevado de combustible y emisiones innecesarias. Sin embargo, estrategias proactivas y predictivas para los neumáticos, desarrolladas de forma colaborativa con los fabricantes originales de equipo (OEMs, por sus siglas en inglés), los fabricantes de neumáticos y proveedores de servicio, y al apalancar las tecnologías más recientes, se puede entregar ganancias medibles en ahorros de costos, productividad y sostenibilidad.

Este informe oficial explora enfoques prácticos que se basan en datos para la administración de neumáticos, lo que a su vez puede ayudar a las minas a reducir las emisiones del Alcance 1 y 3, y ahorrar en costos de operación a través de la vida extendida de los neumáticos y la disminución del consumo de combustible – todo sin desembolsos capitales mayores.

GANANCIAS DOBLES: REDUCCIÓN DE COSTOS AL MISMO TIEMPO QUE SE REDUCE EL CARBONO

En las minas a cielo Abierto, las operaciones de carga y arrastre representan aproximadamente [50-60% de los costos totales de operaciones](#). Después del combustible, los neumáticos de forma típica es el consumible más costoso – una mina promedio grande de metales utiliza [900 neumáticos para minería](#) cada año, lo que se traduce en millones de dólares de gasto operacional. Entender cómo preservar y administrar el promedio de vida de los neumáticos es por tanto crucial para que sea redituable.

Las prácticas deficientes de la administración de neumáticos, como el sub-inflado, la selección inadecuada de mantenimiento, pueden desencadenar un efecto domino en las ineficiencias que llevan a utilizar más combustible y, por tanto, más emisiones tipo Alcance 1. De acuerdo con el caso de estudio de la [Evaluación de Ciclo de Vida de Michelin](#), 70-90% el impacto ambiental de los neumáticos de la minería ocurre durante su uso, la mayoría de la cual es un resultado de la combustión del combustible necesaria para mover camiones pesados. Este número es alto, no obstante, debido al diseño y la condición del neumático afecta de forma directa el desempeño, esto significa que los operadores tienen control sobre uno de los mayores contribuidores de emisiones.

Las emisiones restantes de las que son responsables los neumáticos de minería se clasifican como Alcance 3 – aquellos que se relaciona con las actividades de la cadena de valor, como la producción de materia prima, fabricación de neumáticos, transportación y desecho. Estas emisiones son más difíciles de representar, pero siguen siendo importantes. El [Maple Program de Kal Tire](#), validado por SCS Global Services, ayuda a las minas a cuantificar sus emisiones y demostrar cómo las estrategias del ciclo de vida, y la reparación y el recauchaje de neumáticos, pueden de forma significativa disminuir la demanda de los neumáticos nuevos y reducir el desecho de neumáticos en las minas.

La operación y mantenimiento también pueden acelerar el desgaste y daño, lo que pudiese llevar a un desecho prematuro–[los estudios han demostrado](#) que el sobre inflado representa el 70.5% del daño a los neumáticos en camiones, 52.5% del daño de los neumáticos para cargadores frontales, y un estimado del [90% de neumáticos OTR](#) nunca cumplen con su vida de operación planeada. El resultado es que hay minas comprando más neumáticos de los que en realidad necesitan y creando más desechos de neumáticos de lo necesario; también están generando emisiones Alcance 3 que se podrían evitar a través de la producción, transporte y desecho de los productos nuevos que se usan de reemplazo.



“La administración inteligente de neumáticos ofrece beneficios dobles: baja los costos operacionales, al mismo tiempo que se hace avanzar las metas conectadas a las emisiones y sostenibilidad. Las minas no necesitan escoger entre los dos – pueden tener ambos. Conforme los actores involucrados exigen operaciones más limpias, las estrategias para los neumáticos representan una oportunidad de alto impacto, pero subutilizada.”

Miles Rigney, Vicepresidente Sénior del Kal Tire's Mining Tire Group

EL INFLADO IMPORTA: LA RELACIÓN ENTRE LA PRESIÓN DE LOS NEUMÁTICOS, EL USO DEL COMBUSTIBLE Y LAS EMISIONES ALCANCE 1

En varios estudios se ha explorado la relación entre la resistencia de rodada y el consumo del combustible de los camiones de arrastre para la minería. Los neumáticos sub-inflados o degradados crean más resistencia a la superficie de la carretera, lo que aumenta la cantidad de energía que requieren para que éstos rueden. Lo que lleva a un consumo más alto de energía y a más emisiones del Alcance 1 por ciclo de arrastre.

Como un ejemplo de investigación que cuantifica esta correlación en condiciones reales, [un estudio de 15 meses](#) realizado en la mina en Estados Unidos por parte de Michelin y Cascadia Scientific, descubrió que los neumáticos de los camiones de arrastre sub-inflados en un 8-10% podrían aumentar el consumo de combustible en 0.26 Litros por ciclo.

Hasta en flotillas pequeñas, ese porcentaje pequeño se traduce en decenas de miles de litros adicionales de combustible diésel por año y cientos de toneladas de CO₂, como se demuestra en la Figura 1. Para una flotilla grande, estos números podrían ser todavía más altos.

Hoy en día, muchas minas utilizan los sistemas de monitoreo de presión de neumáticos (TPMS). Estas tecnologías de forma continua monitorean las condiciones dentro de los neumáticos, incluyen la presión y temperatura, alertan a los operadores de los problemas menores antes de que estos generen ineficiencias mayores o fallas costosas.

EL COSTO OCULTO DE LOS NEUMÁTICOS SUB-INFLADOS

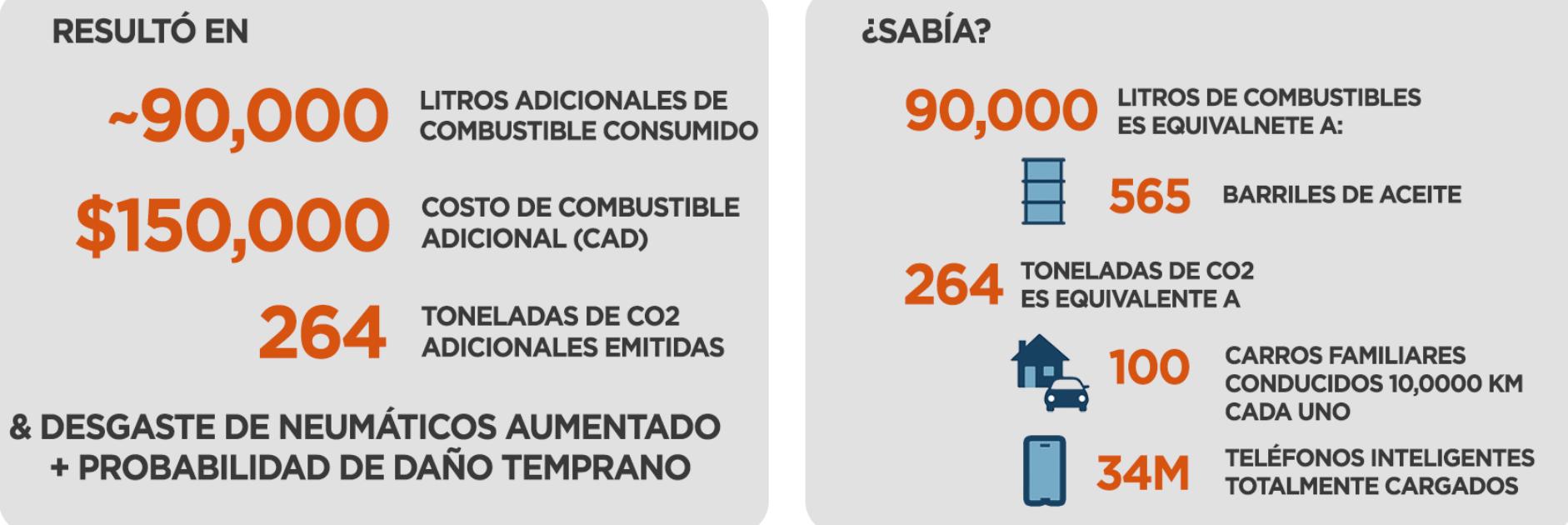


Figura 1 - Fuente para los cálculos de CO₂

Los neumáticos inflados correctamente también les permiten a los camiones operar más cerca de su clasificación máxima de tonelada- kilómetro- por hora (TKPH, por sus siglas en inglés), lo que optimiza las cargas y reduce los tiempos de los ciclos.

IDONEIDAD PARA SU PROPÓSITO: SELECCIONAR AL NEUMÁTICO CORRECTO PARA EL AMBIENTE DE OPERACIÓN

También importa la selección, y la correspondencia del componente para las condiciones de la mina, lo cual es esencial para la maximización de la vida del neumático y la reducción del costo total en propiedad.

Por ejemplo, para los arrastres de larga distancia en carreteras lisas y en condiciones de calor, los componentes resistentes de calor son, por lo regular, la mejor opción. En contraste, los componentes resistentes a los cortes se adecuan mejor para los acarreos más cortos y abrasivos, en los ambientes rocosos donde el daño a los neumáticos es más probable. Otros compuestos están diseñados para mejorar la tracción en condiciones mojadas o lisas.

“En ambientes extremos como las operaciones mineras, el diseño y la calidad de los neumáticos son críticos. Al apalancar los datos sobre el desempeño de los neumáticos y las condiciones de la mina, los fabricantes de neumáticos pueden optimizar de forma continua: las innovaciones clave que afectan la vida del neumático, la capacidad de transporte de carga, velocidad, resistencia al calor, y hasta la eficiencia energética. Los componentes de caucho con eficiencia energética pueden permitir que los neumáticos corran a una temperatura más fría, disminuyendo su resistencia durante la rodada, y al aumentar la resistencia se aumenta la eficiencia de uso del combustible del camión”

Adam Murphy, Vicepresidente Sénior de la Línea de Negocios de Neumáticos de Minería de Michelin

Por ejemplo, el neumático [Michelin XDR 4 SPEED ENERGY™](#), el cual se espera lanzar de forma comercial en el 2026, proporciona [3.6% mejor eficiencia de uso de combustible](#) en comparación con el neumático Michelin XDR 250 C, además de horros de aproximadamente 5,300 galones de combustible o US\$24,000 por camión minero al año. Para una flota de 50 camiones, esto se puede traducir en casi [\\$1.2 millones en ahorros anuales y una reducción de 2,600 toneladas de Co2 en emisiones al año.](#)



HERRAMIENTAS MÁS INTELIGENTES, DAN MEJORES RESULTADOS: LA TECNOLOGÍA CON INNOVACIÓN IMPULSA EL DESEMPEÑO DEL NEUMÁTICO

Más allá de TPMS, las tecnologías emergentes en áreas tales como el análisis de carreteras de arrastre, diagnósticos de flotas y sistemas inteligentes de carga hacen más fácil que nunca para las minas monitorear y administrar sus neumáticos en tiempo real. Las introspecciones que estos sistemas generan también elevan las prácticas de la administración de neumáticos, lo que les permite apoyar de forma estratégica los objetivos corporativos más amplios de las compañías.

Por ejemplo, las inspecciones de los neumáticos autónomos se realizaron con cámaras térmicas para la creación de imágenes, el software de reconocimiento potenciado con IA y el análisis avanzado de datos puede eliminar la necesidad de que los camiones abandonen la producción, a menos de que haya un problema que se deban solucionar, y ayudan a extender la vida del neumático a través del mantenimiento selectivo.

En una mina de cobre en Chile, [las inspecciones autónomas de TireSight de Kal Tire](#) han reducido el tiempo de detención por inspecciones en un 20%. Conforme los 33 camiones de arrastre de la mina pasan la estación de TireSight, las cámaras térmicas de creación de imagen ahora capturan de tres a cinco rotaciones completas de cada neumático frontal y trasero, varias veces al día, sin que los vehículos necesiten detenerse.

El diseño y el mantenimiento de las carreteras de arrastre también juegan su rol en la preservación de la vida del neumático y en la mejora de la eficiencia del combustible de los camiones de arrastre. Los servicios tales como Mejores Carreteras de Arrastre de MICHELIN y las herramientas de software respaldadas con GPS y datos satelitales, tales como VBOX, pueden evaluar la Calidad de las carreteras de arrastre y las conductas de los conductores - destacan las áreas donde aumenta el desgaste de los neumáticos y el combustible quemado debido a peligros, como malas condiciones de la carretera o virajes agresivos.

Esto permite a los gerentes de la operación minera tener como objetivo áreas específicas de mejora, lo que lleva a crear rutas óptimas, con menos desgaste de los neumáticos y mejor uso de combustible.

Los estudios de severidad de la mina proporcionan introspecciones adicionales de cómo se encuentran las condiciones de la carretera, zonas de carga, y prácticas operacionales que afectan la vida del neumático. Estos estudios han ayudado a muchas minas a identificar las áreas de alto impacto para realizar acciones correctivas. De forma adicional, las tecnologías de escaneo volumétrico miden, en tiempo real, las cargas de material se aseguran de que los camiones estén cargados de forma nivelada y óptima. Esto reduce el esfuerzo innecesario en los neumáticos, previene la sobrecarga y apoya el desempeño consistente a través de los ciclos de arrastre.

Un análisis técnico reciente realizado por Michelin en una mina de mena de fierro en EE.UU. resaltó la correlación entre los datos y la experiencia operacional. Después de que la mina cambió a un neumático diferente, observaron un 18% de disminución en productividad. El análisis de Michelin relevó que había especificaciones incompatibles de los neumáticos, velocidades de ciclo más lentas y un aumento en el tiempo de paro relacionado con el neumático. Al recomendar un componente nuevo para neumático, más adecuado para las condiciones, junto un programa de rotación personalizado y una mejor administración de la presión de los neumáticos, la mina logró US\$1.9 millones en ganancias anuales al operarse de forma eficiente. De forma conjunta, tecnologías como ésta ponen los cimientos para realizar un mantenimiento predictivo, crear disponibilidad de arrastre autónomo, y obtener un desempeño de flota con bajas emisiones – todo esto es crítico para los proyectos mineros del futuro.

Asociarse con fabricantes de neumáticos y proveedores de servicio, reconocidos y con prestigio, que utilizan introspecciones con base en datos, estrategias técnicas probadas y estándares internos alrededor de la capacitación del los técnicos de neumáticos y la excelencia operacional puede entregar mejoras medibles en la seguridad y en el desempeño para minas tanto pequeñas como grandes. La vida mejorada del neumático, a través del mantenimiento adecuado y tecnologías avanzadas, permite menos interacciones humanas con el neumático, lo que significa que habrá menos oportunidades de que existan incidentes relacionados con los neumáticos.

Murphy añadió: "Al final, los pequeños cambios operacionales – selección de los componentes adecuados de los neumáticos para las condiciones de la mina, mantenimiento la presión correcta de inflado y la optimización de los diseños de las caminos mineros – se pueden traducir en ganancias ambientales y financieras

significativas, mientras que de forma simultánea se eleva la seguridad general en la mina".

**Para obtener una copia de este estudio, contacte a services.mining@michelin.com*

CÓMO HACER QUE DUREN LOS NEUMÁTICOS: REDUCCIÓN DE LAS EMISIONES ALCANCE 3 A TRAVÉS DE LA REPARACIÓN Y EL RECAUCHAJE

Cada neumático nuevo de minería tiene un costo de carbono inherente- desde los materiales hasta la fabricación y envío. La extensión de la vida útil de cada neumático reduce el número de neumáticos nuevos que se deben producir, minimiza las emisiones provenientes de la producción, lo que ahorra dinero a las minas al reducir compras nuevas y reducir el desecho en el sitio de la mina.

Los fabricantes Premium como Michelin diseñan sus neumáticos para que sean durables, reparables y recauchables. Esto permite que se realicen importantes extensiones del ciclo de vida sin comprometer la seguridad o el desempeño y proporciona un costo total menor en propiedad.

Estos servicios ya están disponibles a gran escala en los mercados clave de la minería, y sus beneficios ambientales y financieros son tangibles. Por ejemplo, Kal Tire ha calculado que la reparación de diez neumáticos ultra-class para camiones mineros que utilizan su servicio de Ultra Repair™, en lugar de comprar uno nuevo, podría reducir los costos en un 87%, ahorrar 373 toneladas en emisiones en CO2 y eliminar la necesidad de 8,050 L (50 barriles) de aceite.

RECAUCHAJES	ULTRA TREAD	REPARACIONES CONVENCIONALES	ULTRA REPAIR
CARGADORES DE RUEDAS DE 10 x 40-TON EQUIPADA CON RECUACHADOS DE 20 x 29.5R25 DE KAL TIRE AHORROS TÍPICOS EN CARBONO VS. NUEVOS: 102 TONELADAS DE CO2 (66%) AHORROS EN ACEITE VS. NUEVOS: 1677 LITROS (10 BARRILES)	CAMIONES DE CARGA DE 10 x 200-TONELADAS EQUIPADOS CON ULTRA TREADS DE 20 x 3700R57 AHORROS TÍPICOS EN CARBONO VS. NUEVOS: 136 TONELADAS DE CO2 (62%) AHORROS EN ACEITE VS. NUEVOS: 5216 LITROS (32 BARRILES)	CAMIONES DE CARGA DE 10 x 100-TONELADAS EQUIPADA CON REPORADO DE 20 x 2700R49 AHORROS TÍPICOS EN CARBONO VS. NUEVOS: 155 TONELADAS DE CO2 (95%) AHORROS EN ACEITE VS. NUEVOS: 2731 LITROS (17 BARRILES)	CAMIONES DE CARGA DE 10 x 400-TONELADAS CON NEUMÁTICOS ULTRA REPAIRED DE 20 x 59/80R63 AHORROS TÍPICOS EN CARBONO VS. NUEVOS: 373 TONELADAS DE CO2 (87%) AHORROS EN ACEITE VS. NUEVOS: 8050 LITROS (50 BARRILES)

“Las minas que implementan programas estructurados de reparación y recauchaje pueden reducir sus costos de adquisiciones, disminuyen costos de envío y evitan el desecho prematuro de los neumáticos que todavía tienen una vida remanente viable”, explicó Rigney. “En algunos casos, las minas pueden hasta restaurar neumáticos que anteriormente se hubiesen desecharo y ponerlos de regreso en servicio. La extensión de la vida es subutilizada, pero tiene un gran impacto como apalancamiento de la sostenibilidad y rentabilidad en la minería”.

ADMINISTRACIÓN ESTRATÉGICA DE LOS NEUMÁTICOS – UN APALANCAMIENTO PARA UNA MINERÍA RESILIENTE Y RESPONSABLE

En resumen, las operaciones mineras no necesitan optar entre ahorros en costos y reducción de emisiones. Como se demuestra en este documento, las prácticas estratégicas, con base en datos, para la administración de neumáticos ofrecen una ruta clara para lograr ambas cosas, y se resaltan los beneficios mutuos que sólo pueden fortalecer el caso de negocios para inversiones en esta área, sin importar cuál sea el objetivo primario.

“Desde los ahorros en combustibles y ganancias en la productividad hasta reducciones en las emisiones Alcance 1 y Alcance 3, las estrategias efectivas de neumáticos realizan un gran impacto” dijo Murphy. “El cambio hacia lo más sostenible, opciones de neumáticos más duraderas, y del mantenimiento reactivo al proactivo—el uso de las herramientas como el TPMS y los diagnósticos de caminos mineros—pueden transformar las flotas de la minería en activos del negocio más eficientes y sostenibles. Y ahora, todas estas herramientas están disponibles para las minas”.

Más aún, conforme aumentan las presiones reglamentarias en términos ambientales, sociales y de gobernanza (ESG, por sus siglas en inglés), la generación de informes se vuelve más rigurosa, ahora las compañías mineras que implantan prácticas de neumáticos más inteligentes estarán mejor posicionadas para lograr el éxito a largo plazo.

“Los neumáticos no son sólo consumibles—son activos estratégicos”, concluyó Rigney. “Con la administración adecuada, pueden ser parte tanto de la resiliencia financiera como ambiental en las operaciones mineras. La colaboración inteligente, estratégica y las sociedades con fabricantes y proveedores de servicio son clave para liberar estas ventajas del siguiente nivel”.