

# CARACTERÍSTICA METALGRÁFICA DE UN RIEL DECAUVILLE DONADO POR EL MUSEO Y CENTRO CULTURAL FERROVIARIO “RAUL SCALABRINI ORTIZ”

Guadalupe Trejo<sup>1</sup>; Patricia Carrizo<sup>2</sup>; Julián De Falco<sup>3</sup>; Khalil Figueroa<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Integrante Proyecto Ingeniería Inversa aplicada al estudio calidades de rieles, IMTECAP, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza, Argentina

<sup>2</sup> Responsable Área Arqueometalurgia, IMTECAP, Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Mendoza, Argentina

e-mail: [guadalupe.trejo@alumnos.frm.utn.edu.ar](mailto:guadalupe.trejo@alumnos.frm.utn.edu.ar)

**Resumen:** El espécimen que se estudia en este trabajo es un perfil de riel de trocha angosta del tipo Decauville donado por el Museo y Centro de Cultural Ferroviario “Raúl Scalabrini Ortiz” que está ubicado en la ciudad Haedo, provincia de Buenos Aires. El perfil de riel fue concedido en forma de cooperación con el proyecto PID: 8543-Ingeniería Inversa Aplicada al estudio de Calidades en Materiales de Rieles Ferroviarios Históricos, con el cual se realiza una investigación en el Área Arqueometalurgia que funciona dentro del Instituto de Materiales y Tecnología Aplicada (IMTECAP) perteneciente a la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza. Este tipo de rieles fue utilizado en Argentina a partir del año 1884 como vías secundarias que se montaban y desmontaban para realizar el transporte de cargas. Específicamente, este perfil de riel Decauville en la estación de Haedo del Ferrocarril del Oeste de Bs. As. (FCO) se lo utilizó como vía auxiliar para transportes hacia y desde el taller del mencionado ferrocarril. Previo a su estudio se realizó la preparación del material mediante lijado con lijas al agua y el pulido a espejo. Se realizaron micrografías para observar la estructura interna del material y las macrografías para obtener calidad del material para ambos procesos se utilizó el reactivo Nital 2%. La composición química se obtuvo por una espectroscopia de plasma. También se realizaron mediciones de microdureza en distintas zonas del respectivo riel. Se agrega conocimiento histórico del material de las vías de ferrocarril que existió en el país aportado por el Museo y Centro Cultural Ferroviario, los cuales fueron investigados y profundizados.

**Palabras claves:** Decauville, Micrografía, Macrografía, Calidad, Vía Auxiliar.

## INTRODUCCIÓN

El espécimen que se estudia en este trabajo es un perfil de riel de trocha angosta del tipo Decauville donado por el Museo y Centro de Cultural Ferroviario “Raúl Scalabrini Ortiz” que está ubicado en la ciudad Haedo, provincia de Buenos Aires. Este tipo de rieles fue utilizado en Argentina a partir del año 1884 como vías secundarias que se montaban y

desmontaban para realizar el transporte de cargas. Específicamente, este perfil de riel Decauville en la estación de Haedo del ferrocarril del Oeste de Bs. As. (FCO) se lo utilizó como vía auxiliar para transportes hacia y desde el taller del mencionado ferrocarril. Decauville fue una fábrica francesa de locomotoras, vagones y rieles creada por el ingeniero Paul Decauville (1846-1922), pionero del ferrocarril industrial. La empresa, fundada en 1875 en la comuna francesa de Corbeil-Essonnes (muy próxima a París), tuvo su origen en la aplicación de vías desmontables metálicas a las tareas agrícolas. En la actualidad, se dedica a la fabricación de carrocerías y equipos especiales para vehículos pesados.

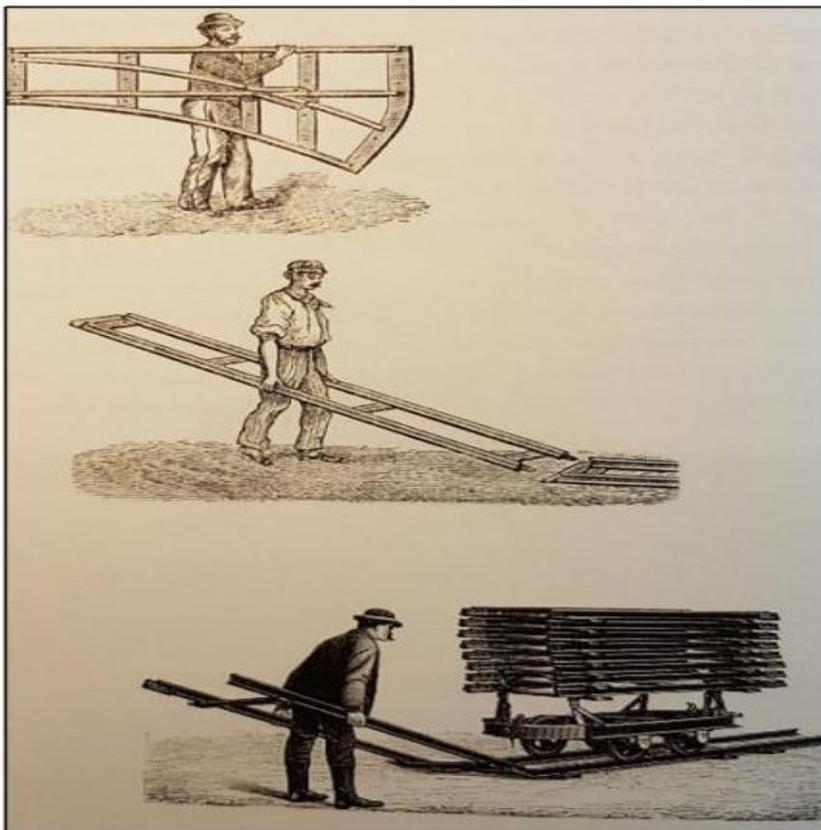
Su principal innovación fue el uso de secciones prefabricadas de vía estrecha listas para utilizarse, compuestas por carriles fijados sobre traviesas de acero. Su primer ferrocarril tenía un ancho de vía de 400 mm (1' 3,70"). Posteriormente, Decauville refinó su invento y amplió la anchura a 500 mm (1' 7,70") y a 600 mm (1' 113/5") (Figuras 1 y 2).

“Su formación de ingeniero lo condujo a la innovación de los carriles de vía angosta (de 40 y/o 50 cm de ancho), para que fueran portátiles: el riel y el durmiente eran una sola pieza, como una escalera.<sup>4</sup> Con ellos construyó un camino de acero, que fácilmente se desmontaba por ser ligero y de ensamblaje simple (Imagen 1). Para la creación del material rodante se apoyó en el principio de la división de cargas: distribuyó el peso en numerosos vehículos planos y sobre ellos colocó canastos metálicos trapezoides. Según la narrativa de Decauville, su innovación creó el ferrocarril portátil, un transporte que le permitió realizar con mayor eficiencia su actividad agrícola; al

mecanizar la recolección de la cosecha, consiguió obtener 9.000 toneladas de remolacha, un acopio histórico en el registro de sus cosechas (Decauville, 1884). El ferrocarril estaba formado por varias plataformas que al ser cargadas con la remolacha corrían sobre la vía en senderos cortos de 100 m., aproximadamente (Fresné, 2007; Marchi, 2012). Así, los trabajadores del campo recolectaban el producto apoyados en canastos y una vez llenados, los colocaban en los carros; los empujaban rumbo al punto de acopio” (Rangel Vargas, 2022, p. 56).

## Figura 1

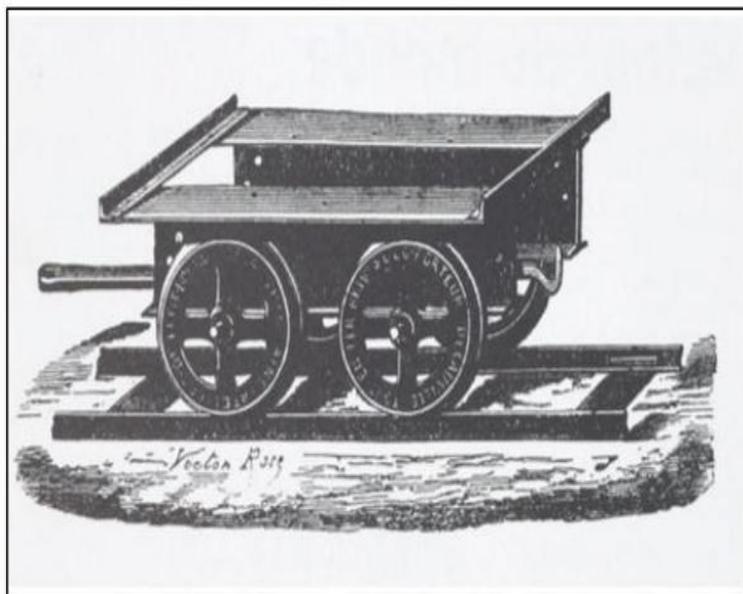
*Dibujo que muestra el tamaño, peso y flexibilidad de la vía portátil*



*Nota.* Reproducido de Rangel Vargas, J. M. (2022). Los ferrocarriles portátiles Decauville y la modernización de la hacienda mexicana: El caso de la producción y transporte de henequén y pulque, c. 1880-1907. *Historia Agraria De América Latina*, 3(01), 51–81. <https://doi.org/10.53077/haal.v3i01.110>. (p. 57).

## Figura 2

*Vehículo metálico diseñado por Paul Decauville para la recolección de remolacha con capacidad de 250 kilos.ca.1880*



*Nota.* Reproducido de Rangel Vargas, J. M. (2022). Los ferrocarriles portátiles Decauville y la modernización de la hacienda mexicana: El caso de la producción y transporte de henequén y pulque, c. 1880-1907. *Historia Agraria De América Latina*, 3(01), 51–81. <https://doi.org/10.53077/haal.v3i01.110>. (p. 57).

El Museo Nacional Ferroviario "Raúl Scalabrini Ortiz" de la Argentina se encuentra en la Ciudad de Buenos Aires, en Avenida del Libertador 405, en Retiro. Fundado en 1971, el Museo Nacional Ferroviario "Raúl Scalabrini Ortiz" brinda a sus visitantes recorridos guiados en español, inglés y portugués.

Entre máquinas que expenden y pican boletos, candados, fechadores, mobiliarios de oficina, fuelles, relojes, telégrafos, teléfonos, zorras, velocípedos y otros cientos de objetos protagonistas del quehacer cotidiano de los Ferrocarriles Argentinos en los últimos ciento sesenta

años, se destacan en su colección piezas únicas a nivel internacional como una autovía de principios del S. XX, una locomotora a vapor de trocha ancha -denominada "PATRIA"- del año 1896 y una de trocha de 60 cm. marca Hunslet del año 1919 que funcionó en el Ferrocarril Económico Correntino.

**OBJETIVO:** Analizar las características metálicas del riel de trocha angosta tipo "Decauville" y comparar con materiales modernos ferroviarios.

## **PARTE EXPERIMENTAL**

El ejemplar que se recibió para el estudio se muestra en la Figura 3. Se le realizó el proceso de lijado siguiendo una secuencia de lijas de 60 - 80 - 120- 360 - 500 - 1200 - 2500 (granos/cm<sup>2</sup>). A continuación, se pulió hasta un pulido espejo. Para las micrografías, se tomó con ataque en distintos sectores mostrados en las Figuras 4, 5 y 6. El ataque fue de segundos, aproximadamente 10 segundos, con el reactivo Nital 2%. Se procedió a observar una micrografía metálica en tres distintos sectores de cambio de dimensión de dicho riel, nombrados como cabeza, alma y patín. Los cuales son mostrado en las Figuras 4, 5 y 6 mediante un microscopio metalográfico.

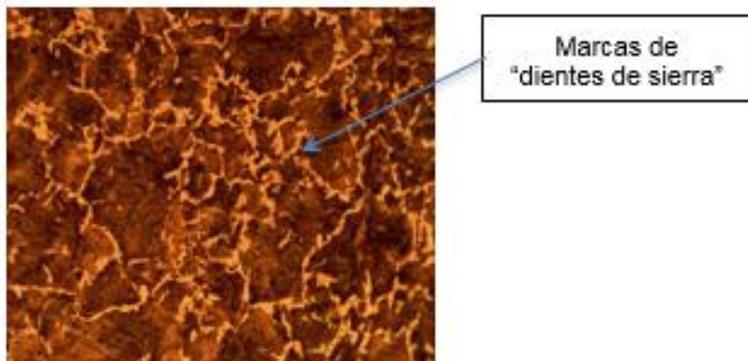
**Figura 3**

*Perfil de riel de trocha angosta, tipo Decauville.*



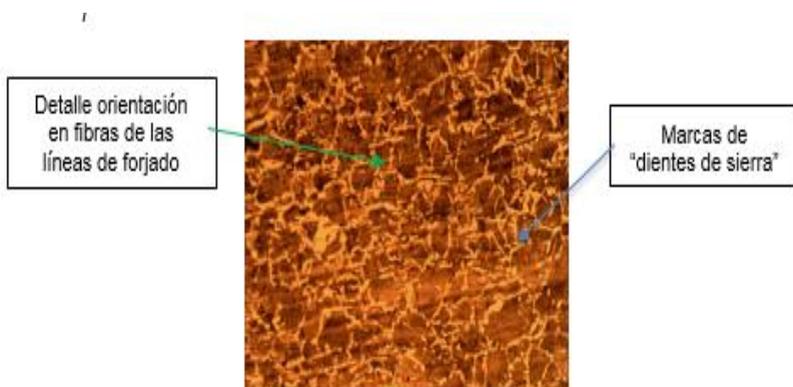
**Figura 4**

*Micrografía de la Cabeza. Aumento: 100X*



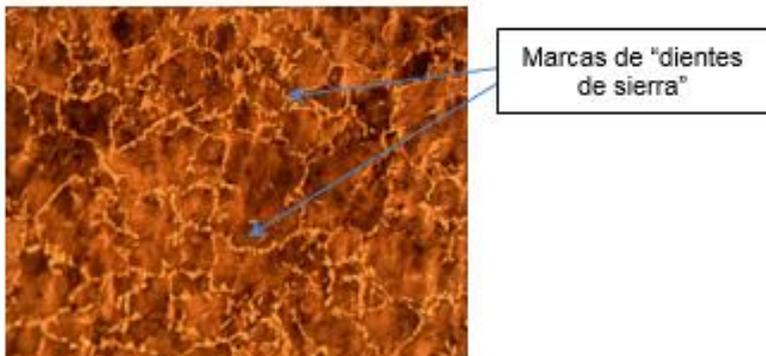
**Figura 5**

*Micrografía del Alma. Aumento: 100X*



## Figura 6

*Micrografía de Patín. Aumento: 100X.*



Se procedió nuevamente a realizar el proceso de lijado siguiendo una secuencia de lijas de 60 - 80 - 120- 360 - 500 - 1200 - 2500 (granos/cm<sup>2</sup>) y posteriormente se procedió a un pulido con Alúmina, para poder eliminar el ataque realizado con anterioridad con el reactivo Nital 2%. Con el objetivo de ejecutar una macrografía a dicho ejemplar, la cuales se muestran en las Figuras 7, 8, 9 y 10.

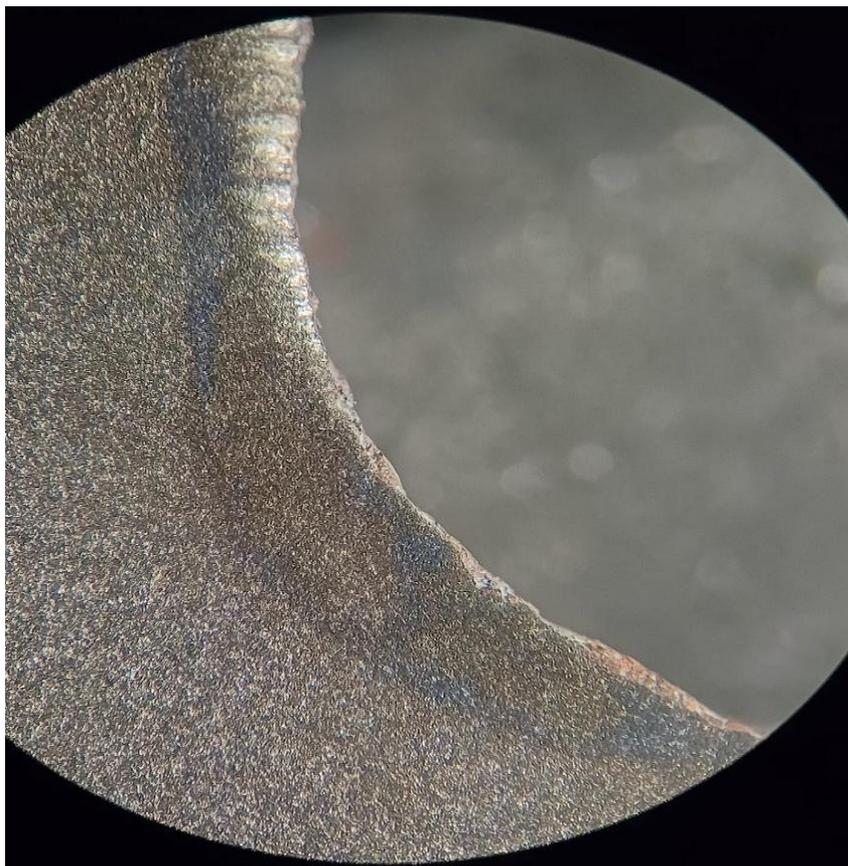
**Figura 7**

*Macrografías del riel de trocha angosta del tipo Decauville.*



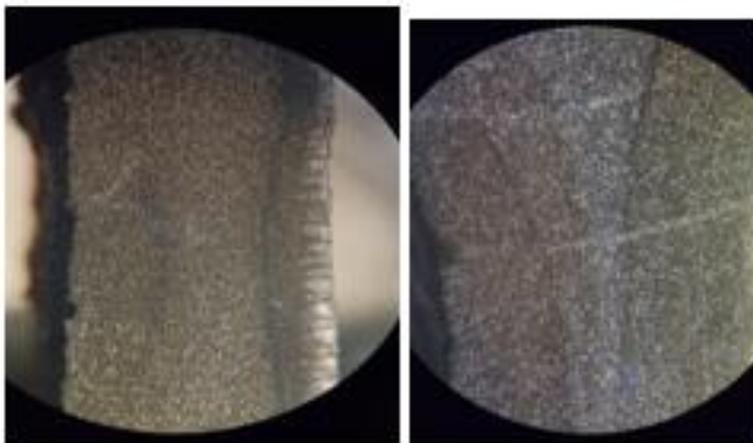
**Figura 8**

*Macrografias de Patín. Aumento: 6.7 $\mu$ m*



## Figura 9

Macrografías de Alma. Aumento: 6.7 $\mu$ m.



Se realizó el estudio de la composición química mediante un espectrómetro portable con espectroscopia de plasma, las cuales se pueden apreciar en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Composición química del riel de trocha angosta, tipo Decauville.*

| <b>Elementos</b> | <b>%m/m</b>  | <b>Elementos</b> | <b>%m/m</b>      |
|------------------|--------------|------------------|------------------|
| <b>C</b>         | <b>0.52</b>  | <b>Mo</b>        | <b>&lt;0.003</b> |
| <b>Si</b>        | <b>0.055</b> | <b>Ni</b>        | <b>0.12</b>      |
| <b>Mn</b>        | <b>0.92</b>  | <b>Al</b>        | <b>&lt;0.003</b> |
| <b>Pmax</b>      | <b>-</b>     | <b>Co</b>        | <b>0.026</b>     |
| <b>Smax</b>      | <b>-</b>     | <b>Cu</b>        | <b>0.098</b>     |
| <b>Cr</b>        | <b>0.050</b> | <b>Nb</b>        | <b>0.020</b>     |

## Figura 10

*Macrografías de la cabeza. Aumento: 6.7 $\mu$ m.*



Se procedió a la realización de un estudio de mediciones de dureza en las tres distintas zonas del ejemplar las cuales se pueden visualizar en las Figuras 4, 5 y 6 mediante un microdurómetro en la escala HV, mostrado en la Tabla 2.

**Tabla 2**

*Perfil de microdureza del riel de trocha angosta del tipo Decauville.*

|                            | Cabeza | Alma | Patín |
|----------------------------|--------|------|-------|
| Perfil de Microdureza (HV) | 263    | 214  | 198   |
|                            | 236    | 212  | 180   |
|                            | 241    | 201  | 208   |
|                            | 259    | 197  | 239   |
|                            | 204    | 187  | 239   |
| Promedio (HV)              | 240    | 202  | 112   |
| Equivalencia (HRB)         | 98     | 92   | 96    |

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

En el caso de la micrografía del riel de trocha angosta del tipo Decauville, mostrados en las Figuras 4, 5 y 6 en distintos sectores nombrados con Cabeza, Alma y Patín, se observa una matriz ferrita (zona clara) combinada con perlita (zona oscura) de un acero hipoeutectoide con un contenido medio de carbono (0.52 %C) de acuerdo a lo revelado por el análisis de composición química, es decir que el material de este riel histórico “Decauville” se trataría de un acero estructural que es utilizado en la fabricación de productos largos y de perfiles estructurales (ASM International, 1985). En las micrografías citadas se observa el grano del material con indicios de deformación en frío debidos a los esfuerzos o cargas actuantes sobre el riel, estas deformaciones del grano se denominan “dientes de sierra”

En las macrografías correspondientes mostradas en las Figuras 7, 8, 9 y 10 se puede observar claramente un perfecto delineado de las fibras

del material constituyente, formadas por bandas de ferrita y perlita, en la zona del borde del perfil, no se observaron huecos, rechupes, burbujas o algún indicio que indicara mala calidad del material del riel y del proceso de fabricación.

Se realizó un perfil de dureza en tres distintas zonas del ejemplar, las cuales se pueden visualizar en las Figuras 4, 5 y 6, indicada en la Tabla 2. Consideramos tres valores promedios de dureza en las tres zonas característica que son la cabeza con un valor de 240 HV(98 HRB), el alma con un valor de 202 HV(92 HRB) y el patín con un valor de 212 HV(96 HRB).

Es oportuno relacionar su semejanza con respecto a algún material moderno, entonces podemos observar según la Tabla 1, que el riel de trocha angosta del tipo Decauville estudiado mantiene semejanzas con respecto a la composición química de la fabricación de rieles en la actualidad, mostrado en la Tabla 3. También se puede apreciar por la Tabla 2 que dicho ejemplar tiene valores de dureza semejante a los valores de dureza actuales de los rieles (ver Tabla 4) los cuales contienen valores muy aproximados en las tres zonas característica de dicho ejemplar.

**Tabla 3**

*Materiales de los rieles según su origen*

| <b>Composición Química wt%</b> | <b>Fabricación en Europa</b>     | <b>Fabricación en EE.UU</b>      |
|--------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| <b>wt%C</b>                    | <b>0.4-0.57</b>                  | <b>&gt;0.57</b>                  |
| <b>wt%Mn</b>                   | <b>0.8-1.2</b>                   | <b>&lt;0.8</b>                   |
| <b>wt%Si</b>                   | <b>0.1-0.25</b>                  | <b>0.1-0.25</b>                  |
| <b>wt%P</b>                    | <b>Máximo permitido &lt;0.06</b> | <b>Máximo permitido &lt;0.06</b> |

**Tabla 4**

*Dureza actual de los rieles, valores expresados en dureza Rockwell (HRB)*

| <b><i>Tipos de rieles actuales</i></b> | <b><i>Mínimo</i></b> | <b><i>Máximo</i></b> |
|--|----------------------|----------------------|
| <b>Rieles normales</b>                 | <b>107HRB</b>        | <b>-</b>             |
| <b>Rieles de altas resistencias</b>    | <b>109 HRB</b>       | <b>112 HRB</b>       |

## **CONCLUSIONES**

Considerando los estudios de micrografías, valores de composición química y del perfil de dureza obtenidos en el riel de trocha angosta del tipo Decauville y comparándolo con los valores de un riel actual, podemos decir que el ejemplar cumple con las especificaciones estándar. Se concluye sobre los efectos de la deformación en frío en el ejemplar es que permite una mayor resistencia y dureza del acero, provocando que resistiera más al desgaste y la fatiga. Al tener una mayor resistencia a la fatiga del acero, permitiendo una mayor susceptibilidad a la formación de grietas y fracturas. Desde el punto de vista de la calidad del material, según lo evaluado a partir de los estudios realizados, se concluye que el material presenta buena calidad y ha sido conformado mediante procesos de fabricación controlados.

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores de este trabajo desean agradecer al Museo y Centro de Cultural Ferroviario “Raúl Scalabrini Ortiz” por su contribución en esta investigación.

## **REFERENCIAS**

- ASM International (1985). *ASM Handbook. Metallography and Microstructures* (ninth ed., Vol. 9). American Society for Metals.
- Rangel Vargas, J. M. (2022). Los ferrocarriles portátiles Decauville y la modernización de la hacienda mexicana: El caso de la producción y transporte de henequén y pulque, c. 1880-1907. *Historia Agraria De América Latina*, 3(01), 51–81. <https://doi.org/10.53077/haal.v3i01.110>.

\* \* \*