



DESARROLLO DE TECNOLOGÍA CON FINES PROACTIVOS

Microscopio portátil para el análisis de superficies de desgaste en rieles

Entrevistamos al Ing. Maximiliano Zanin, Secretario de Investigación, Innovación y Posgrado de la Facultad Regional Haedo de la UTN, quien nos habló sobre la importancia del fenómeno de contacto rueda-riel en el ámbito ferroviario y sobre el desarrollo de un microscopio portátil experimental para la evaluación de perfiles y superficies de desgaste en rieles¹.

¹ La entrevista fue realizada el 7 de septiembre por el Director Nacional de Investigaciones de Sucesos Ferroviarios de la JST, Ing. Diego Di Siervi.

¿Cómo se vinculó con el ferrocarril?

Desde muy pequeño tuve interés en el ferrocarril. En Villa Regina, mi ciudad natal en Río Negro, el ferrocarril era el medio de transporte de larga distancia. En la década del 80, cuando era un niño, esperaba ansioso a los familiares que venían de Buenos Aires. Si bien ahora 1000 km no son nada, para esa época, esperar a nuestros primos que "venían de lejos" y que veíamos una vez por año, era algo magnífico. Por supuesto, ir a visitarlos a ellos en tren, también lo era.

Después, siempre tuve inquietud de ver los recorridos, estudiar la historia de los ferrocarriles, la tecnología ferroviaria argentina. Poco a poco me fui introduciendo en el mundo sin ser ferroviario puro. Digamos que me considero ferroviario por adopción.

¿En qué rama de la ingeniería mecánica se desempeña?

Tanto en investigación como en docencia me desempeño en el análisis de materiales, daño mecánico, deterioro superficial por desgaste y evaluación de lubricantes sólidos o autolubricados. Todas estas líneas de trabajo apuntan a la industria en general, con mayor énfasis en la industria del transporte, pero también en otras aplicaciones.

¿Hacia dónde se orienta su investigación dentro del ámbito ferroviario?

El transporte ferroviario en Argentina ha ido reflotando lentamente en las últimas décadas. Es sabido que la intención propuesta por diversos proyectos nacionales es la de incrementar la velocidad y la capacidad de carga de los vehículos ferroviarios. Es por ello que se deben estudiar los variados sistemas mecánicos adaptados a las tecnologías ya existentes, dentro los cuales se encuentra el estudio de contacto rueda-riel.

¿A qué refiere el fenómeno de contacto rueda- riel?

Este fenómeno es probablemente el más característico en la investigación ferroviaria, ya que posee una influencia decisiva en la dinámica de este medio de transporte. Es un tipo de contacto entre pares metálicos en donde la superficie del riel tiene una mayor dureza que la rueda para incrementar su vida útil, pues los procesos de mantenimiento y recambio de los mismos involucran mayor trabajo que el recambio de las ruedas.

¿Cuáles son los factores que lo promueven?

La naturaleza de este contacto está influenciada por las fuerzas actuantes, la cinemática del vehículo y la geometría del contacto. Esta última se refiere a la sección transversal del riel y a la sección radial de la rueda. Además, los esfuerzos varían por la diferencia de curvaturas en el perfil de contacto.

La fricción y el desgaste en sistemas ferroviarios son generados por el movimiento relativo entre la rueda y el

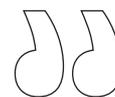
riel. Estos se encuentran asociados al tipo de material, las características del contacto, la forma y topografía de la superficie. No es lo mismo un tren de carga en zonas secas con ambientes arenosos y con viento, que en zonas húmedas o costeras.

Se debe tener en cuenta que las irregularidades superficiales generan un contacto local aleatorio con variaciones en la fuerza de fricción y promueve incrementos en la tasa de desgaste en la interfase rueda-riel.

¿Por qué es importante el estudio del desgaste de ruedas y rieles desde el punto de vista de la seguridad?

Evidentemente, si lo analizamos desde la seguridad, el desgaste de ruedas y rieles puede provocar head checks, deformaciones superficiales, ondulaciones, etc., que promueven el eventual desarrollo de fisuras con desenlaces no deseados.

“Este fenómeno es probablemente el más característico en la investigación ferroviaria, ya que posee una influencia decisiva en la dinámica de este medio de transporte.



El estudio del desgaste sobre los rieles puede aportar valiosa información al momento de evaluar las condiciones de contacto. Se estima que el desgaste en los rieles es más pronunciado en las curvas, desvíos y empalmes. A su vez, la predicción del desgaste en la rueda y el riel toma cada vez más importancia en el rendimiento del sistema en función de los parámetros del diseño, tales como las formas de perfil para un tipo de vía dada, entre otras variables.

Es claro que el estudio de superficies de desgaste de rieles por medio de imágenes de alta resolución facilitaría la determinación de diferentes mecanismos de desgaste y sus causas.

Respecto a este último punto, ¿cuál es la finalidad del dispositivo de observación microscópica que viene desarrollando con su equipo?

El "microscopio portátil experimental para la evaluación de perfiles y superficies de desgaste en rieles", es un desarrollo que tiene por finalidad evaluar los perfiles de los rieles a partir de imágenes procesadas digitalmente que se puedan superponer sobre un modelo de un riel primitivo nuevo. Estas imágenes en foco po-

seen una posición de adquisición, lo cual permite también confeccionar un modelado 3D con las imágenes reales. A partir de este desarrollo, se puede evaluar el aspecto superficial y la geometría global de la zona de análisis.

¿Cómo surgió la idea y cuándo comenzó a materializarse?

La idea surgió de la observación y estudio de zonas de desgaste críticas en curvas y empalmes en los rieles. En el año 2016, con el recién formado Grupo de Ensayos de Desgaste y Fricción Sólida de la Tecnicatura Superior en Material Rodante Ferroviario de la UTN, culminamos, en conjunto con el ingeniero Nicolás Urbano Pintos, una plataforma de movimientos lineales tridimensionales para la adquisición de imágenes, que nos permitió compilarlas y procesarlas digitalmente.

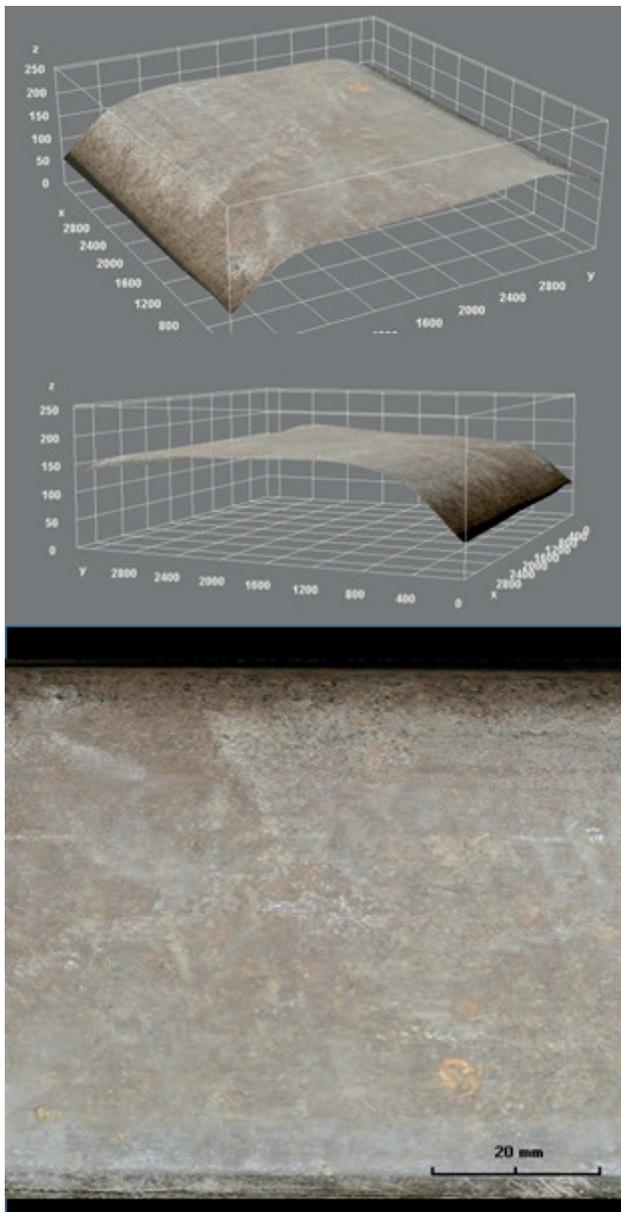


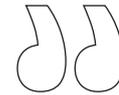
Figura 1. Imágenes de un perfil tridimensional y de la superficie de un riel elaboradas con técnicas de stitching y stacking

¿Cómo funciona el microscopio portátil?

El ingeniero Urbano Pintos se basó en la idea conceptual del primer microscopio Ad Hoc para el armado de un dispositivo de bajo costo, con el fin de evaluar los perfiles de los rieles a partir de imágenes procesadas digitalmente que puedan superponerse sobre el modelo de un riel primitivo nuevo.

En primera instancia, la idea consistió en construir una imagen de buena resolución con técnica de stitching, proceso por el cual se combinan múltiples imágenes para producir una imagen de alta resolución a través de un acoplamiento o solapado de imágenes individuales. Luego, en un proceso de mejora continua, se comenzaron a procesar las imágenes mediante la técnica de stacking, la cual consiste en construir una imagen a partir de una serie de imágenes de la misma posición, obtenidas en distintos planos focales. Esto permitió crear una imagen de alta resolución y eliminar las zonas fuera de foco.

La fricción y el desgaste en sistemas ferroviarios son generados por el movimiento relativo entre la rueda y el riel. Estos se encuentran asociados al tipo de material, las características del contacto, la forma y topografía de la superficie.



¿Cómo está constituido el elemento?

La mayoría de los componentes del dispositivo están conformados por piezas diseñadas con una impresora 3D, con motores comerciales paso a paso y con una cámara de conexión USB comercial. El concepto era elaborar un dispositivo de bajo costo y de diseño elemental.

¿El software que se utiliza para el análisis de imágenes es amigable para el uso cotidiano?

El desarrollo aún es experimental, se han utilizado diferentes softwares libres de prueba, cada uno con sus puntos a favor y en contra. Los de más rápido procesamiento requieren procesadores más potentes y los más amigables no dejan mucha información, o frente a la cantidad de imágenes adquiridas no "cosen" de forma correcta, armando panorámicas un poco distorsionadas.

¿El dispositivo podría ser utilizado por cualquier personal de infraestructura?

Por supuesto. Cualquier persona con conocimientos básicos de los programas utilizados y con cuidados

elementales, puede adquirir imágenes y procesarlas in situ. Aunque el análisis puede ser más factible que se realice en pantallas con mayor resolución.

¿Se realizaron ensayos o pruebas?

Las pruebas al momento son solo experimentales. Si bien el equipo está pensado para ser transportable, se requieren algunos ajustes de luces. La adquisición de imágenes con luz natural debe mejorarse para obtener el máximo aprovechamiento de las tomas y que no dificulten la confección de la imagen global.



Figura 2. Vista general del dispositivo en un análisis de perfil de riel en laboratorio

¿Cuáles fueron sus resultados?

Los resultados de las pruebas fueron satisfactorios, pero surgen algunos detalles de ajuste que son absolutamente necesarios, como la adecuación de la iluminación al momento de adquirir las imágenes en superficies curvas o metálicas brillantes.

¿Qué tipo de alcance tiene el elemento?

El microscopio, con una mínima reestructuración de diseño y adecuación de sus piezas, podría considerarse un dispositivo de amplio alcance. Dentro del ámbito ferroviario, también podría utilizarse para determinar el desgaste en ejes de pares montados, perfiles de llantas, cojinetes de rodamiento, etc. Su uso es aplicable tanto en la industria ferroviaria, como en cualquier industria metalmeccánica u otro tipo de industrias, donde se necesite conocer el desgaste de piezas que están en contacto entre sí, o en constante fricción.

Considerando que la seguridad operacional se basa en la reducción del riesgo en las operaciones normales de trabajo, ¿en qué considera que beneficiaría la implementación de este microscopio?

A partir de este desarrollo se podría implementar un plan de inspección, teniendo en cuenta las variables de circulación del ferrocarril por empalmes, curvas, aparatos de vía, etc., o dar indicios de desgaste en flancos

internos de rieles que pudieran estar relacionados con problemas de lubricación.

¿Podría implementarse el uso de este dispositivo en un plan de mantenimiento?

Claramente. En todas las zonas potencialmente críticas, teniendo en cuenta todas las variables vinculadas, como carga pesada, velocidad, etc. También podría conformarse una compilación de datos para ir evaluando la evolución de las superficies y perfil de contacto. Cree usted que, con la implementación de este microscopio, ¿nos estaríamos adentrando en un sistema proactivo?

“Si lo analizamos desde la seguridad, el desgaste de ruedas y rieles puede provocar head checks, deformaciones superficiales, ondulaciones, etc., que promueven el eventual desarrollo de fisuras con desenlaces no deseados.



Sí, porque este tipo de elemento, utilizado para las tareas de inspección de vías, por ejemplo, permitiría obtener información mucho más precisa de las condiciones de desgaste en curvas, rectas, empalmes, aparatos de vía, etc., proveniente del análisis de imágenes de alta resolución; lo cual podría emplearse en la proyección de planes de mantenimiento futuros, evitando, por ejemplo, fisuras o roturas que puedan contribuir al desencadenamiento de accidentes.

Presentación

El ingeniero mecánico Maximiliano Zanin fue director de la Tecnicatura Universitaria en Material Rodante Ferroviario en la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo (UTN-FRH). Actualmente, dirige un grupo de I+D+i en el Laboratorio de Ensayos de Desgaste y Fricción Sólida en la misma facultad.

Entre los proyectos más sobresalientes, resaltan la evaluación de superficies de desgaste, los ensayos de fricción y desgaste de distintos materiales y experimentaciones con lubricación sólida para pestaña de ruedas ferroviarias. Este grupo de investigación dio nacimiento a la materia electiva “Introducción al desgaste mecánico”, dictada actualmente en la carrera de Ingeniería Ferroviaria de la UTN-FRH.

Recientemente, Zanin fue designado como Secretario de Investigación, Innovación y Posgrado de la Facultad Regional Haedo, a cargo de las actividades de investigación y la gestión de nuevos desarrollos.