

Un cambio de paradigma en el planteamiento y ejecución del Plan de Mantenimiento: paso de la estrategia tradicional a otra dinámica

Autores: Jaime Borrell, Marcos Coca, Vicente Fuerte, Pau Gratacós, Guillermo Sospedra, Àlex Trilla

Abstract

La solución HealthHub™ es la propuesta de Alstom para afrontar las exigentes mejoras de disponibilidad sin incrementar los costes de mantenimiento. La propia solución plantea un cambio de paradigma en el planteamiento y ejecución del plan de mantenimiento, pasando de un plan tradicional con acciones asociadas al kilometraje a uno nuevo, dinámico, basado en la condición de los activos y la predicción de su evolución. Para hacerlo, la solución dispone de un sistema de análisis capaz de ajustar en el diagnóstico y en el pronóstico los futuros escenarios (sistema predictivo). El desarrollo de esta nueva solución predictiva se basa en la colaboración entre un equipo de *data scientists* que implementan diferentes técnicas de procesado y otro de ingenieros ferroviarios que aportan el conocimiento del entorno necesario. El resultado permite sistematizar los análisis y poder exportar al equipo de operaciones acciones concretas para el mantenimiento de los activos de forma autónoma a través de una nueva plataforma de ejecución y de visualización. La información se transite aplicando una metodología respetuosa con la normativa vigente como la “ISO 13374 for Condition Monitoring and Diagnostics of Machine System” generando una serie de indicadores del estado de degradación (“health indicator”) capaces de detectar las degradaciones incipientes e invisibles para el ojo humano. Los indicadores, debidamente contextualizados, se introducen a la cadena de decisión de la operación de forma estructurada para garantizar la óptima dirección de los recursos de operaciones (acciones claras por equipo) y satisfacer los compromisos de disponibilidad de la flota.

Ponencia

Tipos de mantenimiento y sus restricciones en el entorno ferroviario

Los planes de mantenimiento que contractualmente establecen la relación entre el operador y el mantenedor se basan en un plan de mantenimiento preventivo; pudiendo incluir también un mantenimiento correctivo.

Este mantenimiento preventivo, basado en el potencial de vida de los componentes, es la base de la gestión para los equipos de operación del mantenimiento (jefes de equipo, operarios, equipo de planificación, etc..) y de la definición de los activos que permitirán su ejecución (taller, vías en el taller, foso, baja bogies, tornos de reperfilado, etc...)

Exámenes preventivos						
Examen	B	C	D	E	F	G
Límite [millas]	20	40	100	200	400	800

Fig 1. Millas asociadas a cada visita

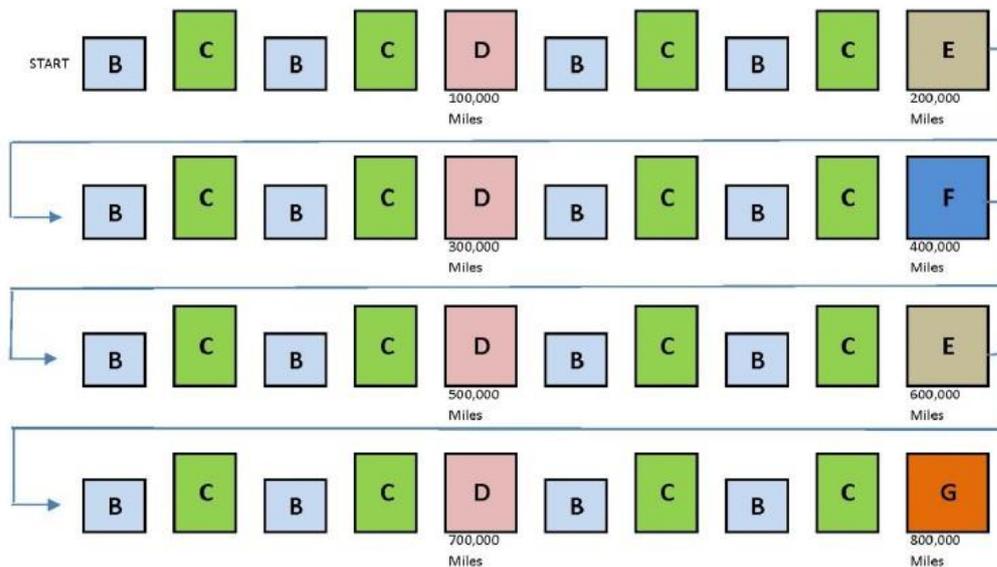


Fig2. Ejemplo de un ciclo de mantenimiento hasta 800.000 millas

La experiencia de Alstom en los diferentes proyectos de mantenimiento ha permitido analizar la gestión de este mantenimiento preventivo y encontrar margen de optimización de mejora de la vida de los componentes y la prevención de los fallos en servicio.

Se pueden determinar diferentes ejemplos en un proyecto de mantenimiento como:

- Los consumibles del tren (pastillas de freno, banda de carbono del pantógrafo, parque de ruedas)
- Subsistemas cuyos componentes fallan muy poco pero su fallo puede suponer incidencia en servicio (rodamientos, motores de tracción, motores auxiliares, compresores, etc...)

Quedan descartados de este alcance equipos con altas tasa de fallo a los que se les asocia un fallo de diseño y en consecuencia una mejora en este sentido.

El enfoque del predictivo debe hacerse en fase de experimentación en los proyectos actuales de mantenimiento dónde los ciclos de mantenimiento están fijados por el plan de mantenimiento (contrato)

A partir de aquí se puede llegar a plantear alguna extensión de algunos de los intervalos si se plantea un *safety case* que lo soporte. De todas formas, el cambio de uno de estos kilometrajes no solo afecta a un componente sino a todo un conjunto; la aproximación o extensión del plan de mantenimiento debe abordarse de forma sistémica, no solo a nivel de componentes.

Para canalizar y capitalizar internamente tal fin se ha estructurado un programa interno en la compañía.

Apuesta de Alstom por el mantenimiento predictivo (objetivos, recursos, metodologías)

El proyecto de mantenimiento predictivo empezó hace dos años y está asegurada su continuidad. Para realizarlo se ha estructurado un equipo con recursos internos de unos 30 ingenieros para implementar las diferentes fases de la aproximación del sistema predictivo (adquisición de los datos, análisis y pronóstico, publicación integración en operaciones)

Adquisición de los datos: Este equipo tiene la misión de definir las técnicas de adquisición que permitan conseguir los datos para realizar el posterior análisis. Esto incluye los sensores, la integración de estos en un equipo de adquisición con certificación ferroviaria (si es el caso)

En caso de que los equipos estén disponibles en el mercado directamente se integran; en caso de que no, se plantea internamente si es interesante para el grupo realizar un desarrollo.

Análisis y Pronóstico: Conformado por un equipo de *data scientists* que realiza el análisis de fiabilidad de los componentes e identifica las variables significativas para el conocimiento del estado de los equipo (índice del estado de vida [HI]) modelizan la degradación de estos componentes y estiman la evolución de esta en función del tiempo y kilometraje (vida remanente del componente [RUL]) (hay la posibilidad de aplicar técnicas de big data)

Publicación e integración en operaciones: Se ha desarrollado una plataforma de datos para gestionar tanto los algoritmos que procesan la interpretación del diagnóstico y degradación de los componentes, cómo la integración de esta información para el equipo de operaciones. Esta publicación incluye la contextualización de esta información conjuntamente con las variables y la información descargada del equipo de control y monitorización del tren. La herramienta agrupa diferentes fuentes de datos de diferentes sistemas permitiendo así tener una interfaz única para la gestión predictiva en el taller.

Casos de éxito: Train Scanner

Descripción del entorno.

Los trenes Virgin de la Class 390 fabricada por Alstom, operan en la línea WCML desde Julio de 2002. La flota cuenta con 56 unidades

Los trenes operan en la red de alta velocidad alimentados a 25kV, con una velocidad máxima en servicio comercial de 201 Km/h.

Los trenes en servicio están repartidos en dos configuraciones: de 9 o de 11 coches.

El proyecto de mantenimiento gestionado por Alstom.

Descriptivo Técnico del sistema

El sistema Train Scanner es un sistema de adquisición automático, procesado y publicación de los datos para el equipo de operaciones (constituye el conjunto de todas las fases descritas en la aproximación predictiva anterior)

Para la adquisición las unidades se identifican mediante un lector RFID, que permiten cargar la configuración de disparo.

Los sensores inductivos ponen en marcha la cadena de adquisición para la apertura de las tapas de las cajas y el disparo de los láseres y las cámaras.

Una vez el tren ha pasado a través del pórtico, momento en el cual se han realizado las mediciones, los láseres y las cámaras se apagan y las cajas se cierran.

La adquisición tiene dos objetivos: medición e inspección

- La medición básica afecta a los subsistemas de ruedas, pastillas y pantógrafo, los elementos que sufren mayor desgaste. Existen otras opciones de medición a implementar según necesidades del proyecto.
- La inspección se basa en identificar que una serie de componentes del tren (soportes de equipos de señalización, equipos de señalización, equipos de suspensión, paneles protectores, trampillas laterales, estribo de puertas, etc...) y verificar que no estén dañados y no se hayan movido ni desplazado de su posición original.

La tecnología de todos los sistemas se basa principalmente en la técnica de triangulación.

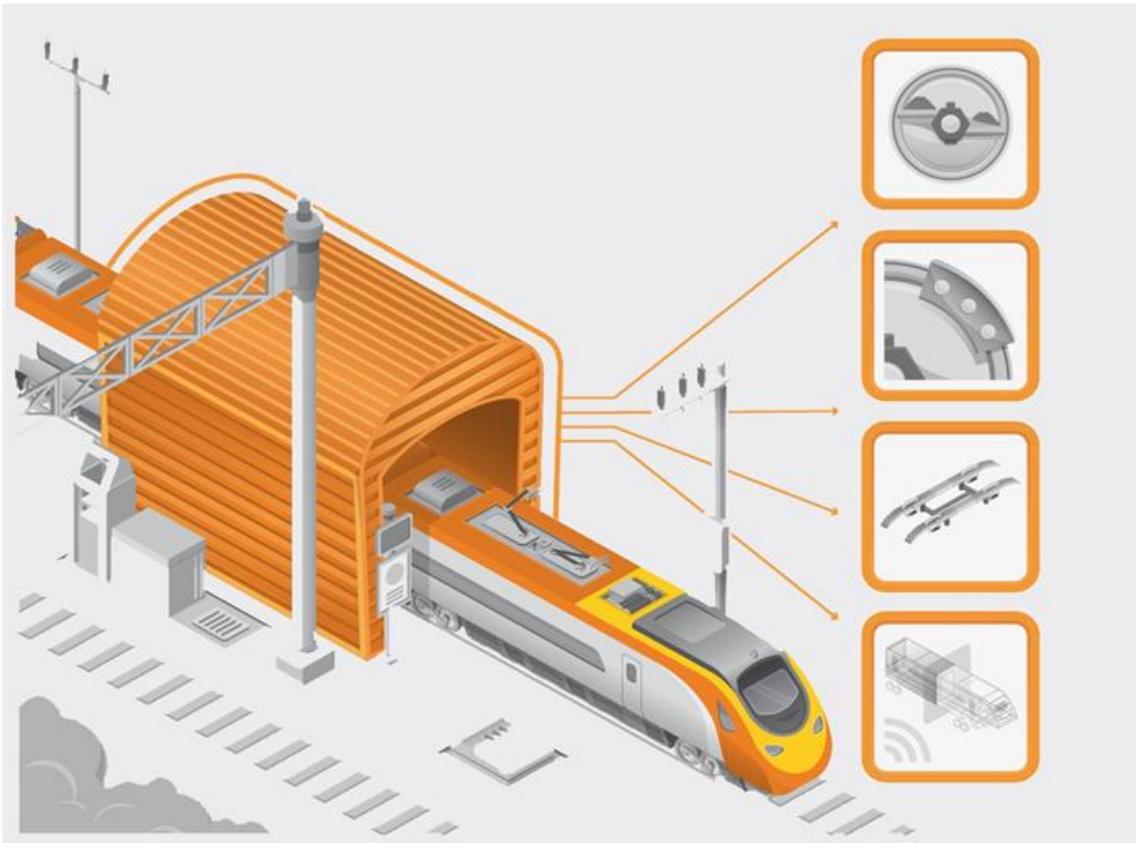


Fig3. El sistema Train Scanner con el detalle de los subsistemas de medición (ruedas, pastillas y pantógrafo) y el sistema de integridad.

Pantógrafo

El sistema de medición del pantógrafo consta de dos equipos de medición (equipo es la conjunción de un set de cámaras y láseres). Cada equipo se utiliza para escanear cada uno de los pantógrafos del tren (posición levantada y posición bajada).

El rango de medición es de hasta unos 1000 mm con cierta redundancia en la zona central (la resolución en esta zona puede superar los 0,5 mm; precisión mínima del sistema).

Aparte de las medidas, el sistema ofrece un registro de una imagen de cada adquisición y una reconstrucción 3D para que el usuario pueda navegar sobre el objeto y reconstruir el escaneo para un mejor análisis.

Se recomienda, si es posible, que el hilo de catenaria no esté centrado en el pantógrafo para evitar oclusiones

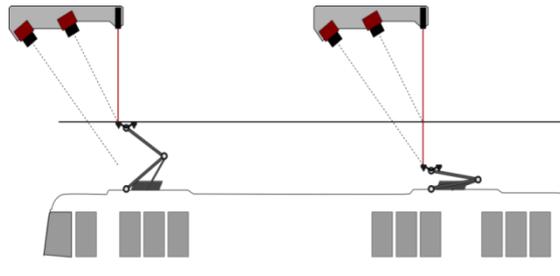


Fig 4. Detalle sistema pantógrafo con los equipos de medición por cada uno de los pantógrafos.

Ruedas

El sistema de ruedas escanea las ruedas del tren para obtener un perfil de cada rueda; dónde se le extraen los parámetros UIC para su análisis (altura y ancho de pestaña, Qr, defectos de la banda, etc...) y el valor de diámetro.

En el primer prototipo de TrainScanner el perfil se extrae de un escaneo de unos 60° del total de la rueda, lo que no permite en ese caso las mediciones de ovalización.

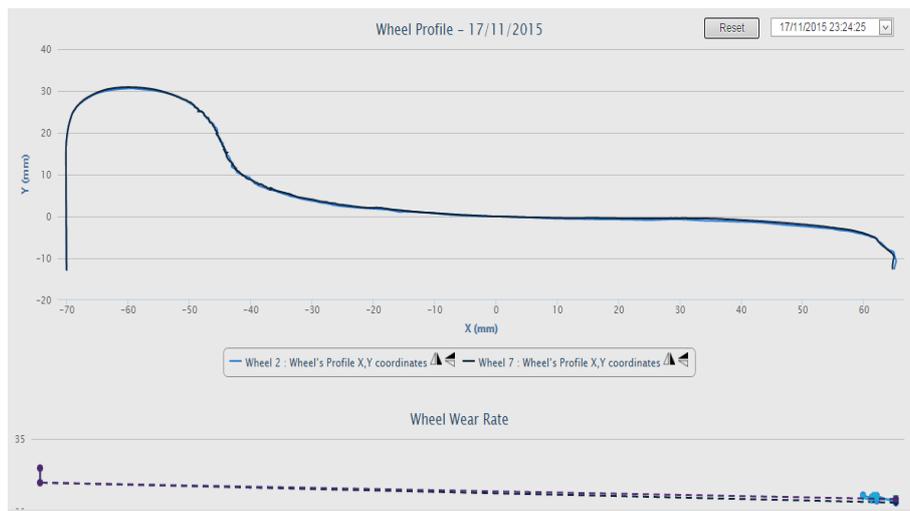


Fig5. Detalle del perfil de rueda obtenido por el sistema

Pastillas de freno

El sistema de pastilla de freno mide el espesor (cara inferior) de la pastilla de freno calculando el valor del grosor. También detecta aquel estribo que no disponga de pastilla. Posteriormente se explicará en mayor detalle el impacto de la aproximación predictiva en este sistema.

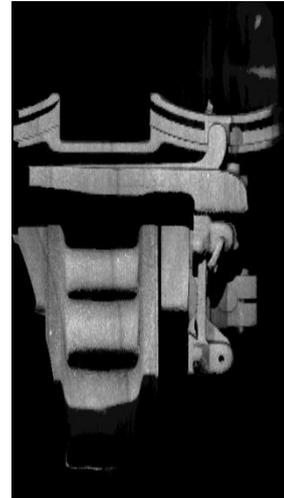


Fig6. Imagen de la pastilla obtenida por el subsistema de frenos

Integridad del tren

El sistema de integridad tiene compartido el equipo de adquisición con el sistema de frenos, para el escaneo del bajo bastidor del tren, y se complementa con dos equipos adicionales para los extremos del bajo-bastidor y dos equipos para los laterales.

Utilizando la misma tecnología de escaneo, en el sistema se detectan un total de 23 equipos diferentes (algunos se repiten a lo largo del tren) dónde se detecta que no tengan daños o que no se hayan movido ni desplazado y estén presentes.

Aparte de la función general por equipo se han desarrollado una serie de librerías que permiten detectar la posición de los tornillos perpendiculares o ortogonales a los equipos, la posición de las manetas de cierre, la posición de los registros que pueden compartirse entre diferentes equipos.

El sistema de adquisición para esta función de integridad ha sido patentado por Alstom.

A título de ejemplo se exponen una serie de imágenes fruto de estos escaneos. Se puede identificar la resolución del escaneo, y las diferencias entre el modelo de un escaneo referencia y otro de real en operaciones. Las imágenes en blanco y negro se pueden consultar a través de la herramienta de visualización para el último escaneo.

Retorno de Experiencia de la implantación del sistema en operaciones

La implantación de sistema al equipo de operaciones pasa por adaptar un sistema de visualización a las necesidades del equipo.

En este sentido se ha desarrollado una interfaz intuitiva, ágil y rápida para que el equipo pueda consultar los datos de una forma adaptada.

Primero presenta una visión flota con un código de alarmas; identificando las alarmas en caso de que se haya detectado alguna en algún subsistema de medición o en caso de que el sistema detecte que una unidad no se ha escaneado dentro de la frecuencia preestablecida (3 días).

Accediendo a la visión de tren, el sistema identifica las alarmas por subsistema.

En caso de la visión coche se pueden reconocer las alarmas por equipo de la inspección de la integridad.

Si se navega por uno de los componentes cómo el pantógrafo, se pueden consultar los valores de la medición así cómo los perfiles (tres perfiles por cada banda de pantógrafo) para su consulta.

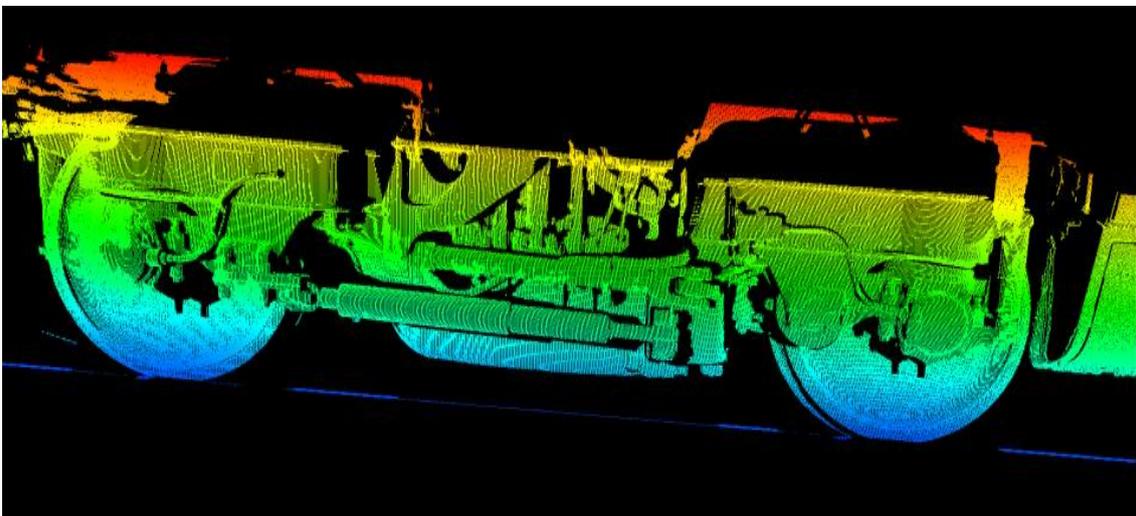


Fig. 7 Imagen de un escaneo del lateral del bogie

Explotación de datos y algoritmos de predictivo (ejemplos)

Una vez revisada la parte de medición y de publicación de los datos se entra más en detalle al análisis de los datos, en concreto a los trabajos realizados en el subsistema de pastillas de freno.

A partir de la cantidad de datos adquiridos el sistema ha dado a conocer las diferentes degradaciones que han presentado las pastillas de freno. Hasta la fecha, cómo en la mayoría de proyectos de mantenimiento no se conocía esta evolución y el único *input* de datos venía a través de la gestión de los recambios; data aproximado que no permitía suficiente precisión para aplicar una metodología predictiva.

En cambio, en el ejemplo se identifican claramente las diferentes velocidades de degradación para dos pastillas diferentes. En este caso, un poco

excepcional, se identifican dos pastillas con estados de degradación bastante diferentes y con velocidad de degradación también diferentes.

Para la pastilla superior, más nueva se prevé una degradación algo menos pronunciada que la pastilla más degradada. A partir de aquí, la expresión de este indicador lo dará el valor de RUL (*remaining useful life*; vida útil remanente).



Fig 8. Pantalla de la interfaz de visualización del histórico de las medidas de las pastillas de freno.

La herramienta permite navegar también en el histórico de datos del proyecto evidenciando así la disparidad de las tasa de degradación de los componentes.

Estudios posteriores han evidenciado que el conjunto de las pastillas no se comporta igual y se han identificado diferentes agrupaciones en función del tipo de coche.

Aun identificando claramente el comportamiento de los coches remolque, no es el caso de los coche motor; recientes investigaciones han identificado que la disparidad entre las velocidades de degradación corresponden a la arquitectura neumática del sistema.

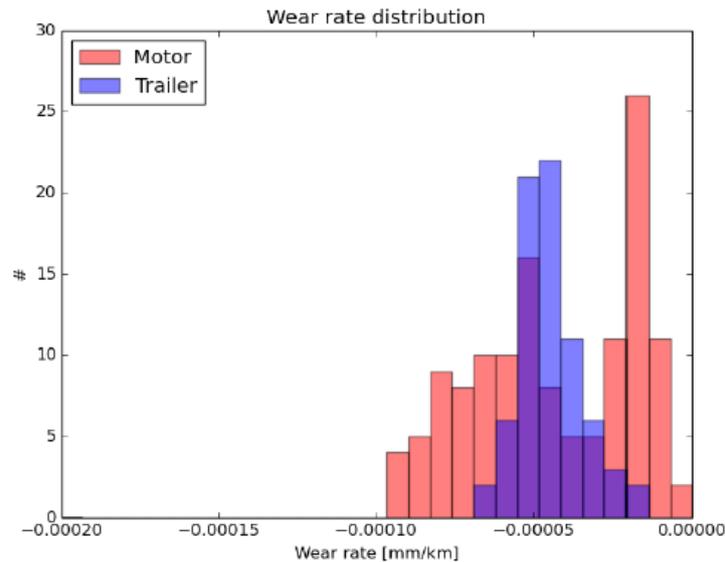


Fig 9. Distribución del desgaste según coche.

Con esta consideración, si se identifican las pastillas en función de cada una de las válvulas relés del sistema neumático pueden agruparse y acotar mejor las velocidades de degradación de cada una de las pastillas.

Impacto en el negocio

A partir de la aproximación predictiva a través de los datos y de su contextualización física del tren (no solo aproximación explotación de datos) permite ajustar las velocidades de degradación de forma precisa y obtener la vida útil del componente de forma precisa.

A partir de esta información se puede gestionar esta información para que el plan de mantenimiento considere estos datos y se prioricen las acciones de mantenimiento y los recursos.

En aproximadamente un año y medio de funcionamiento del equipo para los subsistemas de medición, ha habido un impacto importante en la operación del equipo de mantenimiento. La transferencia oficial todavía no se ha realizado, pero ya se han identificado algunas pastillas de freno a instalar, los modelos de degradación de estas, un estado general del parque de ruedas y la evolución de algunos ciclos del pantógrafo.

La gestión de la información y las acciones asociadas es muy compleja. La aproximación predictiva se centra en el componente y la gestión de vida de estos componentes, sin embargo el mayor valor añadido se da cuando se consigue centrar el sistema en la gestión de las unidades de tren con los recursos disponibles del taller (vías, vías con foso, operarios especializados por categoría, etc...) y siempre teniendo en cuenta el poder satisfacer los compromisos con el cliente (como son la disponibilidad y la fiabilidad contractual).