

Estudio del Fenómeno de Fatiga de Contacto por Rodadura en la FRH

Study of Rolling Contact Fatigue Phenomenon at the FRH

Presentación: 05/09/2023

Javier Fava

Facultad Regional Haedo, Universidad Tecnológica Nacional
Departamento de Ensayos No Destructivos y Estructurales, Comisión Nacional de Energía Atómica
jfava@frh.utn.edu.ar

Resumen

En el año 2014 en la Facultad Regional Haedo (FRH), de la Universidad Tecnológica Nacional (UTN), comienza a dictarse la carrera de Ingeniería Ferroviaria. En el contexto de esta carrera surgen grupos de I+D+i, entre los cuales está el nuestro: “Ensayos No Destructivos Aplicados a la Industria Ferroviaria”. A partir del estudio de un fenómeno particularmente importante en el contacto rueda/riel, como es la fatiga de contacto por rodadura, en este trabajo se cuenta cómo se formó nuestro grupo en ese tema particular y su relación con las demás líneas de investigación y con los contenidos académicos aportados a la carrera de Ingeniería Ferroviaria.

Palabras clave: Fatiga, Contacto, Rodadura, Ferroviaria, Regional-Haedo, UTN

Abstract

In 2014 at the Haedo Regional Faculty (FRH), National Technological University (UTN), the Railway Engineering career began. In the context of this career, R+D+i groups arose, among which is ours: “Non-Destructive Testing Applied to the Railway Industry.” From the study of a particularly important phenomenon in wheel/rail contact, the rolling contact fatigue, in this work we tell how our group was established and developed in that topic and its relationship with the other research lines and with the academic contents contributed to the Railway Engineering career.

Keywords: Rolling, Contact, Fatigue, Railway, Regional-Haedo, UTN

Introducción

El grupo de I+D+i, Ensayos No Destructivos Aplicados a la Industria Ferroviaria, se formó en 2015 y comienza sus actividades formales en la FRH en 2016 con el primer Proyecto de Investigación y Desarrollo (PID-UTN) homologado; aunque en 2015 se había ganado un proyecto subsidiado del Programa Universidad y Transporte de la Secretaría de Políticas Universitarias del Ministerio de Educación de la Nación. Se formó un grupo multidisciplinario, tal como lo es la actividad de los Ensayos No Destructivos (END). Se comenzó con una investigación general sobre defectos posibles de ser evaluados por END que se presentan en diversos componentes ferroviarios: ejes, ruedas y rieles. Luego, el grupo decidió especializarse en defectos producidos por Fatiga de Contacto por Rodadura (FCR) en rieles.

Al comenzar las tareas de investigación en el grupo de I+D+i de la FRH mencionado, algunos teníamos formación en el área de los END, la ciencia de materiales y otros en el área de la ingeniería electrónica; por lo 4to de Congreso sobre medios de transporte y tecnologías asociadas

tanto, nos tuvimos que empezar a formar en área de los END aplicados a ferroviaria. En estas investigaciones fue que nos sumergimos en la fatiga aplicada al contacto rueda/riel. Este proceso es un ejemplo de cómo los conocimientos acumulados con la labor científica e ingenieril se pudieron aplicar al desarrollo de una problemática común (como son los rieles), pero con perspectiva local. Como resultados de esas investigaciones surgieron aportes de contenidos para las carreras de ingeniería de la Facultad Regional (Fava, J. & Romero, R., 2022), (Fava et al, 2022), (Romero, R. & Fava, J., 2019) y (Romero, R. & Fava, J., 2019), contribuciones científicas novedosas (Gutiérrez, M., 2023) e interacciones con el ámbito ferroviario y del transporte en general (Fava, J. & Gutiérrez, M., 2022) y (Fava, J., 2023).

La implementación correcta de los END requiere conjugar lo siguiente (Figura 1): (a) conocimiento de la defectología que presenta el componente a evaluar; (b) elección del método de END adecuado, según los defectos identificados en (a); y (c) personal calificado para llevar adelante la aplicación del método elegido en (b). El estudio de la defectología implica conocer las sollicitaciones a las que está sometido el componente y como responde el material en las condiciones de servicio. El objetivo del estudio de los defectos es poder saber cuáles son las condiciones y los lugares en los componentes más probables para que aparezcan los defectos; cuáles son las características principales de esos defectos en cuanto al peligro que conlleva esos daños; y cómo cambia el material para que se puedan producir los defectos. En este trabajo, primero se describe brevemente la FCR (tópico (a) de la figura 1) para introducir al lector en de los temas tratados en el grupo; pero la finalidad de esta descripción es mostrar la relación entre las actividades de I+D+i y las diferentes contribuciones que se fueron aportando a la carrera de ingeniería.

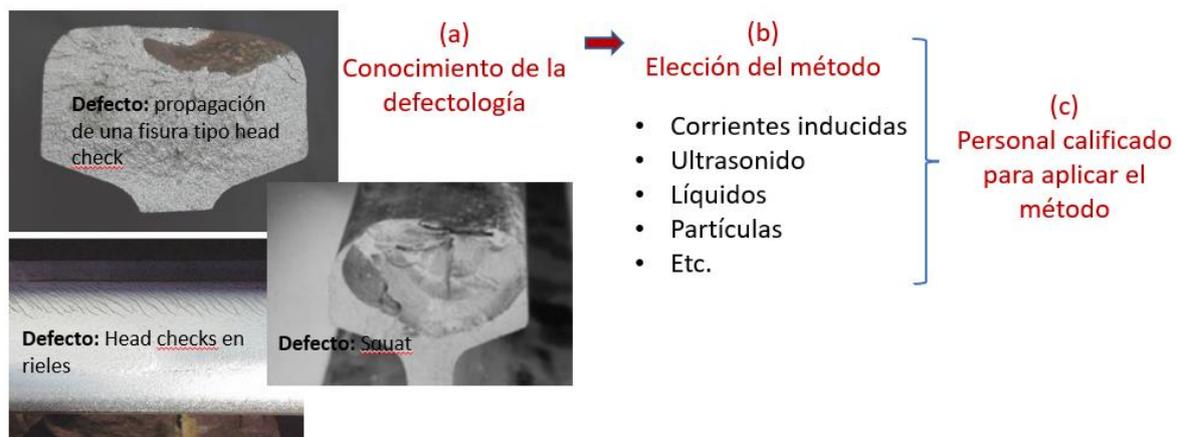


Figura 1: Implementación de un END. En este trabajo nos centramos en (a) para contar como se desarrolló el grupo de I+D+i y como se lograron contribuciones a la carrea de Ingeniería Ferroviaria.

Desarrollo

El fenómeno de fatiga de contacto por rodadura

La FCR es un proceso de degradación progresiva debido a la creación y crecimiento de grietas iniciadas en la superficie del riel (o a pocos milímetros debajo de la superficie: daño subsuperficial). El daño se propaga hasta que el riel se rompe, si no es detectado y reparado a tiempo. Todo el proceso se desarrolla bajo la influencia de las cargas cíclicas del tráfico, que se transfieren al riel a través de la pequeña superficie de contacto rueda/riel. Este efecto se incrementa por el deslizamiento de la rueda y la presencia de grasa o líquidos en la superficie. El daño comienza cuando, por efecto del contacto con la rueda, la capa superficial del riel se deforma y endurece significativamente, en relación con el estado original del riel. Finalmente, el material se fatiga y aparecen los defectos. Una vez producido el daño, generalmente en forma de fisuras (superficiales o subsuperficiales), los siguientes ciclos de rodadura producen la propagación del daño hacia el interior de la cabeza del riel (caso más preocupante porque no es visible) o la pérdida visible de material. Así se desarrolla un crecimiento del daño que es típico de un proceso de fatiga. La Figura 2 resume los pasos que implica la FCR. Este fenómeno afecta

particularmente al riel exterior de curvas entre 500 y 5000 metros de radio, porque la pestaña de la rueda es empujada hacia la esquina de trocha del riel, (Thomas et al, 2010), Figura 3 (a) y (b). En el caso de una vía recta la zona de contacto es sobre la banda de rodadura; aquí, si bien las tensiones son diferentes y menores que en el caso de las curvas, el fenómeno también puede producirse, (Fava, J. & Romero, R., 2022), (Thomas et al, 2010), (Thomas et al, 2007), Figura 3 (c). Además, debe tenerse en cuenta que, según la inclinación de la curva y el estado de los perfiles de la rueda y el riel, pueden producirse más de un punto de incremento de tensiones sobre el riel.

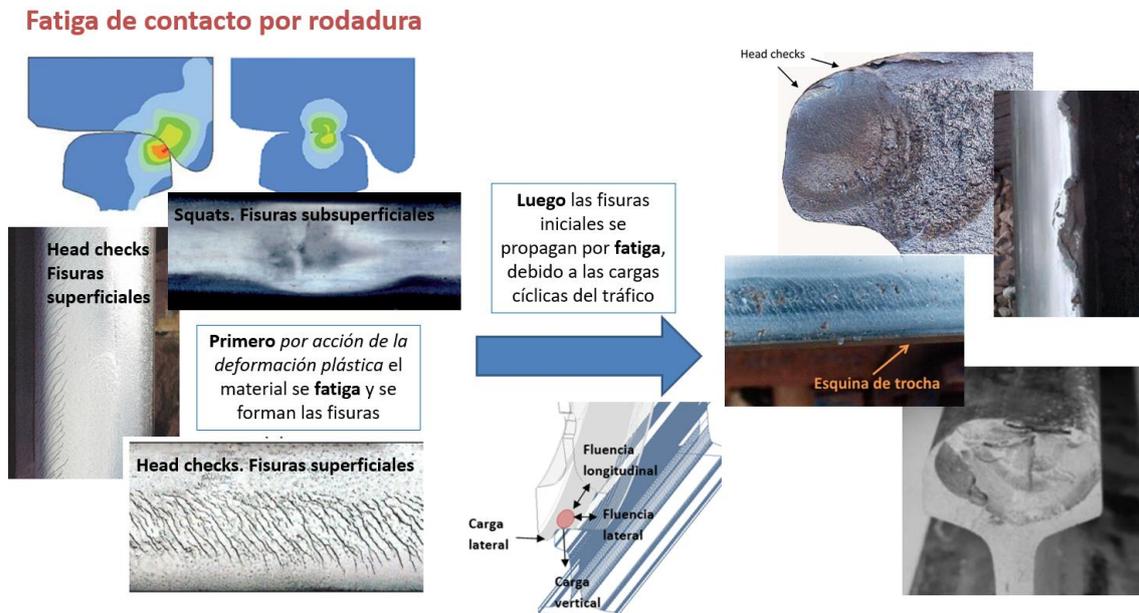


Figura 2: Fatiga de contacto por rodadura.

Las operadoras de la infraestructura ferroviaria realizan esmerilados y controlan el desgaste de los rieles, como acciones de mantenimiento preventivo contra la FCR. Pero en algunos casos este serio problema, puede implicar un reemplazo prematuro de los rieles o ser el origen de una falla completa del riel en servicio, por lo que la aplicación de END es parte fundamental de ese mantenimiento predictivo, Thomas (2007, et al) y Heckel (2009, et al), sólo para mencionar dos ejemplos pioneros entre los tantos que se pueden encontrar. En Thomas et al. (2007) y Heckel et al. (2009) se combinan ultrasonido (US) con Corrientes Inducidas, mostrando un buen ejemplo de complementariedad entre dos métodos de END.

Los defectos de FCR más comunes son los “head checks” (HC) (Figura 3) (Fava, J. & Romero, R. 2022), (Fava et al., 2022), (Grassie, S. L., 2016), (Australian Rail Track Corporation [ARTC], 2006), descascarillado (“shells” o “shelling”) (Figura 4 (a) y (d)) y “squats” (Figura 4 (b)). En menor medida se presentan descamaciones leves (“mild flakings”) (Figura 4 (c)). Los squats, el shelling en estado incipiente, los head check y las descamaciones visualmente pueden observarse como daños leves o de poca pérdida de material. Esta apreciación puede ocultar el desarrollo de un daño más severo hacia el interior del riel. Además, los squats y el shelling (al igual que las quemaduras de rueda, que no se muestran en las figuras) como presentan hundimientos de la superficie del riel, estos hundimientos generalmente indican el desarrollo de fisuras internas que se están propagando, principalmente, en dirección longitudinal. No obstante, cuando existen fisuras externas o internas, esas fisuras (y sus ramificaciones) pueden cambiar de dirección y propagarse de manera tal que produzcan la rotura del riel en servicio.

Los conceptos básicos mencionados sobre FCR y los ejemplos dados no pretenden ser una introducción técnica; sino mostrar cómo se comenzaron a desarrollar las investigaciones en el grupo de I+D+i. Primero se estudió la defectología, para luego elegir un método y una técnica de END que pudiéramos desarrollar en el laboratorio y que permitiera evaluar algunos de los defectos estudiados.

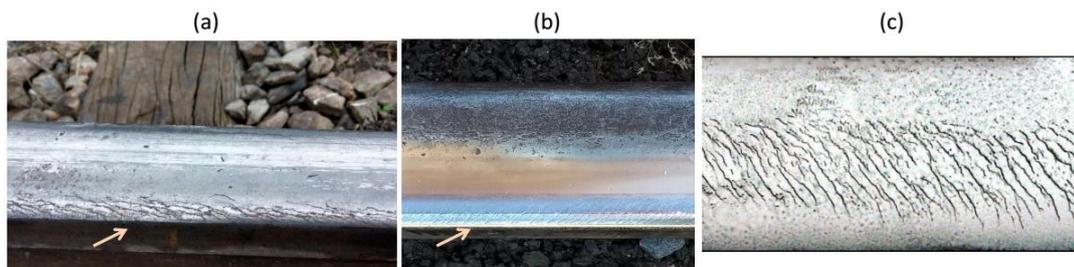


Figura 3: Head check en la esquina de trocha: (a) vía Línea San Martín, Argentina; (b) vía Línea Sarmiento, Argentina. (c) Head check en banda de rodadura, (Dey et al, 2008).

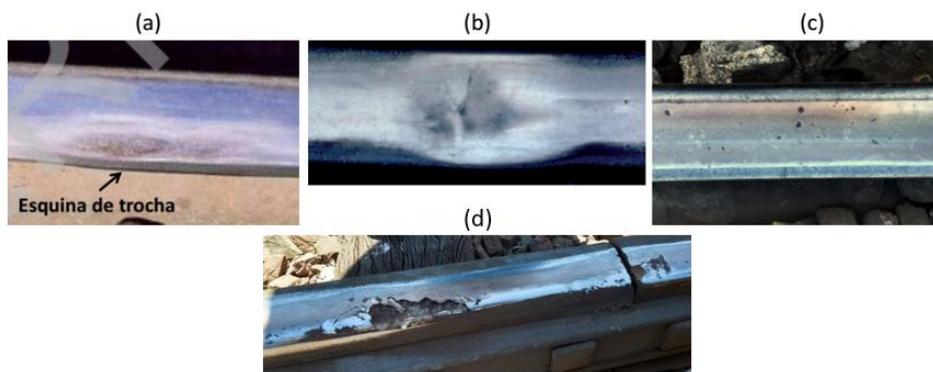


Figura 4. a) Descascarillado incipiente (shelling), (Australian Rail Track Corporation [ARTC], 2006), b) Squat, (Grassie, S. L., 2011). c) Descamaciones leves (mild flakings). d) Shelling avanzado. c) y d) Imágenes de línea del ferrocarril Sarmiento cercanías de estación Haedo.

El estudio de la defectología nos permitió conocer que el inicio de las fisuras se produce luego de la fatiga del material, el cual se endurece y fragiliza. Según el tipo de defecto se pueden presentar fisuras superficiales, abiertas a la superficie y visibles, y/o subsuperficiales, que no quedan abiertas a la superficie hasta que el riel se rompe, apareciendo un hundimiento o hay pérdida de material (Figura 5). Uno de los objetivos de los END es poder detectar el daño en el estado incipiente. El tipo de conocimientos logrados sobre la defectología y sobre las transformaciones que puede sufrir la superficie del riel en servicio, indican que el método de Corrientes Inducidas resulta el método más adecuado para la evaluación del daño incipiente. Teniendo en cuenta lo anterior, en nuestro laboratorio se desarrolló un equipo prototipo para la inspección de defectos simulados en rieles por el método de CI (Figura 6). El equipo aplica la técnica de emisor-receptor de campo cercano, la cual se recomienda para materiales ferromagnéticos, como el caso del riel.

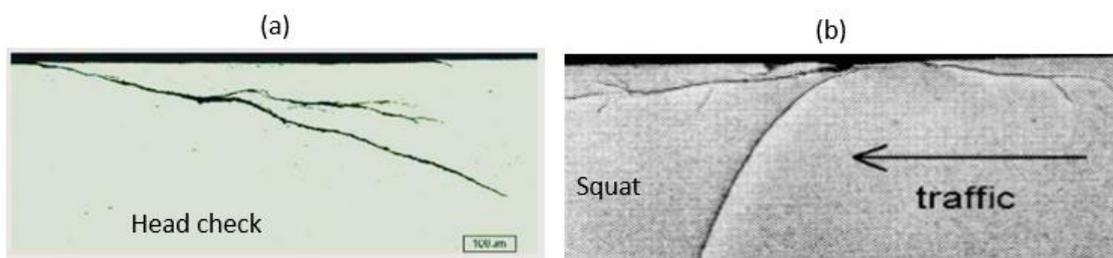


Figura 5: (a) Detalles de fisuras tipo head check. b) Detalles de fisura subsuperficiales en un squat.

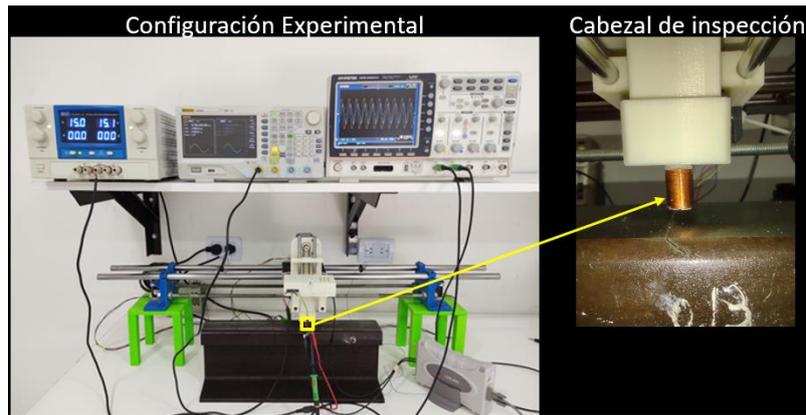


Figura 6: Equipo prototipo de laboratorio que aplica la técnica de CI de emisor-receptor de campo cercano.

Conclusiones

La experiencia con la formación de nuestro laboratorio muestra que la combinación de estudio e investigaciones entre diferentes disciplinas puede dar lugar a desarrollos novedosos, la formación de recursos humanos calificados, la generación de material que enriquece los contenidos académicos universitarios y la interacción con el ambiente ferroviario fuera de la universidad. No obstante, todas estas buenas conclusiones, hoy nos encontramos en una situación en la que es muy difícil incorporar y mantener en el laboratorio los RRHH.

Referencias

- Anandika, R., Stenström, C. and Lundberg, J. (2019). Non-destructive measurement of artificial near-surface cracks for railhead inspection. *Insight*, 61(7), 373-379. doi.org/10.1784/insi.2019.61.7.373.
- ARTC Australian Rail Track Corporation, Australia. (2006). Rail Defects Handbook: Some Rail Defects, their Characteristics, Causes and Control. Accedido: 26/04/2018. Disponible: <https://extranet.artc.com.au/docs/eng/track-civil/guidelines/rail/RC2400.pdf>.
- Dey, A., Thomas, H. M. and Pohl, R. (2008). The important role of eddy current testing in railway track maintenance. In 17th World Conference on Nondestructive Testing, Shanghai, China. 25-28 Oct 2008.
- Fava, J. y Romero, R. (2022). Defectos en rieles y elementos para su inspección no destructiva, Material de la carrera de Ingeniería Ferroviaria, Grupo de Ensayos No Destructivos Aplicados a la Industria Ferroviaria, Facultad Regional Haedo, Universidad Tecnológica Nacional, Haedo, Argentina.
- Fava, J., Gutiérrez, M. y Romero, R. (2022). Fatiga de contacto por rodadura en rieles, Material de la carrera de Ingeniería Ferroviaria, Grupo de Ensayos No Destructivos Aplicados a la Industria Ferroviaria, Facultad Regional Haedo, Universidad Tecnológica Nacional, Haedo, Argentina.
- Fava, J. y Gutiérrez, M. (2022). Ensayos No Destructivos Aplicado a la Industria Ferroviaria. Seminario dictado en Centro Nacional de Capacitación Ferroviaria (CENACAF), Argentina. 30 de agosto y 1ro de septiembre 2023.
- Fava, J. (2023). Sistema de inspección por corrientes inducidas para la detección de fisuras en rieles ferroviarios producidas por fatiga de contacto por rodadura. Mesa: Las Innovaciones tecnológicas y su impacto en los distintos modos de transporte. Diversos anclajes. Primer Simposio Internacional de Seguridad en el Transporte: Presente y Futuro de la Seguridad en el Transporte en la Argentina y la Región (<https://so.jst.gov.ar/simposio/>).
- Grassie, S. L. (2011). Squats and squat-type defects in rails: the understanding to date. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part F: Journal of Rail and Rapid Transit*, 226(3), 235-242.
- Grassie, S. L. (2016). Studs and squats: The evolving story. *Wear*, 366-367, 194-199. doi.org/10.1016/j.wear.2016.03.021.

Gutiérrez, M. (2023). Integrante del Grupo I+D+i y diseñador de la página web: <http://ndt.frh.utn.edu.ar/>.

Heckel, T., et al. (2009). High Speed Non-Destructive Rail Testing with Advanced Ultrasound and Eddy-Current Testing Techniques. In NDT in Progress 2009, 5th International Workshop of NDT Experts. Prague. 12-14 Oct 2009.

Romero, R. y Fava, J. (2019). Métodos Ópticos para la inspección de rieles, Material de la carrera de Ingeniería Ferroviaria, Grupo de Ensayos No Destructivos Aplicados a la Industria Ferroviaria, Facultad Regional Haedo, Universidad Tecnológica Nacional, Haedo, Argentina.

Romero, R. y Fava, J. (2019). Defectología y métodos de ensayos no destructivos aplicados a ruedas y ejes, Material de la carrera de Ingeniería Ferroviaria, Grupo de Ensayos No Destructivos Aplicados a la Industria Ferroviaria, Facultad Regional Haedo, Universidad Tecnológica Nacional, Haedo, Argentina.

Thomas, H. M., Heckel, T. and Hanspach, G. (2007). Advantage of a combined ultrasonic and eddy current examination for railway inspection trains. *Insight*, 49(6), 341-344.

Thomas, H. M., Dey, A. and Heyder, R. (2010). Eddy current test method for early detection of rolling contact fatigue (RCF) in rails. *Insight*, 52(7), 361-365. doi:10.1784/insi.2010.52.7.361.