



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

TRABAJO FIN DE MASTER

FICHA TÉCNICA

*“ANÁLISIS DE EFICIENCIA Y RENDIMIENTO DE MAQUINARIA,
HERRAMIENTAS Y MANO DE OBRA PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍA
FÉRREA SOBRE BALASTO”*

Autor

Manuel Gascón Trillo

Director del trabajo

Moisés Antonio Gilaberte Fernández

Madrid, Julio 2017

FICHA TÉCNICA

FICHA TÉCNICA DE TRABAJO DE FIN DE MASTER	
Autor:	Gascón Trillo Manuel
Director del Trabajo:	Director del Trabajo: Gilaberte Fernández Moisés
Programa:	Master Universitario en Sistemas Ferroviarios 2016-2017
Título del Trabajo:	Análisis de eficiencia y rendimiento de maquinaria, herramientas y mano de obra para el mantenimiento de vía férrea sobre balasto
Descripción del trabajo:	En primera instancia se describe ampliamente la tipología de vía en balasto, posteriormente el grado de explotación que se da durante la operación y por consiguiente algunas de las razones por la que se debe hacer un mantenimiento a la vía, para contrarrestar los problemas que puede causar, también a partir de cuando en tiempo y desgaste es recomendable su actuación. La descripción de una planificación óptima será con el fin de obtener mayores beneficios, modificando la gestión de los sistemas. Las modificaciones son capaces de hacerse antes, durante del mantenimiento y obtener información para futuras obras. A pesar de tener una buena planificación es estrictamente necesario tomar en cuenta normas y todos los aspectos legales que requiere un alto grado de seguridad. Antes del desarrollo de cada procedimiento de las actividades, se introduce con algunos beneficios y razones por las que se realiza esa actividad. Posteriormente se detallan los métodos y maneras en las que se puede realizar esa actividad y cuando es recomendable su aplicación. Es de suma importancia plantear el funcionamiento de las máquinas o herramientas necesarias y analizar los ciclos de trabajo para determinar el rendimiento. Con lo antes citado, es indispensable tomar en cuenta los factores con mayor influencia en el rendimiento, así como la relación que lleva de la mano con la actividad.



UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

TRABAJO FIN DE MASTER

MEMORIA

*“ANÁLISIS DE EFICIENCIA Y RENDIMIENTO DE MAQUINARIA,
HERRAMIENTAS Y MANO DE OBRA PARA EL MANTENIMIENTO DE VÍA
FÉRREA SOBRE BALASTO”*

Autor

Manuel Gascón Trillo

Director del trabajo

Moisés Antonio Gilaberte Fernández

Madrid, Julio 2017

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN Y RESUMEN.....	1
OBJETIVO DEL TRABAJO.....	1
TAREAS.....	2
PLANIFICACIÓN.....	2
DESARROLLO.....	3
1.1. MARCO TEÓRICO	3
1.1.1. Situación de Infraestructura ferroviaria.....	3
1.1.2. Tipología de superestructura	3
1.1.3. Componentes de vía.....	3
1.1.4. Explotación	5
1.1.5. Eficiencia Global de una actividad	6
1.2. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	9
1.2.1. Mantenimiento de vía	9
1.3. ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN	10
1.3.1. Planificación.....	10
1.3.2. Condicionantes de trabajos	12
1.4. ANÁLISIS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO	13
1.4.1. Bateo; Nivelación, Alineación, Compactación.....	13
1.4.2. Perfilado de balasto	23
1.4.3. Estabilización dinámica de vía	26
1.4.4. Sustitución de traviesas	29
1.4.5. Sustitución de sujeciones y reapriete de sujeciones	37
1.4.6. Depuración y Desguarnecido de balasto	41
1.4.7. Amolado de carril.....	47
1.4.8. Desbroce	52
1.4.9. Riego herbicida	54
1.4.10. Limpieza y engrase de resbaladeras.....	61
CONCLUSIONES Y APORTACIONES	65
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	67
ANEJOS	69

INTRODUCCIÓN Y RESUMEN

Este trabajo está enfocado principalmente a todas aquellas empresas mantenedoras de vía que carecen de información y aprovechamiento de los recursos para realizar con éxito y adecuadamente los trabajos de mantenimiento de vía. Para una empresa mantenedora no es posible esperar una gran cantidad de beneficio, cuando descuida la gestión y no selecciona la más adecuada maquinaria ni personal capacitado. El rendimiento de cada elemento es fundamental para generar una planificación mas próxima a la realidad, de tal forma evitar pérdidas.

El presente trabajo constituye un análisis de eficiencia y rendimiento de algunos medios necesarios para las actividades mas relevantes del mantenimiento de vía sobre balasto como maquinaria, herramientas, mano de obra, gestión, recursos o medios utilizables, así como también la metodología de trabajo basados en parámetros o variables que afectan mayormente la producción. Se describen algunas actividades de mantenimiento como nivelación y alineación, perfilado, estabilización, sustitución de traviesas, desguarnecido de balasto, amolado de carril, entre otras; donde en cada una se explica a grandes rasgos el procedimiento de ejecución y todos los medios que se requieren para su correcta actuación. Posteriormente se analizan algunas máquinas o herramientas necesarias para realizar el mantenimiento. A su vez se analiza la actividad para determinar cuales son las variables que afectan mayormente el rendimiento.

OBJETIVO DEL TRABAJO

El objeto del presente trabajo es documentar el análisis de las actividades con el fin objetivo de:

- Mejorar soluciones para el mantenimiento de vía por medio de aspectos técnicos.
- Mejorar el rendimiento de maquinaria y trabajadores.
- Maximizar el aprovechamiento de recursos.
- Minimizar los factores de afectación en los trabajos.
- Disminuir los riesgos asociados a la toma de decisiones de recursos y costos.
- Mejoramiento en la gestión de mantenimiento.

En un futuro se podrán tomar decisiones mas claras y precisas de cualquier trabajo relacionado al mantenimiento de vía, de esta manera teniendo una base sólida para determinar la mejor estrategia. Cabe mencionar que cada trabajo es único, esto quiere decir que todas las obras tienen una singularidad y condicionantes diferentes.

TAREAS

Para cumplir con los objetivos es necesario plantearnos unas actividades que forman el presente trabajo:

- ✓ Recopilación de información sobre tipología de vía, razones del mantenimiento, actividades propuestas y planificación
- ✓ Recopilación de información detallada de procedimientos de cada actividad
- ✓ Recopilación de información sobre medios necesarios para la correcta actuación de cada actividad
 - Maquinaria
 - Herramientas
 - Personal
- ✓ Investigación de parámetros influyentes en el rendimiento de cada proceso
- ✓ Análisis de parámetros con mayor afectación en la maquinaria, herramientas y personal
- ✓ Calculo de rendimientos de maquinaria y herramientas
- ✓ Recopilación de información sobre características de fabricantes
- ✓ Comparativa de características de diferentes productos
- ✓ Análisis de algún producto en el mercado.
- ✓ Toma de datos reales
 - Encuestas personal con experiencia
 - Toma de datos de empresas mantenedoras
- ✓ Propuestas de mejoras en la selección maquinas
- ✓ Sugerencias de eficiencia en el trabajo y en la gestión.

PLANIFICACIÓN

Una vez decidido y aprobado el Trabajo de Fin de Master por la Dirección del Curso con sus respectivas condiciones (segunda semana de abril 2017), el calendario propuesto en la solicitud preliminar y aprobada es el siguiente:

- Investigación detallada: febrero –mayo 2017
- Redacción de memoria: abril-julio 2017
- Análisis de maquinaria, mano de obra y herramientas: mayo-julio 2017
- Análisis de diversos factores: mayo-julio 2017
- Recopilación de datos: junio-julio 2017
- Conclusiones: julio-2017

DESARROLLO

1.1. MARCO TEÓRICO

Este capítulo le dará al lector un fondo teórico para adentrarse en los términos usados y entender con claridad los resultados obtenidos. La primera sección describirá la situación actual en España y los fundamentos de la tipología de vía como sus componentes en la superestructura. En la segunda sección se explicará la forma de explotación, efectos y consecuencias de irregularidades en la vía. En tercero describirá una solución para combatir a estos efectos ocasionados por el desgaste; el mantenimiento. Y por último la relación entre mantenimiento y mejoramiento de producción; rendimiento.

1.1.1. Situación de Infraestructura ferroviaria

Las principales infraestructuras ferroviarias que actualmente son empleadas en España son las siguientes: Ferrocarril convencional, Ferrocarril de Alta velocidad, Tranvía y Metro. La red ferroviaria española cuenta con diferentes anchos; ancho ibérico con 11 624 km, ancho estándar (UIC) con 2 365 km, ancho mixto con 119 km y 1 790 km con ancho estrecho. Sin olvidarnos también tren de alta velocidad con 2 777 km. Mayor información en anejo I

De forma genérica, este documento se desglosa referido a las operaciones encaminadas al mantenimiento preventivo de la plataforma ferroviaria en balasto (capa de asiento, balasto, traviesa, carril, aparatos de vía, etc.)

1.1.2. Tipología de superestructura

Es esencial comprender la tipología de vía y diseño de la superestructura en vía sobre balasto del ferrocarril con el fin de entender cómo se llevan a cabo las acciones de mantenimiento y la maquinaria empleada habitualmente durante su ejecución.

La superestructura ferroviaria se compone de diferentes partes y funciones cada una, como se muestra en la sección transversal de la figura 1 del anejo II

A continuación se describen los diferentes componentes que conforman la superestructura de vía y el tipo que será de aplicación al estudio

1.1.3. Componentes de vía

El mantenimiento de vía sobre balasto se realiza a partir de la superestructura que se conforma por los siguientes elementos:

a. Balasto

El balasto se dimensionará conforme a la normativa vigente FICHA UIC-719 R estableciendo los espesores necesarios que garantice de manera conjunta e integrada las principales funciones. Por otro lado los parámetros que debe cumplir las características del balasto vienen establecidas en la norma UNE-EN 13450, UNE 146146 y UNE 146147.

b. Traviesas

Son los elementos que se sitúan en dirección perpendicular al eje de la vía sobre las que se colocan los carriles y constituyen a través de la sujeción el elemento de unión entre el carril y el balasto. Las funciones más importantes son de que sirven de soporte a los carriles; Reciben las cargas verticales y horizontales, transmitiéndolas y repartiéndolas sobre el balasto.

Para el caso de estudio serán de tipo monobloque de hormigón pretensado para anchos de vía UIC. Especificación técnica 03.360.571.8 de ADIF en relación con sus normas UNE-EN de cada elemento que los compone para su fabricación.

c. Carriles

Constituyen el elemento fundamental de la vía. Actúa como calzada, dispositivo de guiado y elemento conductor de la corriente eléctrica. Algunas de las principales funciones de los carriles pueden ser: Absorber, resistir y transmitir a las traviesas los esfuerzos recibidos del paso de trenes, así como los de origen térmico. Estos esfuerzos pueden ser verticales, transversales y longitudinales; Guiar el material circulante en su movimiento por medio de las ruedas, con la máxima continuidad tanto en planta como en alzado; Servir de elemento conductor para el retorno de la corriente; Servir de conductor para las corrientes de señalización de los circuitos de vía; Resistir directamente las tensiones que recibe de los vehículos y transmitirlas a los otros elementos que componen la vía.

El carril a usar en el presente estudio es de tipo 60 E1 carril de acero no tratado con perfil Vignol, el cual sus características se rigen por la norma UNE 25.072, UNE 25.122 y por la norma UIC 861-3-0 para el carril de 60 kg/m en específico.

d. Aparatos de vía

Elemento que permite la ramificación o bifurcación en diferentes vías, los ejes de las vías normal e invertida son tangentes entre si, de tal manera permiten la circulación de trenes de una vía a otra. Los desvíos del análisis se regirán por la especificación ET 03.361.120.3 , Desvíos sencillos completos. Tipo B, C, V, P, 1998 publicación en Adif, o bien en la norma de Renfe N.R.V. 7-3-3.5

e. Sujeciones y elementos de unión

El sistema de sujeción es un conjunto de componentes que asegura el carril a la traviesa y lo retiene en posición requerida, dependiendo el tipo de sujeción a la vez impide o permite parcialmente movimientos verticales, transversales y longitudinales necesarios. La sujeción objeto de este estudio será de tipo Vossloh HM: directa sobre traviesa de hormigón o indirecta sobre traviesa de madera para desvíos. En el anejo II, figura 2, se describe con mayor claridad. Las especificaciones técnicas de la fijación están sujetas por ET 03.360.113.9 (tirafondos de vía), norma N.A.V 3-2-2.0 y norma N.A.V 3-2-2.0. (Sujeción elástica HM y SKL-12).

1.1.4.Explotación

La vía está sometida a acciones verticales y horizontales provocadas por la circulación de los trenes. Teóricamente sólo debería soportar los esfuerzos verticales procedentes del peso de los vehículos y los transversales debidos a la fuerza centrífuga que éstos ejercen en las alineaciones curvas. En la práctica, tales esfuerzos quedan aumentados por diferentes causas que pueden llegar a acelerarlos, causando irregularidades de geometría, inestabilidad en la vía confort, desgaste de todos los componentes, roturas hasta el limite de vida útil.

Las irregularidades de la vía causan problemas de operación y disminuyen la seguridad ferroviaria. Cierta tiempo se realizan mediciones para reconocer los posibles fallos en la vía por medio del tren auscultador u cualquier otro dispositivo de medición.

A continuación se muestra una tabla donde se puede ver el tipo de fallo y el método para conseguir su reparación.

Tipo de fallo	Método de modificación
Desnivel longitudinal y transversal	Bateo con nivelación y alineación
Fallo transversal (ancho de vía)	Sustitución de traviesas o sujeciones
Abrasión horizontal y vertical del carril	Sustitución de carriles
Irregularidades longitudinales del carril, Ruido	Amolado de carril
Fallo de balasto, aumento de fragilidad, ciclo de	Desguarnecido

vida del balasto	
------------------	--

Tabla 1. Métodos de modificación por tipo de fallo(Fuente: Bernhard Lichtberger, 2015)

Por supuesto estos fallos e irregularidades de la tabla relacionada con parámetros no siempre son suficientes para tomar decisiones y es mejor analizar dos o mas parámetros simultáneamente.

A efecto de garantizar la buena calidad de las prestaciones de la vía, es necesario llevar a cabo acciones de mantenimiento. Estos mantenimientos se realizan con motivo de preservar la integridad de las instalaciones referenciadas alargando su vida útil, mediante trabajos preventivos sistemáticos.

A continuación se muestra una tabla donde se puede tener una idea de cada cuando se realiza las actividades de mantenimiento que contra restan las irregularidades.

Actividad	Desgaste [mio.t]	Tiempo [años]
Bateo	40-70	4-5
Amolado	20-30	1-3
Limpieza de balasto	150-300	12-15
Sustitución de carril	300-1000	10-15
Sustitución de traviesas madera	250-600	20-30
Sustitución de traviesas hormigón	350-700	30-40
Sustitución o reapriete de sujeciones	100-500	10-30
Remplazo de balasto	200-500	20-30
Rehabilitación de subsuelo	>500	> 40

Tabla 1. Ciclos de mantenimiento/servicio de periodos de vida aplicados a una vía principal normal de alta ocupación (Fuente: Bernhard Lichtberger, 2015)

1.1.5.Eficiencia Global de una actividad

La eficiencia global aporta información para la planeación, estimación de costos y control, presupuestos y cotizaciones, se ajusta al cronograma de actividades ligadas entre si, para su mejor acoplamiento a la realidad.

El rendimiento de un proceso se puede expresar como la relación entre la parte del trabajo que nos resulta útil y todo lo que se debe realizar. En otras palabras es la cantidad de trabajo de volumen trabajado mantenido, que se realiza en la unidad de tiempo característica.

Sirve para conocer el aprovechamiento de una actividad de mantenimiento en especial, y se condiciona por las capacidades de cada elemento (maquinas, herramientas, personal, condiciones de vía, factores externos).

A su vez cada elemento se condiciona por:

- Disponibilidad
- Rendimiento
- Calidad o eficiencia

La manera de calcular el rendimiento de cualquier elemento es por medio de:

- Observación directa: Mediciones directas en obra para cada máquina.
- Reglas y formulas: Datos teóricos con poco realistas.
- Tablas por fabricante: Rendimientos en excelentes condiciones de empresas manufactureras obtenidas en el manual del fabricante.
- Encuestas: Empresas dedicadas a trabajos similares o personal con alta experiencia.

Lo ideal es calcularlo por todos los métodos posibles y un análisis detallado de resultados entre todos los métodos.

La eficiencia de una máquina se encuentra implícito en las pérdidas de rendimiento de la máquina, las cuales están en función de condicionantes de la máquina. El factor de eficiencia que se le da a una máquina depende de:

- Condiciones de administración
 - Estado de la maquina
 - Coordinación de trabajo entre equipos
- Condiciones de obra.
 - Adaptabilidad de la maquina.
 - Condiciones climáticas
 - Topografía
 - Superficie del terreno

Es de suma importancia definir el rendimiento de personal, ya que es un factor primario del rendimiento de cualquier máquina, también llamado rendimiento operativo que se relaciona con a interacción del conjunto hombre-maquina. El manejo adecuado ocasiona mejores rendimientos.

Las actividades que no hacen uso de ninguna herramienta o máquina, se necesita conocer que tipo de producción es, con ello se señala cual es la unidad de trabajo, por ejemplo metros cuadrados, numero de movimientos cíclicos, etc., todas la unidades en un tiempo determinado.

Todos los valores obtenidos de la mano de obra son constantemente variables, porque cada situación y condiciones son diferentes, así como también cada operador tiene una cualificación diferente.

1.2. ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

1.2.1. Mantenimiento de vía

Las operaciones preventivas tienen por objeto garantizar la disponibilidad y fiabilidad de las instalaciones con o sin interrupciones, evitando así averías inesperadas que pueden repercutir en el usuario final. El mantenimiento engloba aquellas actividades cuyo fin es garantizar el funcionamiento o detectar cualquier anomalía que pueda afectar la seguridad.

De forma específica, el mantenimiento preventivo de vía tiene los siguientes objetivos:

- Prolongar la vida útil de los elementos que forman la vía, asegurando su integridad.
- Garantizar al administrador u operador la máxima disponibilidad de sus instalaciones, las cuales son críticas para la correcta prestación del servicio ferroviario. Dicha disponibilidad debe darse también unos estándares de calidad y seguridad adecuados.

A continuación se citan algunas de las operaciones de mantenimiento preventivo mas habituales que serán objeto del presente trabajo:

1. Nivelación, Alineación
2. Perfilado de balasto
3. Estabilización de vía
4. Sustitución de traviesas
5. Sustitución y reapriete de sujeciones
6. Depuración y Desguarnecido de balasto
7. Amolado de carril
8. Desbroce
9. Riego herbicida
10. Limpieza y engrase de resbaladeras

Después del mantenimiento la geometría de la vía tiene que seguir los requerimientos necesarios para la correcta y segura operación, según la normativa vigente.

1.3. ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN

1.3.1. Planificación

Cada trabajo de mantenimiento tiene sus propias características. La operación requiere una buena eficiencia para obtener mayor rendimiento en todas las actividades. Los factores de eficiencia y organización varían en función de los siguientes puntos:

- Trabajos nocturnos
- Traslados del equipo de carga
- Cambios de tajo
- Interrupciones por voladura
- Malas condiciones climatológicas
- Tráfico, etc.
- Deficiencias en la dirección
- Supervisión
- Condiciones de trabajo
- Averías intempestivas
- Reparaciones programadas
- Rutinas de mantenimiento

Estos puntos condicionan a que la empresa mantenedora realice una mejor planificación de las actividades.

Con respecto al tráfico de trenes, sería imposible cambiar el tiempo de uso de la vía y entre casos mas complejos se pretende usar máquinas con mayor rendimiento y eficiencia para evitar cualquier fallo ocasionando retrasos.

Para una correcta planificación se requiere información actualizada y confiable de todos los elementos de la infraestructura física de la línea o red.

Con ayuda del siguiente diagrama se puede ver cual es el proceso para determinar la mejor estrategia y solución de cualquier trabajo de mantenimiento en al ámbito administrativo.



Diagrama. Círculo virtuoso de planificación

- Metas y objetivo: Se debe de analizar los diferentes trabajos que se deben realizar tomando en cuenta y cumpliendo estas preguntas: ¿Qué es necesario hacer?, ¿Dónde es necesario hacerlo?, ¿Cuándo conviene ejecutarlo?, ¿Cuánto cuesta ejecutarlo?. Determinar su eficacia (logro de objetivos propuestos)
- Identificación de necesidades: Conocer la situación y capacidad de la empresa, Conocer la situación actual de todos los elementos de la superestructura,
- Priorización y optimización de actividades: eficiencia (utilización racional de los recursos disponibles)
- Definición de planes y programas: Deberá ser eficaz por medio de flujo adecuado de recursos financieros, recursos humanos y materiales, calidad de ejecución y control de calidad.
- Estrategias de financiamiento: Sostenibilidad económica por parte de la empresa mantenedora de todas las posibles concurrencias, volumen de negocio.
- Ejecución, seguimiento y monitorización: La gestión administrativa capaz de resolver problemas, dirigir y organizar todos los medios disponibles, sin disminuir el rendimiento planificado.

Existen numerosas metodologías y diferentes tipos de equipamiento para realizar los trabajos, desde métodos manuales tradicionales o de bajo rendimiento, hasta el equipamiento mas moderno de alto rendimiento.

Si se pretende implementar nuevas técnicas, deberán hacerse cuidadosamente y en un plazo razonable, por ello surgirán problemas y búsqueda de soluciones, a lo mejor con mayores repercusiones negativas que las anteriores.

El roll de la tecnología será entonces un apoyo a la obtención y registro en tiempo (oportunidad), forma (nivel de detalle, presentación, precisión) y al menor costo posible.

Cada red y región constituye un caso particular y la selección del equipamiento mas adecuado debe hacerse para cada caso.

La falta de organización y una buena gestión de cualquier cosa ocasiona el fracaso del mantenimiento. La mayoría de los fracasos obtenidos han sido por el ahorro de costos y la incorrecta toma de decisiones.

En general puede hacerse una suposición tomando factores de corrección en caso de que la gestión y las condiciones de trabajo tengan una influencia. Se muestra una tabla de factores de corrección de rendimiento de trabajo para su caso (*Anejo III, Tabla 1. Factores de eficiencia operativa*) para determinar cual es el factor de corrección con base a las condiciones de trabajo y la calidad de la organización. Cualquier operación se deberá multiplicar el estos factores en caso de tener esas condiciones. Esto favorece a la administración a tener un rango de soporte en casos de escases de conocimiento.

1.3.2. Condicionantes de trabajos

Los trabajos objeto de este estudio se llevan a cabo a efecto mediante observancia y cumplimiento de todas las normas, reglamentaciones, ordenanzas, instrucciones o cualquier otro rango, tanto para cualquier carácter o ámbito europeo, nacional, autonómico o local. Para mayor información de las normas en *Listado 3, anejo IV*

La empresa mantenedora esta obligado a cumplir cualquier normativa interna en materia de seguridad y salud en el trabajo, conjunta al sistema de Gestión de Prevención de Riesgos Laborales con sus respectivas reglamentaciones vigentes aportada toda la documentación y normativas vigentes por la administración ferroviaria o contratante. Para mayor información consultar *Listado 1 y 2 de Anejo IV*.

1.4. ANÁLISIS DE ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO

Los métodos de mantenimiento han ido, por tanto, mejorando con una gran evolución reciente pues hasta solo algunos años se seguían llevando a cabo inspecciones preventivas visuales rutinarias (y costosas) complementadas solo con actuaciones correctivas en aquellos puntos donde la degradación de la vía o defecto geométrico era inadmisibles como hemos dicho.

El análisis parte del procedimiento de mantenimiento de cada actividad según los métodos de trabajo habitualmente desarrollados por las empresas mantenedoras de la actualidad, tomando en cuenta la metodología y exigencias que deberán cumplir todas las operaciones relacionadas a estas. Posteriormente del análisis de cada actividad, se hará el análisis de maquinaria y/o herramienta de mayor importancia, junto con el personal que sea ha hecho el análisis.

1.4.1. Bateo; Nivelación, Alineación, Compactación

Las principales razones de bateo son:

- Reposición y corrección geométrica de los parámetros de la vía (ancho de vía, peralte, nivelación, alineación) a causa de la generación enormes de esfuerzos en todo el sistema elástico, debido a la circulación de trenes.
- Garantizar la seguridad de las circulaciones en condiciones óptimas.
- Homogenizar el soporte y crear un apoyo estable, compactando el balasto que existe en la parte inferior de la traviesa y distribución de las cargas críticas.
- Reducir el deterioro de todos los componentes y geometría de la vía.

Para realizar las actividades de nivelación y alineación se deberá relacionar la descripción de los trabajos con las siguientes consideraciones para permitir una mejora y optimización de maquinaria y trabajadores.

a. Nivelación y alineación de puntos singulares:

Se consideran puntos singulares como:

- | | |
|---|--|
| • Longitud de bateo igual o menor a 6 metros. | • Talones de aguja. |
| • Punto de transición entre balasto y hormigón. | • Talones de aguja y junta de contraaguja. |
| • Juntas aislantes. | • Pasos inferiores de cables. |

- Bateo de bajo rendimiento mediante métodos manuales
- Casos excepcionales de mantenimiento correctivo
- La compactación se realiza con pisonos de mano

b. Nivelación y alineación manual de vía simple:

Se considera vía simple como:

- Longitud de bateo igual o menor a 6 metros.
- Bateo de bajo rendimiento mediante métodos manuales.
- Donde no se encuentren puntos singulares.

c. Nivelación y alineación de vía simple con maquinaria pesada:

Se considera vía simple como:

- Longitud de bateo superior a 6 metros.
- Bateo continuo realizados en su mayor parte mediante maquinaria pesada ferroviaria (bateradora, etc.)

1.4.1.1. Procedimiento de nivelación y alineación manual de puntos singulares y vía simple

Para el bateo de puntos singulares es necesario proceder como sigue:

- Inspección para determinar los materiales necesarios y ubicación de tajos
- Descubrir las zonas de ataques de las traviesas a batear
- Nivelar las traviesas descubiertas con gatos manuales
- Recalcar todas las traviesas mal consolidadas con bateadoras ligeras manuales de vibración, repetición del proceso en caso de valores fuera de tolerancia
- Embalar para completar uniformemente el perfil de la vía
- Compactar y perfilar con rastrillos

1.4.1.1.1. Bateadora ligera manual

Las bateadoras manuales son una herramienta ligera que permite realizar la nivelación traviesa por traviesa en operaciones de defectos puntuales.

Las máquinas vibradoras o bates son capaces de mover o desplazar el balasto desde la caja entre traviesas hacia la parte de debajo de la traviesa, compactando el balasto justo debajo de la zona del carril.

Ciclo de trabajo de una bateadora manual:

- Insertar la cuchilla de tal manera que se encuentre próxima al carril y en posición vertical contra la traviesa. La punta de la uña del bate debe dirigirse hacia el carril.
- Inclinar la empuñadura hacia abajo para introducir la punta del bate bajo la traviesa.
- Repetir este movimiento de vaivén hasta completar el bateo.
- No es necesario apoyarse sobre el vibrador.
- Los espacios entre traviesas deben tener suficiente balasto para que alimenten a los bates del vibrador y causen movimiento de este, hacia la punta consolidándolo y compactándolo a su posición definitiva, sin que sea necesario retirar completamente la herramienta. Se realiza con una excitación de 90-140 Hz
- Completar el movimiento de balasto debajo de la traviesa.
- Retirar el bate del balasto.

En el *anexo V, Figura 1*. Se muestra gráficamente el procedimiento de bateo manual.

El bateo se realiza en posiciones cruzadas en relación con la traviesa y el carril, pero depende considerablemente de las necesidades de nivelación.

Los bates normalmente están compuestos por un estator, rotor y una masa desbalanceadora. Basándose en el funcionamiento, la creación de fuerzas perturbadoras y movimientos de oscilación se da por el generador de vibración de masa a través de la rotación del motor proveniente del eje del rotor.

Las bateadoras ligeras manuales se dividen en dos tipos; las eléctricas y de motor.

1.4.1.1.2. Bateadoras manuales eléctricas

Las bateadoras manuales eléctricas se conforman por un grupo de bateo capaz de generar energía eléctrica y distribuirla a todos los bates conectados.

El grupo de bateo manual está compuesto por:

- Generador eléctrico de gasolina/diésel (puede ser un grupo electrógeno)
- Cuatro máquinas vibratorias o bates (2 con punta a derechas y 2 a izquierdas)
- Armario eléctrico.

El motor del grupo electrógeno suelen ser de arranque por cuerda, con una potencia de 9CV a 3600 r.p.m. Los bates producen vibraciones para el movimiento de balasto alrededor de 3000

golpes/minuto. El peso de cada unidad de bateo oscila entre 24 kg. Las unidades de bateo se pueden conectar a las bases tripolares del cuadro eléctrico, también cada unidad está dotada de conectores de protección térmica por seguridad. Una de sus desventajas muy claras es su poca maniobrabilidad a causa del generador, teniendo un peso de 70 kg, a pesar de adaptarlo sobre una carretilla con ruedas. Un promedio de 8-9 personas es requerido para eliminar defectos de vía puntuales con ayuda de este grupo de bateo, dependiendo de la longitud de los defectos y las condiciones operacionales:

- 4 operadores de bates vibratorios por cada grupo de bateo
- 1 operario encargado de cables y re balastar donde sea necesario
- 2 a 3 responsables de la seguridad, depende de la labor que realicen
- 1 supervisor o inspector

1.4.1.1.3. Bateadoras manuales por motor

Lo que diferencia a las eléctricas son la fuente de energía adaptada a la misma unidad de bate, por lo que no se requiere grupos electrógenos y ni cables de alimentación.

La fuente de poder es de un motor de combustión interna de gasolina, que pueden ser de 2 o 4 tiempos. En la actualidad existen bateadoras manuales, no solo con motores de combustión interna, sino también motores eléctricos, hidráulicos, o de batería. Dependiendo las necesidades es como se determina el uso de cada una, en la tabla posterior se describen algunos ejemplos.

1.4.1.1.4. Rendimiento bateadoras ligeras manuales

Todo el rendimiento del personal de una cuadrilla depende completamente de los operadores del grupo de bateo. El rendimiento de un grupo de bateo con bateadoras manuales eléctricas Geismar GB-4N, ronda entre 18-25 m/h, (fuente: TriaIngenieria), con grupo electrógeno 5000 MBH HONDA por lo tanto un grupo de bateo se tarda aproximadamente 2-3 minutos en batear una traviesa, considerando tiempo margen de atrasos por causas de movimiento entre traviesas y otras causas. El tiempo medio de recorrido entre traviesas es de 25 segundos.

Analizando estos valores se puede decir que el tiempo que más influye en el ciclo es el movimiento de vaivén que se requiere para el movimiento de balasto. Por lo tanto el mayor rendimiento que se puede tener es cuando el balasto se encuentra en óptimas condiciones. Por supuesto el tiempo de ciclos también disminuye cuando el personal cuente con suficiente experiencia en el bateo y a eso se le suma que los trabajadores se encuentren en buen estado y condiciones físicas.

Para eso se consideran algunas opciones para que el trabajador rinda mas con el mismo esfuerzo inicial por eso se analiza los factores en la maquinaria destinados al personal:

- Ergonomía en el operador.
- Tipos de protecciones.
- Potencia.
- Capacidad de autonomía.
- Reducción de vibraciones al operador
- Reducción de ruido.
- Facilidad de transporte.(dimensiones, peso, movilidad)
- Confort

Estas características pueden mejorar aspectos enfocados al personal, de esta manera hay posibilidades de reducir el tiempo en toda la operación y futuras repercusiones.

En todos los casos, la calidad del trabajo depende mayormente de la experiencia de la cuadrilla y condiciones de la vía. Se muestra una tabla comparativa con especificaciones de bateadoras manuales (Anejo V, Tabla 1)

Como se muestra en la tabla, no todos los grupos de bateo tienen 4 bates vibratorios, proporcionalmente aumentaría el tiempo de bateo por cada traviesa.

Otros factores que mejorarían drásticamente los rendimientos de este mantenimiento y que actualmente contribuyen a aumentar los tiempos, es la escasa maniobralidad de la maquinaria, por ejemplo para cualquier grupo de bateo el peso. Para la elección de una maquinaria u otra no solo influye el peso, sino también afecta el desplazamiento en la vía hasta su tajo de trabajo. Muchas bateadoras aportan como accesorio adicional un pequeño carro transportador, que aporta una ayuda gradual al desplazamiento.

Otra opción si se quiere disminuir el tiempo de bateo o actuación en una vía por el poco tiempo de corte proporcionado por el administrador, se debe planificar los metros lineales de vía a trabajar y el rendimiento antes mencionado para así colocar más personal en otros tramos a trabajar.

1.4.1.2. Procedimiento de nivelación y alineación de vía simple con maquinaria pesada

Para el bateo de vía simple con maquinaria pesada, se ejecutan los trabajos de la siguiente manera:

- Se coloca la bateadora-niveladora-alineadora al inicio del tramo a actuar y circula por todo el tramo donde se realizarán los trabajos, para realizar el levantamiento topográfico de tal manera obtener datos y graficas de la geométrica actual de la vía, enviados directamente a la memoria de la máquina. Circulando a una velocidad de 10 km/hora.
- La máquina vuelve al punto inicial del tramo para empezar a batear a una velocidad aproximada de 40 km/hora.
- El operador carga los datos de la memoria a la computadora interna de la máquina.
- Inicia el ciclo de bateo de la primera traviesa. (apartado del ciclo de bateo con maquinaria)

- Realización de nivelación y alineación cíclica de las traviesas anteriormente descritas. Se supervisa con dos operarios si la nivelación y alineación es la correcta.
- Posterior compactación y perfilado (apartado de perfilado)
- Posteriormente a todo esto se procede a los trabajos de nivelación de la bateadora y los ajustes de la banqueta de la perfiladora, dejando la vía para la circulación temporal a 70 km/hora, hasta que se realice la segunda nivelación. Esta segunda nivelación se superará si se cumplen las siguientes condiciones:
 - o La banqueta de balasto debe estar completa y correctamente perfilada.
 - o La nivelación, el ancho de vía y la alineación deben cumplir las tolerancias exigidas al tipo de vía.
 - o Debe haberse realizado la liberación de tensiones en el carril y aplicado la tensión definitiva a las sujeciones. Debe haber transcurrido el plazo de un mes desde la primera nivelación y haber circulado un mínimo de 200.000 toneladas de tráfico.

Este último punto se puede modificar sustituyendo el tráfico real por la carga aplicada por un estabilizador dinámico, consiguiendo asentar la vía de una forma más rápida y alcanzar antes la velocidad comercial habitual.

1.4.1.2.1. Maquinaria pesada: Bateadora

Para restablecer su posición exacta en planta y en alzado se realiza mediante la máquina bateadora. Ésta máquina se encarga de la nivelación, el levantamiento, la alineación, ripado del carril y el bateo de la vía. El equipo de trabajo se encarga de asegurar la correcta distribución del balasto bajo las traviesas gracias a los movimientos de vibración que se realizan mediante bates. La correcta homogenización del balasto es importante, ya que la distribución sin vacíos en la parte inferior de la traviesa asegura la buena transmisión del esfuerzo al terreno, evitando procesos de colapso o hundimiento de la superficie de circulación.

Las principales ventajas del uso de bateo por medio de maquinaria pesada son:

- Mayor duración de la vida del balasto gracias a la menor degradación (permite pasar de 4kg de finos por traviesa a sólo 0,5 kg)
- Mayor durabilidad debido a que la cimentación existente bajo las traviesas no se ve alterada lo cual permite que la vía permanezca en su posición por un período de tiempo cuatro veces superior a aquel con los métodos de bateo tradicionales.
- Mayor productividad, gracias a la identificación previa de las zonas en las que es necesario trabajar, y aquellas que no requieren de intervención.

- Mejoramiento de seguridad y conservación de la vía, evitando baches y vaivenes ocasionados.

1.4.1.2.1.1. Bateadora para línea y cambios

En general, se pueden diferenciar dos tipos: de línea (continuas o no continuas) y de cambios.

Las bateadoras de línea se han diseñado para batear la vía, pero no lo desvíos, por lo que solo batean a ambos lados del carril y traviesas en posiciones fijas, determinadas por el ancho de vía en que actúan.

Se muestra en un claro ejemplo, un esquema de algunos de los componentes básicos de una maquina bateadora con su respectiva distribución, toda maquina tiene especiales características y dimensiones diferentes, sin embargo se puede generalizar(*ver figura 3, anejo V*)

Las bateadoras de línea con desvíos, tienen como principal característica la capacidad de levantar y batear el carril mas alejado de la vía desviada, además de batear la vía directa. A estas máquinas se les dota la posibilidad de introducir una sola pareja de bates para los casos de estrechamiento u obstáculos en que no es posible introducir las dos. Por lo tanto las diferencias entre las bateadoras de línea y de desvíos son los grupos de bateo especiales.

En la actualidad hay máquinas de desvíos con mayor rendimiento el cual disponen de un tercer brazo o un dispositivo que permite el levante del carril mas alejado, este dispositivo se encuentra sincronizado automáticamente con el sistema de nivelación de la máquina para evitar la modificación del par de apriete en las sujeciones. En la figura 2, anejo V, se puede ver un tercer dispositivo de elevación de carril para desvíos.

También se ha aumentado la distancia de acción del grupo de bateo exterior, hasta llegar a alcanzar la parte interior del carril mas alejado en toda la longitud del desvío.

1.4.1.2.1.2. Funcionamiento

a. Grupo de bateo

El vehículo tiene un sistema de bates que se introducen en el balasto verticalmente a cada lado de la traviesa, después se vibran los bates engendradas por un árbol de excéntricos, creando pequeños movimientos en el lecho de balasto que ajusta la posición de los agregados para reducir las cavidades, al mismo tiempo los bates realizan un movimiento de cierre asíncrono (cada brazo de bate se cierra con igual fuerza, independientemente de su recorrido) con oscilación direccional y misma frecuencia ideal de 35 Hz, de tal manera se compacta homogéneamente y uniformemente el balasto debajo de la traviesa, creando así un apoyo estable. Si las frecuencias sobrepasan la frecuencia ideal se empieza a producir la licuefacción del balasto.

La presión de bateo se regula para adaptarla a cada capa de balasto. Oscilación direccional, significa que la oscilación se realiza en la dirección del cierre de los bates, favoreciendo el efecto de compactación. La regulación de la profundidad de los bates es necesaria por las condiciones de la vía (altura del carril, altura de la traviesa), inserción por debajo de la traviesa y no sobrepasar la capa de bateo.(ver figura 4, anejo V)

Los factores mas importantes para la calidad de bateo son la frecuencia, amplitud, presión de bateo(115-125 bar), tiempo de apriete (0,8-1,2 segundos, 0,8 para nueva vía y 1,2 valor estándar de mantenimiento) y la velocidad de la unidad de bateo.

Otro factor importante para obtener una alta calidad de compactación de balasto es la profundidad de bateo debajo de la traviesa. Se han hecho estudios donde se muestra que la profundidad óptima debe ser de 15 mm entre la parte superior de la placa de los bates y la base de la traviesa. Las máquinas modernas ya tienen un sistema electrónico que realiza la profundidad automática con una precisión de 1 mm. La duración óptima mínima de impulsos para que se reorganicen las piedras del balasto son de 5 ms.

b. Ciclo de bateo

El ciclo de bateo para alinear y nivelar se comprende con las siguientes operaciones en ese orden:

- Revestimiento de los carriles.
- Descenso de los chasis y penetración de los bates en el balasto.
- Cierre de los bates, vibración y compresión del balasto.
- Apertura de los bates y ascenso de los chasis móviles.
- Avance de la máquina.
- Parada de la máquina a la altura de la traviesa siguiente.

**Ver Figura 5, Anejo V*

La máquina es totalmente automatizada para llevar a cabo todas las operaciones posibles de nivelación y alineación. Asimismo puede ser operada manualmente en lo que respecta a la colocación de la máquina sobre las traviesas y a la puesta en marcha del movimiento de subida/bajada de los bates.

c. Sistema de revestimiento y medición:

La otra parte vital de la máquina de bateo es la herramienta de revestimiento, que consiste en un dispositivo de agarre con pares de rodillos de acero que abarcan cada uno a un carril por ambos lados y también siguen el carril.

Como la herramienta de bateado crea vibraciones en el lecho de balasto, las herramientas de revestimiento ajustan la posición de los carriles, por lo que toda la pista se endereza.

El sistema de apoyo para realizar la elevación de las vías será materializado sobre los carriles. Las ruedas de seguimiento están recogiendo información geométrica en el sistema de medición a bordo, que controla los dispositivos de agarre que tiran de los carriles de modo que se restablezca la posición horizontal y vertical correcta. (ver figura 6, anejo V)

El sistema de control de la máquina de bateo usualmente usa un sistema de medición de tres o cuatro puntos para identificar la geometría.

La eficacia de esta práctica depende de la longitud de la base de medición del vehículo de bateo. Cuanto mayor sea la distancia entre los puntos de medición, mejor será la precisión. (ver figura 7, anejo V)

El sistema de alineación es automático, tanto en recta como en curva y podrán prefijarse los valores de los levantes, peralte, etc. Todas las operaciones de levante, nivelación longitudinal, transversal y alineación de las vías serán realizadas simultáneamente con el bateo del balasto bajo las traviesas.

El grupo de bateo deberá realizar su ciclo normalmente con valores mínimos incluso con valor 0 (cero) de levante. Actualmente hay bateadoras de alto rendimiento que son capaces de corregir los defectos de longitud de onda entre 5 y 25 m con precisiones del orden de 1mm.

La figura 8, anejo V ilustra el principio de revestimiento que se puede describir como suavizado, ya que las irregularidades se atenúan en relación con la geometría existente.

El requerimiento para alto rendimiento dentro de intervalos cortos, y al mismo tiempo realizando trabajos de buena calidad en vías normales, las máquinas bateadoras de línea deberán cumplir estos requisitos:

- Tiempos cortos de ciclos
- Precisión de los valores
- Guiado automático y computarizado, así como todos los sistemas de trabajo.
- Alta velocidad de manejo y tráfico.
- Alta velocidad de trabajo.

1.4.1.2.1.3. Número de grupos de bateo

Se puede describir el rendimiento de una máquina en función del número de grupos de bates. En la actualidad el sistema de bateo con mayor rendimiento está constituido por 16 grupos, con apertura suficiente para batear simultáneamente 4 traviesas. Sin embargo, normalmente, las bateadoras de

línea tienen ocho grupos de bates, bateando simultáneamente dos traviesas cada vez, que se realiza el ciclo. En la figura 9, anejo V, se puede ver un ejemplo de un bateo de dos traviesas.

1.4.1.2.1.4. Bateo de acción continua o intermitente

Además, las máquinas se pueden dividir en función de si son máquinas de bateo de acción continua o máquinas de acción intermitente. Una máquina que funciona de manera intermitente está bateando un grupo de traviesas, moviéndose durante un par de metros y luego deteniéndose para realizar el apisonamiento en el siguiente grupo de traviesas, dando como resultado un patrón de carrera irregular que puede ser un problema del entorno de trabajo para los operadores de máquina.

La máquina de bateo de acción continua, por otra parte, está equipada con un carro de bateo bajo la propia máquina, de modo que el carro puede moverse intermitentemente mientras la propia máquina tiene una velocidad constante. Esto se consigue gracias a que independizan el avance de todas las funciones de la máquina, el bateo se produce mientras la máquina avanza a velocidad constante; cuando se ha terminado el ciclo, el grupo de bateo se desplaza longitudinalmente a mayor velocidad que la velocidad constante del vehículo, hasta alcanzar el siguiente punto de adelantamiento ofreciendo así, un alto rendimiento de trabajo.

Las máquinas de bateo continuo presentan algunas ventajas frente a las máquinas tradicionales:

- Su rendimiento es mayor al 40%
- Los costes de energía son menores, como acelerar toda la máquina para avanzar a la siguiente traviesa
- Reducción de esfuerzos en la unidad motriz, el bastidor y los frenos, por consiguiente reducciones de desgaste en los equipos.
- Como no hay aceleraciones en la puesta en marcha y frenados, proporcionan ventajas ergonómicas para el personal.
- Reducción de ruidos y vibraciones en la máquina.
- Posibilidad de integrar otras operaciones continuas, como regulación de balasto o estabilizadores.

En la tabla 3, anejo V, se enumeran algunos ejemplos de máquinas bateadoras con velocidades de trabajo correspondientes.

Los rendimientos máximos son captados cuando el funcionamiento de la máquina no presenta problemas (inadecuada frecuencia, mal levantamiento), y posibles causas externas no afecten la

eficiencia de la máquina, por ejemplo la insuficiencia de balasto, fallo de la superestructura, pérdidas de sujeciones, etc. (Esveld, 2001).

La bateadora 09-3X, 09-32 y 09-4X pueden estar dotadas de un sistema que permite no solo la nivelación y alineación de la vía, sino también una completa estabilización para que después de los trabajos, el estado de la vía no tenga que limitar la velocidad en ésta. De esta manera éste tipo de maquinaria es idónea para líneas de alta velocidad y líneas principales.

Haciendo una comparativa entre Plasser & Theurer 09-32 CSM y 09-3X, se puede decir que con tan solo agregar cuatro grupos de bateo con capacidad para batear una traviesa más, proporciona un 35-40% más de rendimiento.

La bateadora con mayor rendimiento del mundo es sin duda Dynamic Stopfexpress 109-4X.

Hay bateadoras que han dado un avance al rendimiento y tecnología, con cualidades especiales como una bateadora de avance continuo con aislamiento acústico 09-2X/SD, una bateadora universal con tren de rodadura para carretera UST 79 S, entre otras.(ver tabla 3, anejo V)

En conclusión si se quiere disponer de una alta producción de bateo y la mejor elección de maquinaria, se debe tomar en cuenta factores como el tipo de línea por el que circula, si es de alta operación u ocupación, el tiempo que se dispone para realizar los trabajos, si se requiere hacer los trabajos en desvíos o tareas especiales, y las distancias necesarias para nivelar y alinear.

1.4.2. Perfilado de balasto

El perfilado permite tener la cama de balasto en suficiente dimensión y perfil, esto asegura la estabilidad de una vía continua soldada y la durabilidad de una correcta geometría. El ancho del lecho de balasto en el término de las traviesas, depende de la admisión de la velocidad de la línea.

Las principales razones de realizar el perfilado son para cumplir con los siguientes requerimientos de la cama de balasto:

- Posicionado y distribución homogénea del balasto.
- Llevar las fuerzas verticales a áreas con mayor superficie
- Absorber las fuerzas longitudinales y horizontales que ocurren al paso de vehículos
- Absorber fuerzas en el carril a causa de diferencias de temperatura.
- Mantener la vía seca, la filtración deberá ser sin obstáculos.

1.4.2.1. Perfilado manual

Se realizará el perfilado manualmente cuando se tengan zonas donde no se pueda utilizar una perfiladora como en desvíos y en las comunicaciones, así como en puntos singulares.

Ejecución de los trabajos

- Se realizará una toma de datos previa
- Perfilado que consiste en la reubicación de las piedras de balasto sobre la plataforma de vía, y en su caso, aporte de balasto para restituir el hombro de la banqueta, según la normativa. Se realizará con herramientas como pala y rastrillo.
- Toma de datos y comprobación de objetivos planteados.

1.4.2.2. Perfiladora-reguladora

La perfiladora tiene por objeto la colocación, traslado y distribución del balasto vertido por las tolvas de forma irregular, antes de bateo, y la regulación posterior de los perfiles, una vez realizado la nivelación y alineación definitiva de la vía.

Las maquinas reguladores de balasto pueden estar equipadas con las siguientes unidades:

- Sistema de arados
- Arados de banqueta
- Barredoras
- Correas transportadoras inclinadas
- Tolva de balasto
- Cepillo de fijaciones

Todos estos elementos sirven para la regulación correcta de balasto. La máquina suele trabajar con la bateadora.

Los elementos que son notablemente imprescindibles en el funcionamiento de la perfiladora son los arados, que se encargan de perfilar y regular la mayor cantidad de balasto posible.

a. Sistema de arados

El sistema de arados se componen por arados delanteros y centrales, así como de dispositivos que permitan su rápido retiro de la vía. Los arados delanteros se encuentra montados en la parte frontal de la máquina y trabajan en una sola dirección, el cual no pueden variar la distribución de balasto.

Sin en cambio los arados centrales, están dispuestos en el centro de la máquina en forma de canales y están constituidos por dos cuerpos que pueden actuar independientemente, son de altura regulables que permiten trabajar en cualquier dirección. Conjuntamente el sistema trabaja de forma que a través del estado del balasto se puede mover el balasto de un lado a otro dependiendo la necesidad. (ver figura 1, anejo VI)

b. Arados de banqueta

Los arados de banqueta o laterales arrastran el balasto, perfilando el flanco de la banqueta, es decir crean un ángulo correcto del talud.

Compuesto por dos laminas laterales que permiten el movimiento de balasto desde la cama hasta la corona o viceversa, dependiendo las necesidades. Estos arados se mueven hidráulicamente desde la mesa de control y puede ser ajustado por el operador, por ese motivo trabajan de forma independiente. Estos arados pueden ser equipados con un sistema electrónico para el monitoreo del área, con posibilidad de modificar el ángulo de trabajo en función de la cantidad de balasto.

Algunas perfiladoras cuentan con tolvas de gran tamaño que son equipadas con cintas transportadoras para retirar y transportar el balasto sobrante, la capacidad de las tolvas pueden ser de 7m³. (ver figura 2, anejo VI)

c. Barrido de balasto

Este equipo se encarga de barrer las piedras sobrantes de toda el área de las traviesas y las cajas entre estas, precisamente desplazarlo fuera de la banqueta. Este equipo deberá contar con un dispositivo de cepillado capaz de mover el balasto que sobra de la superficie de las traviesas sin dañarlas. La mayoría de las barredoras de balasto están equipadas con cintas transportadoras para retirar el exceso de balasto a un lado de la vía. Hay casos en los que el balasto puede ser retirado posteriormente y ser llevado en una tolva, donde se hace depurado mediante cribas y su futuro uso.

1.4.2.2.1. Rendimiento de perfiladora-reguladora

Lo que determina el rendimiento de una perfiladora-reguladora es la posibilidad de adaptarse a todas las circunstancias de cualquier obra. Así como fácil manejo para el operador. Otra condición de rendimiento es que la máquina tenga la mayor capacidad de reparto de balasto que depende claramente del diseño de los útiles o arados. Un claro ejemplo de alto rendimiento, es cuando se tiene una cantidad considerable de balasto a retirar, por lo tanto se requiere una mayor capacidad de tolvas para su apartado.

Se puede ver que en relación a las necesidades de la vía, la máquina realiza diferentes actividades con diferentes rendimientos, como el rendimiento mas alta es cuando la maquina solamente usa los arados frontales y centrales. El rendimiento mas bajo es cuando la maquina realiza cepillado y retirando balasto por medio de las cintas transportadoras.(ver tabla 1, anejo VI)

Para la mejor selección de máquina, se deben considerar algunos aspectos que cumplan con las necesidades requeridas; si el trabajo se realizará en línea y en cambios, si el trabajo será en conjunto con bateadoras de trabajo cíclico o continuo, si será para redes pequeñas o para líneas de alta velocidad.

Las maquinas actuales se diferencian mas, por el rendimiento de los cepillos, si la maquina se encuentra dotada de mayor número de cepillos, el rendimiento aumenta considerablemente. Todo depende de cual sea el estado del balasto.

La operación se realiza con un operador normalmente, sin embargo es recomendable otro de modo auxiliar, en caso de alguna incidencia. Hay maquinas en las que se exigen dos operarios y un auxiliar por su alta complejidad de la máquina como es el caso de Matisa R 24.

1.4.3. Estabilización dinámica de vía

Algunas de las principales razones para realizar la estabilización son:

- Provocar asentamientos de rápidos de vía, precisos y controlados después de trabajos de nivelación y alineación.
- Mejora el anclaje del carril en el balasto para generar una disposición ordenada, homogénea y compacta del lecho de balasto.
- Aumenta la calidad de la vía y la durabilidad de la posición de la vía.
- Ofrecer la máxima seguridad posible y permite dejar la vía en operación de su máxima velocidad permitida y evitar una limitación temporal de velocidad.

1.4.3.1. Estabilizador dinámico

Es un equipo que ayuda a estabilizar la vía mecánicamente aplicando vibraciones horizontales y cargas verticales, que se realiza solo después de que se haya realizado la nivelación y alineación de una vía continua. El estabilizador dinámico consigue compactar el lecho de balasto y asentar las traviesas, esto es para añadir mayor resistencia al sistema, equivalente al paso de 100.000 toneladas. Es importante decir que la estabilización dinámica generalmente se evita en algunos tipos de estructuras como puentes, etc., para evitar riesgo de daños en las cimentaciones.

1.4.3.1.1. Funcionamiento del estabilizador dinámico

Los grupos de estabilización es un elemento clave para que estos equipos estabilizadores, cumplan su función. Cada grupo de estabilización dispone de dos rodillos guía y un rodillo de apriete por cada hilo de carril, que aprietan y sujetan la vía firmemente por ambos carriles, durante el avance continuo de la máquina.

Cada grupo de estabilización se compone también de dos 2 cilindros hidráulicos por cada unidad que aplica carga verticales para simular el paso de trenes, por lo tanto cada equipo cuenta con 4 masas excéntricas. Las masas excéntricas se conectan por medio de engranes de rotación que

generan un movimiento síncrono horizontal, transversal al eje de vía, este movimiento produce vibraciones que son transmitidas a la vía y a su vez al balasto, provocando que las piedras cambien su posición de forma mas homogénea y compacta, corrigiendo el esponjamiento del material. Dos de las masas excéntricas trabajan al mismo tiempo en direcciones opuestas entonces sus efectos son cancelados en dirección vertical e incrementa en dirección horizontal. (ver figura 1, anejo VII)

El equipo dinámico deberá estar equipado de un sistema de registro de los parámetros como flecha, alabeo, peralte y nivelación longitudinal.

A continuación se describen algunos de los parámetros y variables que describen el correcto funcionamiento y efectividad del estabilizador dinámico.

1.4.3.1.2. Parámetros influyentes de rendimiento

Los parámetros que mas influyen en el efecto de la estabilización de la vía son:

- Frecuencia de estabilización
- Carga estática vertical aplicado por los cilindros hidráulicos a las unidades estabilizadoras.
- Velocidad de trabajo
- Potencia dinámica de impacto.

La frecuencia, la carga vertical y la velocidad de trabajo pueden ser ajustados por el operador durante el trabajo, pero la potencia dinámica de impacto es pre determinada por las masas excéntricas de las unidades estabilizadoras, que a su vez dependen también de la frecuencia. Cada unidad estabilizadora tiene 4 masas excéntricas. Dos de ellas trabajan al mismo tiempo en direcciones opuestas entonces sus efectos son cancelados en dirección vertical e incrementa en dirección horizontal.

a. Frecuencia de estabilización

La frecuencia de estabilización es el parámetro mas importante, ya que este depende la mayor parte de la calidad de la estabilización. Si la frecuencia aumenta, el balasto entra a la zona de deformación. Algunos estudios muestran que un rango de frecuencia típica de trabajo oscila entre 28-35 Hz. Para obtener una efectividad del 100% sin que el balasto cambie de propiedades, la frecuencia es de 30 Hz. Las maquinas estabilizadoras deberán estar dotadas de poder ofrecer un límite máximo de 45 Hz.

b. Carga estática vertical

Algunos estudios dinámicos muestran que a mayor carga vertical se crean desplazamientos horizontales y aumenta el movimiento del balasto. La efectividad óptima de un estabilizador es cuando la carga estática vertical es de 240 kN, siendo la máxima en el caso del equipo DTS62N. Las cargas se traducirán al carril en alrededor de 120 kN.

Los equipos tienen un sistema automático de ajuste cuando se interceptan desvíos o peraltes, sin olvidar que se puede realizar manualmente.

c. Velocidad de trabajo

La influencia de la velocidad en la efectividad en el trabajo es mucho menor que la influencia de la frecuencia, pero es estrictamente necesario para el cálculo de rendimientos de la máquina. Muchas pruebas que se han realizado han determinado que a menor velocidad es más efectivo. En algunas pruebas se ha determinado que la velocidad más efectiva de trabajo ronda entre 1,5 km/h. En casos si la velocidad aumenta, la calidad disminuye logarítmicamente. Un rango típico de trabajo oscila entre 1-3 km/h.

Otro aspecto que se debe tomar en cuenta para que la máquina sea lo más eficiente es el asentamiento que se le de, a mayor levantamiento dado por la bateadora se requerirá una menor velocidad de trabajo en el equipo e inversamente su asentamiento.

d. Masas excéntricas del estabilizador

Las masas excéntricas son pre establecidas por el estabilizador como se ha mencionado anteriormente. Los estabilizadores proporcionan esta característica por el fabricante, un ejemplo de masas excéntricas para un DTS 62N es de 92 kg.

Con ayuda de los valores anteriores se puede calcular la potencia dinámica de impacto. Un valor de un equipo antes mencionado puede ser de 200kN con una frecuencia de 30 Hz.

1.4.3.1.3. Forma de trabajo del estabilizador

La máquina estabilizadora trabaja de dos formas diferentes para obtener resultados distintos:

- Asiento constante: Carga variable o regulable en combinación con la frecuencia, conseguir un asiento previsto.
- Asiento variable: Carga constante (máx. fuerza vertical) y una frecuencia determinada, se consigue un asentamiento no uniforme.

En los trabajos de mantenimiento se suele trabajar la estabilización dinámica mediante asiento constante para no afectar demasiado la geometría de la vía y no tener que realizar trabajos posteriores de rectificación de geometría.

La forma de trabajo que se emplea para una correcta estabilización, es después de cada levante, primero actuando con el regulador automático desconectado, con una carga constante del orden de 60 kN a 100kN y una frecuencia entre 30-35 Hz. Después de la segunda nivelación se realiza otra pasada pero en modo de trabajo con carga variable para conseguir el asiento previsto. Esto se da porque el asentamiento después del segundo bateo es menor que el primero.

1.4.3.1.4. Rendimiento del estabilizador

Todos los conceptos anteriores describen el rendimiento de un estabilizador; por lo tanto, haciendo el análisis de todas las variables que afectan el rendimiento de esta actividad, cabe destacar que la velocidad de trabajo de la maquina no siempre indica su alto rendimiento, sino que conjuntamente actúen todas las variables mencionadas. A mayor velocidad, la eficiencia de la maquina disminuye porque actúa en menor tiempo las vibraciones necesarias para estabilizar al máximo.

La alta frecuencia produce un cambio de propiedades al balasto, de tal manera que empieza a producirse un fenómeno de licuefacción.

En la siguiente tabla podemos ver diferente modelos de estabilizadores con sus respectivas características. De esta manera permite hacer un mejor análisis y tomar decisiones antes de emplear alguna maquina.

Se puede concluir que para la mejor selección de maquinaria se toman en cuenta, no solo las variables que afectan la calidad de los trabajos sino también la capacitación que tenga el personal al momento de operar la maquina. (ver tabla 1, anejo VII)

La mayoría de los equipos que tienen alto rendimiento y eficiencia son debido a que están equipados con sistemas automáticos para aportar mayor exactitud y precisión a las necesidades, cumpliendo con las normas ferroviarias.

Habitualmente las empresas mantenedoras eligen utilizar el modelo DGS 62N, porque es de alta fiabilidad y eficiente. También tiene altas prestaciones como velocidades de trabajo competitivas y capacidades de trabajo en diferentes situaciones como en plena vía o en desvíos.

La mayoría de las maquinas son operados por una persona con una capacitación especifica en cada caso. Sin embargo dos operarios deben ser competentes por seguridad en el trabajo.

1.4.4.Sustitución de traviesas

Consiste en la sustitución de traviesas y material en mal estado e inspección ocular del estado de las traviesas.

El transporte de los materiales, medios auxiliares y materiales, desde el depósito hasta la zona de la obra, se montan en camiones o tren travesero mediante camiones grúa o retroexcavadoras con bandejas especiales en el depósito, así por consiguiente en la zona de obra se posicionarán las traviesas a un lado de la vía o plataforma (banqueta de la vía) para su futura sustitución mediante una retroexcavadora bivial.

Para la renovación puntual de traviesa de madera u hormigón, es necesario realizar las siguientes operaciones y por este orden:

- Marcarado de ubicación de traviesas
- Desclavar la sujeción (dependiendo con clavadora o con aparato de sujeción)
- Descubrir cualquiera de los dos cajones colaterales de la traviesa hasta la profundidad aproximada de 5 cm por debajo de la cara inferior de la traviesa.
- Vaciando la caja de balasto mediante bates, palas, rastrillas y bielos (horcas) (se pueden utilizar una o varias de estas herramientas) o bien empleando una retroexcavadora bivial con “escudo desgarnecedor” (caso de sustitución en continuo).
- Desclavar la traviesa y desplazarla a uno de los cajones descubierto golpeandola con barras metálicas para no levantar la vía.
- Por medio de gatos, se podrá levantar ligeramente la vía como máximo 3 cm por ambos hilos hasta que se puedan sacar las placas de asiento, o exista el espacio suficiente para evitar el rozamiento de la traviesa con el patín del carril. (caso de sustitución en continuo)
- Desplazando la traviesa mediante pinzas específicas de retroexcavadora o tenazas de traviesa para el movimiento de las traviesas, se procederá la extracción longitudinal de estas, posicionandolas en un lugar en el cual no interfieran las posteriores operaciones hasta su retirada definitiva.
- Realizar una pequeña limpieza mediante cavado, en altura, del balasto en toda la zona donde apoyará la base de la nueva traviesa a instalar para evitar el levante de la vía mas alta que la rasante teórica.
- Colocación de la nueva traviesa en el mismo cajón por el que se retiró la traviesa vieja, con pinzas de retroexcavadora bivial (caso de sustitución en continuo) y movimiento de traviesas en distancias correctas de forma manual con ayuda de unas barras de uña, tenazas de traviesa, o incluso con otros medios manuales y asentar el carril sobre la misma. (dos operarios)

- Por medio de las herramientas anteriormente citadas, insertar la placa de asiento correspondiente, excepto en las traviesas que ya vienen premontadas, apretando su sujeción ligeramente colocandola de forma que la ubicación de sus sujeciones coincidan con las marcas realizadas anteriormente, dando el apriete a la sujeción.
- Apretado correcto de todas las sujeciones cuando se trate de traviesas de hormigón como se indica en el apartado de “Reapriete de sujeciones”.
- Comprobación del descuadre y la distancia con las traviesas contiguas, en el caso de no haber podido realizar las marcas de las sujeciones o por no haber existido una traviesa en ese punto con anterioridad y comprobar igualmente el ancho de vía para evitar que queden fuera de tolerancia.
- Volver a tapar el cajon con el balasto que se sacó al principio por medio de palas, rastrillas o bieldos.
- Nivelación y alineación de la vía, con bateadoras ligeras manuales de vibracion y gatos de vía, o bien, por medio de bateadoras y perfiladoras pesadas, con la posibilidad de aportación de balasto
- Compactar con herramienta manual y perfilar

En el caso de sustitución en continuo y haciendo uso de retroexcavadora hidraulica con pinzas y escudo desguarnecedor, el equipo está formado, normalmente, por 4 personas: el operador de la retroexcavadora, dos operarios encargados apretar las sujeciones provisionales y un auxiliar para el movimiento de la maquinaria.

1.4.4.1. Tenazas para traviesa de hormigón

Se emplea para levantar traviesas, todo su rendimiento es basa en el tiempo necesario para desplazar traviesas de un lugar a otro por parte de los trabajadores. Para cumplir con la función de levantamiento de traviesas se necesitan dos tenazas para poder cargarla entre cuatro operadores (tenaza por operador), con ayuda de ambas manos.

El rendimiento de los operadores se describe de la siguiente forma:

Se da por la suma de cada tiempo aportado con el uso de las tenazas, desde que las tenazas empiezan a producir un movimiento eficiente. Primeramente se calcula la velocidad de desplazamiento en relación a la energía consumida, la velocidad óptima que es la velocidad mas económica (cuando el gasto energético es mas bajo por metro caminado), esta velocidad es de 4,44 km/h con un consumo de energía de 0,78 calorías por metro y por kilo de peso. A estos valores se le suma el peso del trabajador y el peso que está transportando. El peso total de un trabajador en el

proceso de caminata desde el tajo hasta la ubicación de las traviesas nuevas o viejas es de $(\text{Peso traviesa} + 2 * \text{Peso tenazas} + 4 * \text{Peso medio trabajador} + \text{Peso de ropa o EPI} / 4 \text{ trabajadores}) = (300 \text{ kg} + 2 * 10 \text{ kg} + 4 * 62 \text{ kg} + 3 \text{ kg} / 4 \text{ trabajadores}) = 142.75 \text{ kg}$ peso total de un trabajador. La fuerza que requiere cada trabajador para este tipo de actividad es de 80 kg.

Los valores son una aproximación para tener un sistema útil de comparación.

La velocidad debe pertenecer en el rango de 3,5-6,5 km/h para que no se tenga tiempo perdido en cargar tanto peso o a lo contrario, empezar a correr.

(fuente: Robel.com, Jornada laboral, flexibilidad humana y análisis del trabajo pesado, Santibáñez Lara pág. 193; London School of Hygiene and Tropical Medicine de Reino Unido.)

Si suponemos una distancia de recorrido media de 5 metros, desde la posición inicial de la traviesa en la vía hasta donde se colocan las traviesas viejas; se calcula el tiempo de 5 segundos. A ese tiempo se suma el tiempo de retirarlo de la vía tomando en cuenta obstrucciones o atascos con el balasto o con algún otro elemento. El tiempo total de uso de las tenazas es de 10-15 segundos por cada traviesa movida, sea vieja o nueva. Lo que varía entre ambas traviesas son las tenazas de madera u hormigón y el gasto energético por cada trabajador influyente del peso de tenazas y peso de la traviesa. Cabe mencionar que la traviesa se desliza por el balasto para su extracción, eso significa que la velocidad de desplazamiento es mayor pero la distancia de desplazamiento será menor por lo que el tiempo sigue siendo el aproximado anteriormente. (fuente: *TriaIngenieria*)

Podemos considerar los rendimientos de esta herramienta en su extracción o colocación de la traviesa.

Este método no es muy recomendable ya que perjudica la salud física del trabajador por la ergonomía y el alto riesgo de accidente, es empleado muy ocasionalmente cuando se tiene que cambiar una o muy pocas unidades.

Una aportación al trabajo es que actualmente en el mercado existen traviesas con menor peso, alrededor de 5 kg, causando menores repercusiones.

1.4.4.2. Pala, rastrillo y bieldo

Este tipo de herramientas en general sirven para excavar o desplazar materiales de un sitio a otro. Estas herramientas consisten en una plancha de metal, rastrillas o bieldos u otro material resistente, que están sujetas a un mango cilíndrico tan largo como para tomarlo con ambas manos apoyarlo sobre una de las rodillas, a manera de palanca, lo cual facilita la tarea de levantar pequeñas cantidades de material, excavar o afinar.

Es recomendable que estas herramientas estén dotadas de una empuñadura en su extremo para un mejor uso y transporte. Así como tomar la decisión de composición de metal o madera, de metal mas pesado pero mas resistente.

Al inicio de esta actividad de vaciado, el uso de bioldos es mas funcional que cualquier otro porque tiene mayor capacidad de penetración en el balasto, con ayuda de sus picos, normalmente son 5 o 6. El espaciado entre picos de un bioldo deberá ser menos a las dimensiones de granulación del balasto para evitar que el balasto caiga.

También la pala con punta es funcional, sin embargo personal con experiencia no la recomiendan porque es mas incomodo y limita un poco la penetración del balasto.

El proceso de uso es el siguiente:

Se toma el mango de la herramienta con una de las manos, la otra mano tomará la parte media del mango para ejercer la fuerza necesaria; con un pie apoyado sobre el borde superior de la plancha, el rastrillo o el bioldo. Se empuja hacia abajo para lograr la excavación, luego con ambos brazos se levanta la herramienta de manera horizontal con el balasto de tal manera que la herramienta funcione como contenedor y posteriormente se hace el vertido del material al lugar final.

Una forma de mejorar las posturas forzadas de los trabajadores, se pueden agregar a estas herramientas mangos intermedios adicionales para favorecer las posiciones adoptadas durante las tareas.

Para realizar el vaciado de un cajón no debe de haber mas de 2 trabajadores haciendo la actividad, ya que uno actúa en la zona del carril (a) y el otro en el carril (b), evitando interferir u obstruir el vaciado constante.

Para calcular el rendimiento de una herramienta de este tipo, hay que saber la capacidad que tiene el útil para poder mover el balasto. Una pala con plancha de metal con terminación en punta con un ancho de 0,3 m y un largo de 0,51m, tiene una capacidad volumétrica de 0,00612 m³, se debe multiplicar este valor por su factor de llenado 0,9, para obtener la capacidad real. (*fuentes: especificaciones técnicas Truper, 2017*)

La cantidad de balasto que debe ser movido por estas herramientas es de 0,462 m³, y si la capacidad real de cada pala es de 0,005508 m³, entonces se requieren 83 palas completas de balasto para vaciar todo el cajón. Personal con experiencia toma alrededor de 6-7 segundos en realizar todo un ciclo de trabajo, desde la toma de la herramienta pasando por la excavación y vertido a lado de la vía, hasta el punto inicial del nuevo ciclo(carga completa de pala). Si la pala no se encuentra

completa; el tiempo disminuye. En otras palabras el rendimiento por vaciado es de 9-10 minutos en el vaciado/llenado de un cajón por los parte de los dos trabajadores.

Es de suma importancia aclarar que los rendimientos entre la herramienta están en función de la compactación y del estado del balasto. Mientras se encuentre mas compactado el balasto, es mas difícil su penetración y los rendimientos disminuyen.

Cuando se realiza la actividad de sustitución de traviesas el trabajo más pesado es de excavación, muy claramente se ve que es la actividad que toma mas tiempo.

Para la realización de las demás actividades como nivelación y alineación, clavar o desenclavar sujeciones, colocación de gatos hidráulicos, etc., se realizan por otro tipo de personal, donde no se afecta el tiempo de uso de las demás herramientas.

El rendimiento total de la actividad de mantenimiento que compone la sustitución de traviesas por método manual, se describe con la suma de todos los tiempos requeridos del uso de tenazas y de herramientas de movimiento de balasto.

En conclusión la producción horaria es de 20 min por traviesa; en otras palabras 3 traviesas por hora. (*fuentes: TriaIngenieria, 2017*).

1.4.4.3. Retroexcavadora hidráulica bivial

Se utiliza para diversos trabajos en la superestructura ferroviaria (depurado de balasto, manipulación de carril y traviesas mediante útiles específicos para la tarea). Dispone de un sistema de adaptación de la rodadura para su circulación tanto por caminos como por vía férrea. (sistema de diábolos para vía, ruedas guía con accionamiento hidráulico).

En el caso de sustitución de traviesas se emplea un accesorio que consiste en un escudo o pantalla especial para retirar el balasto. Por otra parte una pinza para agarrar y mover el carril a las traviesas en el caso de sustitución de este.

La operación de una retroexcavadora durante la actividad realizada, requiere por lo general muchas maniobras. Si es limitado el espacio entre las posiciones, puede presentar problemas. El tipo de operación que realiza este tipo de maquinas implica muchos cambios de dirección, de avance y retroceso, así como los cambios de dirección de sus partes frontal y trasera, si el trabajo es constante, puede haber de 400 a 500 cambios de dirección por hora. Esto equivale a un cambio de dirección cada 6 segundos.

Por esta razón este tipo de maquinaria tiene mejoras en el diseño de los controles que usa el operador. La productividad depende totalmente de la actividad que se este realizando con la máquina. Así mismo del accesorio que se encuentre operando.

1.4.4.3.1. Escudo desguarnecedor para vaciado de cajón de traviesas

La producción horaria del conjunto pluma con el escudo desguarnecedor actúan de manera de empujador “push-pull” y excavadora, el tiempo de vaciado depende de diversos factores:

- Tamaño y configuración del escudo desguarnecedor.
- Potencia de excavación disponible.
- Características y condiciones del balasto.
- Condiciones del área de trabajo.
- Características de la vía. (pendiente, curva, etc.).
- Experiencia del operador.

El método para calcular la producción es por medio de esta formula (1):

$$P(m^3/h) = \frac{60 * C * E * F * H * A * V}{T} \dots\dots(1)$$

C= Capacidad del escudo desguarnecedor (m3)

E= Factor de eficiencia

F= Factor de llenado del escudo

H= Factor de corrección por la altura de la pila del material. Para las excavadoras se toma H=1

A=Factor de corrección por el ángulo de giro. Para las excavadoras se considera A=1.

V= Factor de conversión volumétrica

T= Ciclo de un escudo (min)

Por ejemplo, para calcular la producción de una excavadora con un escudo desguarnecedor (C) de 3 m3. Un factor de llenado del cazo (F), se expresa como el porcentaje de la carga media sobre la teórica máxima, excavadora con capacidad de excavación media de 0,85-0,95 al ser balasto, este factor puede variar cuando el material se encuentra pegajoso o balasto en mal estado, incrementando los tiempos de vertido o excavación.

Para determinar el tiempo de ciclo están en relación con las características del material a cargar y la capacidad del escudo desguarnecedor. Hay valores aproximados considerando la facilidad de excavación, por ejemplo si suponemos una excavabilidad media con misma capacidad del escudo tenemos 27 segundos, descrito como el menor trayecto posible y que se efectúa un giro de 90 grados. Si se generan diferentes giros cambia el factor de giro (si el giro es 180 grados el factor es 0,77 y si es 45 grados el factor es de 1,19). Posteriormente la altura de depuración entre carga y descarga es variable porque existe una relación entre la carga y descarga del balasto a un lado de las traviesas.

A continuación se muestra un claro ejemplo para determinar la producción de una excavadora con equipo desguarnecedor entre traviesas.

$$C=3\text{ m}^3$$

$$F=0,9$$

$$E=0,83$$

$$V=0,72-0,74\text{ balasto}$$

$$H=1$$

$$A=120\text{ grados}; 0,91$$

$$T=27\text{ segundos}=0,45\text{ min}$$

$$P = \frac{60 \times 3\text{ m}^3 \times 0,83 \times 0,9 \times 1 \times 0,91 \times 0,72}{0,45\text{ min}} = 195\text{ (m}^3/\text{h)} \dots\dots(2)$$

Este valor (1) significa, que teóricamente para vaciar un cajón completo entre traviesas (0,46 m³), con la producción de una excavadora se podría vaciar idealmente un cajón en 9-11 segundos.

Cabe mencionar que el escudo desguarnecedor tiene unas ranuras donde permite desplazar el balasto sin dañar los carriles, disminuyendo la superficie del escudo. Cada movimiento permite desplazar un menor volumen por lo que se requiere mas movimientos, sin embargo el tiempo no cambia drásticamente por la velocidad de la pluma.

1.4.4.3.2. Tenaza/agarradera para movimiento de traviesas

El mismo equipo de escudo de desguarnecido tiene a su vez un accesorio que permite el movimiento de la traviesa una vez descubierto el cajón y la colocación de la nueva.

Los tiempos de retirar una traviesa son de 20 segundos aproximadamente, desde que la pinzas la agarran hasta que sale de la zona de los carriles, como se ha mencionado anteriormente todos los rendimientos dependen completamente de las habilidades del operador de la maquina.

Los tiempos que se toma en dejar la traviesa vieja y tomar la nueva son de 15 segundos (desde la altura de los carriles a una distancia lateral de la vía)

Sin en cambio una vez agarrada la traviesa y posicionada la garra a la altura de los carriles, debe realizar giros para su correcta colocación, posteriormente la traviesa debe seguir sujeta hasta que dos peones colocan las sujeciones en apretado provisional (uno en cada carril), sin embargo con ayuda del equipo de escudo desguarnecedor se realiza un pequeño movimiento de la traviesa próximo a la teórica 60 cm entre traviesas. Este tiempo total ronda entre los 40 segundos, desde la posición sobre los carriles hasta antes de empezar el movimiento de balasto para el llenado de su cajón.

Todo el proceso consecutivo tiene unos rendimientos de 1,5-2 min, esto quiere decir 30-40 traviesas en una hora, o bien 27-36 m/h. Estos rendimientos tienen características de que están en función de variables como distancia de posicionamiento de nuevas o viejas traviesas, etc. (fuente: *TriaIngenieria*,

[youtube.com/watch?v=DPyq-fiW3PI](https://www.youtube.com/watch?v=DPyq-fiW3PI)). Los cálculos fueron tomados por una Retroexcavadora bivial VAIACAR V-704-F.

En tabla 1, anejo VIII se muestra una tabla de las especificaciones técnicas de una retroexcavadora del fabricante, donde se puede ver las capacidades y comparar los resultados obtenidos anteriormente, como tiempos de movimientos con y sin carga.

En la actualidad hay maquinas pesadas que aceleran la producción y aumentan el rendimiento de trabajo y precisión, llamadas “maquinas de sustitución rápida de traviesas”, sin embargo hay procesos o actividades anteriormente mencionados que no se exentan estas maquinas de realizar, como por ejemplo realizar el cajón entre traviesas. Recordando que la traviesa, al tener un peso de 200-300 kg, disminuye el numero de operadores durante el proceso de extracción lateral de traviesas y reduce riesgos de accidentes.

Estas maquinas también cuentan con un sistema de levantamiento de carril, sistema optimo de empuje de traviesas con alrededor de una fuerza de 5.000 kg de fuerza horizontal para remover las traviesas de la vía. y sus rendimientos pueden alcanzar hasta los 400 m/h, retirando 2 traviesas por cada ciclo.

1.4.5. Sustitución de sujeciones y reapriete de sujeciones

Un buen mantenimiento del apretado de las sujeciones ayudan a mantener el ancho de vía en su correcta ubicación, garantizando la rigidez vertical y su estabilidad tanto longitudinal como transversal. Un apretado insuficiente facilita el deslizamiento del carril sobre la traviesa. Por el contrario, un apretado excesivo puede originar pérdida de elasticidad e incluso rotura en las sujeciones del carril llegando, incluso, a fisurar las traviesas

Cada tipo de sujeción y traviesa tiene su propio método y descripción de actividad por lo que para este análisis se describirá en traviesas monobloque con sujeción tipo Vossloh HM.

La actividad consiste en la comprobación visual, inspección y registro del estado de todas las sujeciones, roturas y apriete de las mismas.

1.4.5.1. Apretado de sujeción y sustitución de algún componente de la misma

Comprobar visualmente el estado de la sujeción en general, de forma tal que si no se aprecian roturas en la parte vista de la sujeción podamos pasar a proceder al apretado de la sujeción.

Además, si se plantea la necesidad de tener que extraer los tirafondos de sus espigas o vainas, por tener que proceder a su sustitución o a la de alguno de los componentes de la sujeción (placa acodada y/o plantilla aislante), la forma de proceder es:

- Si lo que hay que cambiar es únicamente el tirafondo se sacará éste, mediante llave manual o motoclavadora sobre el propio barreno, deberá ser desplazada la placa de asiento, según lo que se disponga, sustituyéndolo por otro en buen estado.
- Si lo que hay que cambiar es algún otro elemento de la sujeción, distinto del clip y del tirafondo, se extraerá éste como se comenta en el párrafo anterior y los demás elementos de la sujeción situados en la parte superior de la misma hasta llegar a la pieza a cambiar y, a continuación, proceder en sentido contrario.

El rendimiento total de esta actividad se desglosa en el apartado de clavadora mecánica, describiendo todos los tiempos necesarios para cumplir con esta actividad.

1.4.5.1.1. Apretado con utilización de llave manual

Esta opción sólo se utiliza de forma aislada en zonas puntuales pequeñas usando una llave manual con la boca correspondiente a este tipo de sujeción. Dado que nos estamos refiriendo a actuaciones puntuales, no se simultanearán los trabajos en varias traviesas sino que se irán haciendo de una en una. Aplicar la llave manual a la sujeción haciendo el esfuerzo necesario hasta comprobar que se aprecia una gran resistencia a seguir apretando. El correcto apriete se comprobará mediante una llave dinamométrica en todas las sujeciones afectadas.

1.4.5.1.2. Apretado de sujeción con utilización de motoclavadora hidráulica con limitador e indicador de par de apriete

Se realiza por medio de motoclavadoras con control hidráulico. Si se dispone de una de estas máquinas, colocar en su extremo el tipo de boca que corresponda al de la sujeción correspondiente. Posicionar, en la vía, el carrito que permite el desplazamiento de la motoclavadora. Antes de comenzar, arrancarla y esperar al menos 5 minutos.

Se tendrá en cuenta el apriete que se debe dar a este tipo de sujeción, aplicando un par de 200 a 220 N m para las sujeciones Vossloh HM. El correcto apriete se verifica mediante una llave dinamométrica cada 5 sujeciones.

1.4.5.1.2.1. Motoclavadora

La máquina motoclavadora tiene como función principal clavar y desclavar pernos, tornillos o tirafondos en casi todo tipo de sujeciones de vías ferreas (sean de madera u hormigón), o

cualesquiera aplicaciones similares. Las motoclavadoras se dividen en dos tipos, las mecánicas y las hidráulicas.

Una característica muy importante de las motoclavadoras mecánicas es la posibilidad de regular su par de apriete, y ello de una manera tan sencilla se efectúa sobre el embrague intercalado entre el motor de accionamiento y la salida de utilización de la máquina. Se gira una tuerca y su contratuerca de tal manera se modifica la tensión de un muelle contra los discos del embrague, actuando como limitador de apriete.

Por otro lado las motoclavadoras hidráulicas tienen un control hidráulico como se ha mencionado anteriormente con accionamiento eléctrico que permite regular el par de apriete con tan solo variar el sistema hidráulico.

El principio de funcionamiento consiste en comenzar a clavar a máximas vueltas y a partir de un determinado par de apriete, la máquina automáticamente cambia su régimen de vueltas alcanzando su máxima fuerza y menor revoluciones en la boca de clavado. Otra importante característica de las motoclavadoras es su posibilidad de invertir el sentido de giro del árbol de salida, portador de la boca de utilización, y ello por simple acción sobre una pequeña palanca.

El procedimiento para el uso de la motoclavadora consiste en que un operario mediante el elemento portador (parte fija) es sostenida con una mano y con la otra mano acciona el embrague mediante la vara basculante con un movimiento en alguna dirección (depende del tipo de motoclavadora). El motor es accionado mediante dicha palanca de embrague, mientras que el sentido de giro es determinando por la posición previa de la palanca inversora.

Evidentemente, el manejo de la máquina es sencillo; el embrague de la boca de clavar se realiza por medio de una ligera presión aplicada en la oportuna palanca que sirve de maneral. La utilización es segura, pues una vez terminada la operación de clavado, la boca queda desembragada automáticamente, evitando por tanto que el motor se cale y también los tirones laterales consiguientes.

El tiempo empleado en clavar y desenclavar un tirafondo es de 3-5 segundos. Una importante cuestión, es que la motoclavadora tiene un peso medio 100 kg., por eso hace posible que con tan solo dos hombres pueda ser levantarla fácilmente; por otra parte, por estar perfectamente equilibrado su peso respecto al pivote de giro, basta con un solo hombre para manejar la máquina sin esfuerzo.

El sistema de carrito con enclaves, para las dos posiciones de trabajo y la central para los desplazamientos longitudinales, permite que la motoclavadora tenga una facilidad de movimientos sobre la vía así como una gran rapidez en los cambios de posición para el trabajo.

Se muestra tabla 1, anejo IX con algunas de las características de unas clavadoras mecánicas, para poder hacer una comparación de sus características y determinar con facilidad cuál se acerca a las necesidades del mantenedor.

Como se puede ver cada clavadora tiene diferentes características, algunas que pueden aportar mayores ventajas y otras menos para el trabajador, sin embargo los tiempos de apretado o aflojado de sujeciones no varían considerablemente para diferenciar un alto rendimiento de la máquina. El cálculo de rendimiento teórico de una máquina parte de su capacidad de par de apriete y de revoluciones por minuto. Eso significa que si tenemos 687 rpm se darían 11 vueltas en un segundo, implica que un tirafondo tardaría en clavarse 1,3 segundos si todo el tiempo se aplicara un par de 220 Nm, sin embargo ese par se da solamente la última distancia de desplazamiento correspondiente a dos vueltas. Para hacer un cálculo correcto se tendría que analizar todas las variables de esfuerzo entre traviesa, tirafondo y elasticidad de la sujeción. Comparando anteriormente con los valores mencionados de 3-5 segundos en clavar una sujeción es por el tiempo margen que se tiene por los errores humanos (pérdidas en accionar la herramienta, etc.)

1.4.5.1.3. Rendimiento de trabajo

Para determinar el tiempo completo de todo un ciclo de trabajo se debe considerar tiempos intermedios de recorrido entre la finalización de ciclo anterior del apretado del tirafondo hasta el inicio de apretado de la siguiente traviesa. Este recorrido depende del operador, sin embargo un tiempo medio es de alrededor de 2-3 segundos, la principal causa de atrasos se debe a que el operario debe encontrarse en una posición óptima y segura para iniciar el proceso. Por otro lado el tiempo de giro con pivote de pasar de una sujeción a otra de una misma traviesa oscila entre 1 segundo.

Por consiguiente, la suma que toma en realizar una producción de una traviesa es de 6-7 segundos, es decir, un rendimiento total de 500 m/h, cumpliendo con todo lo que conlleva el reapriete o sustitución de sujeciones (generalizando; sustitución de placa asiento, sustitución de tirafondo, sustitución de clip, etc.) Como se puede ver el tiempo de variación de rendimiento de la actividad de mantenimiento, no depende mucho de la capacidad de la máquina, sino la mayor variación de las habilidades del operador y la experiencia que tiene. Los tiempos que mayor implicación tienen en el rendimiento total son de pasar de una sujeción a otra, así como su transporte, por esa razón existen herramientas manuales de trabajo con menor peso y mayor maniobrabilidad para disminuir tiempos de recorrido entre sujeciones, alrededor de 1-2 segundos de recorrido.

Estas motoclavadoras de impacto o también llamadas “mosquito”, permiten al trabajador mayor libertad de uso. La reducción no ha sido relativamente grande pero una de las principales ventajas de utilizar esta herramienta es que no es del todo necesario utilizar el carrito para maniobrar la herramienta, por eso cabe la posibilidad de multiplicar el rendimiento, aumentando el número de trabajadores por tajo. La buena planificación ayuda a que no haya tiempos perdidos a causa de factores externos o errores de duplicidad de trabajo.

A pesar de que este tipo de motoclavadoras tienen poco peso, pueden causar problemas de ergonomía, porque se encuentran en constante acarreo de una traviesa a otra.

Estos resultados fueron obtenidos por experiencia de personal en actual mantenimiento en talleres de mantenimiento en España, utilizando una motoclavadora de impacto *Master 35*. (fuente: *TriaIngenieria*, 2017)

1.4.6. Depuración y Desguarnecido de balasto

Las principales razones para realizar el depurado y desguarnecido de balasto son:

- Renovación totalmente de la vía.
- Dejar en buen estado y funcionamiento el lecho de balasto (altura de la capa de balasto, elasticidad, su granulación por norma, angulosidad, forma y el grado de contaminación).
- Evitar el paso de trenes con roturas, desplazamientos y abrasión de las piedras del balasto.
- Renovación de la capacidad de drenaje y durabilidad de la posición de la vía.

La actividad consiste en:

- Depuración: Limpieza, filtrado y lavado de pequeños volúmenes de balasto contaminado o en deficiente estado para su reutilización, así como la retirada a vertedero de material orgánico de la superficie del mismo. realizado en grandes cribas oscilantes con varios niveles de cribado, que proporcionan una calidad óptima. El balasto limpio se reintroduce a la vía inmediatamente después de la cadena de excavación. Los residuos de la limpieza se entregan a una instalación de traslado y transporte de detritos.
- El desguarnecido de alta rentabilidad se realiza mediante potentes cadenas de excavación de balasto y simultáneamente la preparación de la explanación para el nuevo balasto.

1.4.6.1. Depuración y Desguarnecido manual

Se realiza el desguarnecido manual cuando se tienen las siguientes consideraciones:

- En aparatos de vía, aparatos de dilatación o puntos singulares.
 - Tramo de vía de pequeña longitud no superior a 20 metros
 - Líneas poco importantes
- a. Ejecución de los trabajos de forma manual:
- Dos trabajadores descubrirán un cajón de la vía por medio de pala manual o retroexcavadora, limitación a 5 cm por debajo de la cara inferior de la traviesa.
 - Aflojarán la sujeciones de una traviesa
 - Se desplazará la traviesa hasta juntarla con la próxima o anterior.
 - Limpieza del balasto: Retiraran el balasto sucio del cajón grande así formado en todo su espesor y en la sección completa de la banqueta 5 cm por debajo de la traviesa.
 - Se recoloca la traviesa en su sitio, y la calzarán con tacos de madera.
 - Aflojaran la sujeción a una segunda traviesa para desplazarla hasta juntarla con otra.
 - Retiraran el balasto sucio en el segundo cajón grande, actuando como con el anterior.
 - Esto se repite con cada traviesa, limpiando todo el tramo necesario.
 - Posteriormente se irá vertiendo balasto limpio a medida que se retiran los tacos de madera a la traviesa anterior. Bateando posteriormente con bateadoras ligeras de vibración, esto en toda la longitud renovada. (apartado de bateo manual)
 - Perfilado y compactado manual (apartado perfilado)

1.4.6.2. Desguarnecido de vía con desguarnecedora

Se realiza el desguarnecido con desguarnecedora cuando se tienen las siguientes consideraciones:

- Uso en líneas convencionales con mayor tráfico
- Renovación de tramo de gran longitud
- Elevado rendimiento y rapidez en el avance
- Uso de tren desguarnecido, maquinas especializada en este trabajo.
- Mayor coste en conjunto de suministro de tren de desguarnecido, tolvas y otras máquinas.

Los trabajos se desarrollan como a continuación se describe:

- Colocación de la teja. La teja es la pieza que sujeta la cadena y que va por debajo de la vía (une los dos brazos) y para colocarla se excava, previamente a la llegada del tren, un agujero transversal de lado a lado de la vía que alcanza cierta cota por debajo de las traviesas (dependiendo del espesor de balasto a renovar).

- Una vez colocada la teja, se enganchan los dos extremos de la cadena sueltos para hacer una cadena continua a través de la máquina, los brazos y la teja. La colocación de todo esto suele durar unos 20 minutos.
- Bateo, perfilado y estabilizado (apartado de nivelación, perfilado, y estabilización).

1.4.6.2.1. Desguarnecedora

La finalidad de la desguarnecedora es sanear la banqueta de balasto, gracias a la retirada y selección del material extraído tras el paso de potentes cadenas de excavación, que excavan el balasto contaminado y simultáneamente preparan la explanación para el balasto nuevo. Con las máquinas desguarnecedoras de balasto puede limpiarse el balasto sin necesidad de desmontar el emparrillado.

El tren de desguarnecido puede tener la siguiente composición, desde la cabeza hasta su cola por:

- Locomotora de tracción
- La desguarnecedora, encargada de captar y cribar la piedra.
- Una serie de vagones tolva con cintas donde se acumula el detrito sobrante.
- Locomotora final que tracciona el tren de tolvas.

El proceso de desguarnecido se basa en que la máquina dispone de unos brazos que se insertan bajo la superestructura (carriles y traviesas) y a través de ellos circula una cadena con dientes que excava y se lleva la piedra que hay por debajo de las traviesas. Esta piedra la sube la cadena a través de uno de los brazos laterales hasta dentro de la máquina desguarnecedora donde hay varias cribas. Las cribas seleccionan el balasto comprendido entre dos tamaños (generalmente 40-60 mm). La piedra sobrante que no supera el cribado (demasiado pequeña o demasiado grande) se vierte y transporta a través de unas cintas hasta acumularse en las tolvas que hay en la parte posterior del tren; por otro lado la piedra retenida entre las cribas se vierte otra vez a la vía porque posee las características exigidas al balasto.

Una vez que las tolvas están llenas, se detiene el tren y proceso de desguarnecido. Se separa el tren y se lleva a vaciar las tolvas hasta un vertedero cercano.

La piedra que circula por las cintas se distribuye en las tolvas gracias a un dispositivo en forma de cuña que se puede desplazar a lo largo de la cinta y que lo controla la persona encargada de vigilar el llenado de la tolva de cintas. Existe la posibilidad de seccionar parte del tren, dejando una serie de tolvas con la desguarnecedora para no parar los trabajos de la máquina y evitar el problema de parar y arrancar.

1.4.6.2.1.1. Rendimiento de desgarnecedora

a. Rendimiento causas internas

El rendimiento inicial de una maquina desgarnecedora depende considerablemente de la capacidad de las cadenas de excavación y estas a su vez de la velocidad de la cadena, el diseño de las espadas de la cadena, el tamaño del canal de excavación, y la disponibilidad de manejo.

Actualmente la velocidad máxima aplicable en las cadenas es de 3,5 m/s, la desventaja de trabajar a velocidades altas en la cadena, a partir de velocidades 3,3 m/s empiezan a producirse desgastes en la cadena. Por cada aumento de velocidad del 10%, los desgastes aumentan 15-20%. También otra desventaja de sobrepasar a velocidades altas es que la desgarnecedora empieza a arrojar piedras hacia otras direcciones. Cuando la velocidad de las cadenas es baja, reducen el sonido emitido producido entre cadena y balasto.

La capacidad de las cadenas de excavación dependen del diseño y modelo de estructura de las espadas de excavación, un rango habitual de capacidad oscila por una cantidad de 600-1000 m³/h. Los fabricantes de este tipo de maquinaria deducen sus rendimientos con un aumento del 20% a causa de expansión o esponjamiento del balasto. Sin embargo en la practica, depende de condiciones externas, como la degradación del balasto en sus diferentes etapas y la humedad existente. El diseño de las cadenas cambia con respecto al numero de dedos rascadores, posicionamiento, tamaño de la pantalla, el mallado de la pantalla, frecuencia y amplitud de la vibración de la pantalla.

Las desgarnecedoras de alto rendimiento producen mayor cantidad de granos finos que balasto nuevo durante el proceso. Sin embargo el rendimiento reduce cuando el nivel de humedad y de arcilla aumenta. Esto se debe al mallado de las pantallas, si el mallado es de 80 mm significa que las piedras serán de mayor tamaño. Durante el proceso el balasto pasa por diferentes capas de mallado y esto permite un alto rendimiento de la pantalla.

Conectando todo el anterior razonamiento, el rango óptimo de trabajo se da cuando todos los parámetros anteriormente mencionados son seleccionados correctamente. Esto causa que la maquina tenga un buen rendimiento, un alto grado de reciclado y buena eficiencia de la pantalla.

Cabe mencionar que el rendimiento disminuye cuando la vía se encuentra peraltada porque la posición de la pantalla es horizontal. Otra causa de reducción de eficiencia de las pantallas se debe a la humedad y el grado de contaminación de el material excavado, es común el atasco de las cintas o y es necesario su limpieza para el correcto funcionamiento, esta humedad no solo afecta a las cintas,

sino a todo el proceso, porque el manejo del material es mas complicado al ser pegajoso y se engancha a las paredes de las tolvas. Cuando hay una humedad mayor al 6% en el material, significa que habrá problemas en las maquinas y repercusión en los costes. La reducción de rendimiento es de un 75 % en condiciones de contaminación y humedad. Esto significa que si la vía se encuentra en esas condiciones no es recomendable económicamente, por lo que se requiere una rehabilitación de vía.

b. Rendimientos causas externas

Los sistemas de maquinas altamente evolucionados para el desguarnecido de balasto y la conservación de la plataforma generan enormes flujos de materiales. Sin embargo su rendimiento solo puede aprovecharse al máximo, si los materiales nuevos y los restos a causa de la limpieza se transportan a la misma velocidad; es decir las unidades de carga y descarga de detritos trabajan sincronizadas con estas maquinas, por lo tanto la logística de materiales se resuelve a la velocidad marcada por las maquinas de alto rendimiento.

El avance de la desguarnecedora permite realizar entre 400 y 800 metros en jornada nocturna en condiciones normales (4 horas). Esta distancia varia dependiendo de las condiciones meteorológicas, el estado del balasto (cuanto peor es la calidad, más se llenan las tolvas), la maquinaria disponible, las diferentes interrupciones. Debe considerarse que el número de tolvas que puede llevar la máquina está limitado por la potencia de la misma y que una vez llenas debe pararse el desguarnecido. La duración del viaje de las tolvas para el vaciado varía dependiendo de la distancia a la que está situado el vertedero pero suele oscilar entre los 15 min y 30 min.

Existen diversos problemas a considerar que pueden hacer bajar los rendimientos y que se deberá considerar de cara a la planificación de los trabajos:

- Cuanto más espesor de balasto se quiera renovar, más se tarda en avanzar
- Otro problema existente es que la cadena baja por los laterales de la máquina, ocupando gálibo y se debe plantear el desguarnecido por métodos manuales (pala, pala excavadora) procesos mas lentos y disminución del rendimiento.

Existen diversas formas de aumentar el rendimiento del proceso sin tener que cambiar las máquinas que se disponen, comentando a continuación unas cuantas:

- Optimizar el proceso de vaciado de las tolvas. La idea se basa en cargar primero la mitad de estas más alejadas de la desguarnecedora, y una vez llenas y mientras se llena la otra mitad

(las más cercanas a las cribas), el tren se separa y la mitad llena se lleva a vaciar. Una vez vacías regresan y se unen otra vez al tren, llenándose éstas después que la primera parte de las tolvas se hayan llenado. La optimización máxima recae en que el tiempo de llevar las tolvas al vertedero, vaciarlas, y volver debe ser el mismo que el que tarda a llenarse las tolvas vacías que se han quedado junto al desgarnecido. Para calcularla deberemos conocer diversos factores, la distancia a la que esté el vertedero, la cantidad de piedra que se vierte a las tolvas, capacidad de las tolvas-cinta, el número de tolvas disponibles, velocidad de vaciado, velocidad de la locomotora llena y vacía. Existen cálculos teóricos que permiten ajustar estos parámetros aunque en realidad generalmente se basa en la experiencia puesto que la cantidad de piedra recuperada es un factor importante y no se conoce hasta que no se está a pie de obra. Además de las pérdidas de tiempo que puede haber por paradas, se producen ocasionalmente problemas con la maquina, como en el arranque posterior, ya que se producen averías técnicas (atascos de piedras, recalentamiento de máquina, etc.)

Se muestra tabla 1, anejo X de maquinas desgarnecedoras con algunas de sus características, algunas de alto rendimiento.

En relación a la maquina RM800 de alto rendimiento se puede agregar que pueden estar equipadas con diferentes anchos que son continuamente ajustables, su altura es de 420 mm y dotada de 3 dientes de excavación y el rendimiento de excavación es de 800m³/h y a una producción de 300m/h. Hay otra maquina RM801 de la misma familia que RM800 una de las diferencias, es la altura de la cadena de excavación a 350 mm con los mismos rendimientos de la anterior.

Por otro lado las maquinas de la serie RM900 están equipadas con un dispositivo de cargar nuevo balasto desde atrás y esta maquina alcanza unos rendimientos de 1000m³/h, con capacidad de una cadena de excavación adicional.

Si comparamos las dos desgarnecedoras Matisa, la tipo C75 cuenta con mayor equipo de desgarnecido y posibilidad de cribado, agregando la extensión de agregar equipos complementarios para acoplarse mejor a las necesidades y condiciones de la vía. Tales casos donde la maquina no tenga a disposición un equipo de cribado, se pueden acoplar o uso posterior de una.

Usualmente las maquinas desgarnecedoras tiene dos cabinas, una para su operación o producción y otra para su movimiento y traslado, esto significa que el personal debe contar con 2 operadores, a causa de que la composición es muy larga, alrededor de 8 personas auxiliares como mínimo que son necesarias para la colocación de las cadenas de excavación y auxilios de externos de la maquina. Un maquinista de la locomotora final que se lleva las tolvas para descargar en el vertedero.

Cada maquina tiene funciones diferentes, se puede requerir operadores con capacidad de manejo de cribas o bandas transportadoras de balasto en las tolvas por separado.

En relación a los costos de mantenimiento, con ayuda del siguiente grafico se comparan los costos de diferentes métodos, se comparan los costos de una aplicación de una maquina desgarnecedora RM80 con un desgarnecimiento parcial del lecho con excavación y criba de balasto, así como con el desgarnecimiento realizado a mano aun teniendo costos de personal en países de bajos costos. (Grafico 1, anejo X)

1.4.7. Amolado de carril

Las principales razones de amolado de carril son: Eliminar, rebajar o corregir defectos del carril; Eliminar el desgaste ondulatorio de onda corta y onda media; Eliminar la película superficial de acero descarbado del carril nuevo.; Suprimir los defectos de fabricación del carril.; Eliminar los defectos aislados: marcas del balasto o patinaje.; Reducción de ruido, reducción de consumo de energía y reducción de aparición de fisuras.

1.4.7.1. Tipos de amolado

Correctivo: Remueve los defectos en una sola pasada.

Preventivo Gradual: Conservar la superficie del carril en buen estado cercano al nuevo, antes de que los problemas se vuelvan serios.

Preventivo: Estas intervenciones se planifican a intervalos fijos, generalmente después del tránsito por la línea de un determinado número de toneladas

La operación de amolado de carril consiste en:

- Un pulido de la cabeza del mismo en las zonas afectadas.
- Elimina una fina película de la superficie de rodadura y del borde activo del carril.

Las prescripciones generales para el amolado de los carriles quedan expuestas en la *NRV 7-5-2.1*.

1.4.7.2. Mediciones

La mayor parte de las medidas del perfil longitudinal y transversal o la valoración de su estado, para la adecuada elección del tren amolador se realizan con vehículos de medición a 80 km/h y tomando medidas cada 15 cm con alta precisión, sin embargo en algunos casos se pueden tomar medidas a mano en tales caso donde se exigen necesidades adicionales en tramos que no han podido ser medidas por una maquina.

La localización de los defectos se desprende de la lectura de esos datos registrados. La medición manual no es recomendable económicamente para trayectos largos, y por ello solo se utiliza excepcionalmente o en puntos singulares.

La medición del perfil longitudinal de los carriles dado por el desgaste ondulatorio es efectuada por medio de dos acelerómetros, uno por carril. Cuanto mayor es la amplitud, más fuertemente oscila el acelerómetro midiendo la longitud de onda y profundidad del defecto. Como resultados se obtienen estos datos como importantes: valor medio de las ondas cortas para carril izquierdo y derecho, valor máximo de los dos carriles, longitud característica de las ondas cortas, indicación de los defectos de ondas largas, estado del perfil transversal.

1.4.7.3. Tren Amolador

Los trenes amoladores aplican muelas giratorias para moler los defectos de la superficie del carril y volver a perfilar los carriles. Dependiendo de su tipo de construcción, las máquinas están equipadas con 16, 24, 32 u 48 muelas dispuestas en grupos con unidades de perfilado y grupos con unidades de superficie de rodadura. En un carro de amolado hay 8 unidades de amolado (4 por carril). Los trenes pueden tener complementos como aspiración en polvo, con catalizador químico o puede ser que las mismas máquinas puedan amolar desvíos.

Los trenes amoladores actuales tienen integrado un sistema de medición embarcado tanto para los perfiles longitudinales como transversales para la toma de medidas de acuerdo a las especificadas.

Hay características que todos los trenes deben tener por seguridad, como contenedores de agua, rociadores, cañones de agua y extinguidores a lo largo de todo el tren. Como consumibles más sobresalientes son: Agua para su arreglo, Aceite hidráulico, Piedras de amolado, normalmente 600 horas de trabajo (depende de la presión y velocidad), y sus suplementos.

1.4.7.3.1. Eficiencia de amolado

La calidad del amolado depende casi totalmente de la eficiencia de las muelas. Para obtener la mayor eficacia, los movimientos de motores en el plano vertical pueden ser bloqueados o liberados según para ondas cortas o largas. En el plano transversal, las unidades se pueden orientar alrededor de la cabeza para un determinado amolado.

Las muelas se ajustan en diferentes ángulos para que el amolado tenga un perfil poligonal.

Los ángulos dependen completamente del perfil que se requiera en todas las zonas de rodadura, donde la capacidad de la máquina para el reperfilado de la cabeza oscila entre $+10^\circ$ a -70°

Además la presión de las muelas juegan un papel fundamental por lo que se controla de forma automática con ayuda de un sistema de control junto a la velocidad e inclinación, para obtener los mejores resultados.

Regulación de presión: Si es demasiado elevada la muela se desgasta con demasiada rapidez, y si es demasiado débil, la muela solamente hace un pulido.

La velocidad de trabajo es igualmente un factor importante: Si es demasiado lenta, provoca un recalentamiento de la muela y del carril, y si es demasiado rápida, la muela no podrá eliminar suficiente metal.

Por ello la velocidad de trabajo, la presión y el ángulo de inclinación deben siempre estar combinados cuidadosamente para obtener los mejores resultados. Los parámetros de trabajo tales como la presión de aplicación de la muela y su ángulo de inclinación son pilotados con gran precisión mediante un sistema computarizado. Este sistema controla a una presión óptima, la subida y bajada secuencial de las unidades de amolado, en vía general, igualmente para evitar los obstáculos en vía y los pasos a nivel.

El vehículo amolador para trabajos con alto rendimiento tiene la capacidad de poder eliminar un desgaste ondulatorio de hasta 0,2 a 0,3 mm de amplitud permitiendo la restitución del perfil transversal del carril con una tolerancia de $\pm 0,5$ mm respecto al perfil deseado.

El alto rendimiento del amolado produce chispas que debe tomarse en cuenta en áreas especiales como estaciones o en vía con traviesas de madera. De tal forma para evitar incendios, las muelas rotativas se accionan mediante motores eléctricos y no por motores hidráulicos.

La velocidad promedio de trabajo en las unidades mas modernas oscila entre 6-7 km/h y en las convencionales su rendimiento máximo es de 1 km /h, estos casos suceden cuando el estado del carril requiere una tremenda cantidad de desgaste, valores superiores a 0,3 mm . Estos trenes tienen una autonomía común de trabajo de 25 horas. Hay trenes que participan en trabajos de alta velocidad donde no se requiere un alto desgaste de carril y una sola pasada, el proceso se realiza a una velocidad de 10-20 km/h.

Cabe mencionar que a mayor velocidad de operación, el desgaste longitudinal y transversal es menor. Como por ejemplo en trenes de poco desgaste, a 6km/h @0,25 mm, 10km/h @0,2 mm y 15km/h @0,13 mm.

La viruta restante es aspirada normalmente con un sistema de aspiración de al menos 4,000 m³/h por cada carro de trabajo.

Usualmente después de moler durante una longitud periódica, el número de granos abrasivos, el error de equilibrio de la máquina, el desgaste operacional y la claridad de los cojinetes de la máquina suelen dejar una marca de vibración periódica en los carriles. Esta longitud periódica está en función de la velocidad de trabajo y la frecuencia de revolución de la rueda giratoria del tren. Esto permite hacer un cambio en estas variables, evitando que se crean estas ondas durante muchas horas de amolado.

El rendimiento mínimo esperado para un equipo de amolado oscila entre 450 m y 600 metros por una jornada nocturna de trabajo (4 horas).

Para mejorar el amolado se suele combinar el sistema de muelas rotativas junto con el de muelas oscilantes.

El amolado con las muelas oscilantes es un método de corte de metal donde los bordes agudos de una multitud de pequeños granos despegan virutas muy finas. La máquina de muelas oscilantes está equipada con cinco unidades de rectificado. Cada unidad lleva seis muelas. El rectificado se realiza por el movimiento oscilante de las unidades de muelle y por otro lado, por el movimiento continuo hacia adelante de la máquina.

A velocidades de avance de 1200 m/h, las cantidades alcanzadas son de 0,05-0,07 mm por paso de máquina. Como se ha mencionado anteriormente la abrasión depende principalmente de la velocidad de amolado, de la presión y la calidad de las muelas, la amplitud de los defectos y la dureza de la superficie del carril.

Las muelas oscilantes pueden actuar con una longitud de 2 metros de largo, pudiendo eliminar de manera fiable los defectos del carril producidos por el paso del tren.

En la actualidad hay pruebas de rugosidad donde se mide antes y después del amolado oscilante del carril para determinar que tan eficiente ha sido el trabajo. El siguiente diagrama muestra una medición con un dispositivo de medición de rugosidad RMT 1200 (*lugar de medición: Bienenbettel, Celle-Lüne, burg track, 23/2/1992*).

La gráfica 1, anejo XI nos muestra la efectividad de este tipo de muelas, donde se ve claramente que la amplitud de la rugosidad antes del amolado ascendió aproximadamente 20 μ m, pudiendo reducirse por cada amolado aproximadamente 3 micrómetros. En comparación de las muelas rotativas el desgaste que producen es menor, no obstante es de alta funcionalidad una superficie homogénea, para evitar daños al confort y seguridad en el viajero.

Por seguridad antes del paso de cualquier circulación, la rugosidad Ra de las zonas amoladas debe ser inferior a 10 micrómetros.

De semejante manera cuando mayor sea la calidad de la superficie, la corrugación y el desgaste de la superficie, se aplaza el tiempo de reproducir desgastes aumentando la vida de los carriles, siendo una ventaja mas el amolado de los carriles.

Durante el proceso de amolado se inclina a que sea óptimo, es decir, asegurar el retiro mínimo de material de la cabeza de los carriles en el lugar preciso, basándose en las especificaciones técnicas que se requieran, las mediciones previas y la buena planificación. A causa de muchas necesidades que presentan los carriles, un alto número de fabricantes hay actualmente en el mercado. Se muestra la tabla 1, anejo XI con algunos ejemplos de trenes amoladores.

Estos fueron algunos ejemplos que nos pueden dar una idea de las diferencias que tienen unas maquinas con otras, de esta manera permite facilitar la selección de esta de acuerdo a las necesidades. Vossloh ha desarrollado un sistema de alta velocidad que se basa en la planificación de los carriles, es decir se realizan un gran número de pasadas a altas velocidades, esto permite que los carriles tengan mayor duración de vida porque permite un desgaste en escalones y no un desgaste decreciente exponencial.

Como anteriormente se explica, el rendimiento depende directamente de la cantidad de material a amolar. Hay maquinas complejas que tienen la capacidad de retirar hasta un milímetro de material con rendimientos de 2.000 km/h, enfocadas a líneas de alta velocidad, necesarias para poder cubrir la demanda de corte de vía o la capacidad de circular durante las distancias entre trenes.

Algunos trenes son capaces de tener mas ángulo de ataque que otros por lo que lo ideal, es poder alcanzar el mayor grado de ángulo posible y cubrir cualquier superficie del carril.

El personal necesario para la actividad por medio de un tren amolador, es necesario un solo operador, con dos ayudantes que se encuentren en supervisión de la seguridad o cualquier fallo que produzca la maquina. Algunos de los deberes mas sobresalientes del personal son: asegurar el patrón en el HMI que sea el mismo por el planteado por el administrador y estudios previos, preparación del correcto amolado, posterior al amolado, estudiar las desviaciones en los patrones, basándose en pre y post datos realizar la documentación necesaria, sugerir en caso de ser necesario un cambio en los patrones por experiencia.

En conclusión general, la frecuencia actual de mantenimiento esta disminuyendo aun más en los ciclos de mantenimiento, debido al coste y al impacto de los retrasos de los trenes. Es difícil conceder una línea para mantener el carril a su rendimiento optimo y hacer durar el carril lo mas posible de vida. Cuanto menor sea el mantenimiento al carril, menor vida tendrá.

Algunas administradoras prefieren no invertir en maquinaria mas eficiente para realizar trabajos y las consecuencias que se enfrentan en el futuro es el remplazo de trenes con costos mucho mas elevados.

1.4.8.Desbroce

El desbroce se describe como la limpieza, retirada o eliminación de maleza y exceso de vegetación en vía dentro del gálibo que impidan la normal circulación de vehiculos ferroviarios. Se realiza para evitar incendios, patinaje de trenes por obstaculos de hierbas, falta de visibilidad de señales o vía, y evitar obstrucción de drenajes.

Se realiza con medios manuales, herramientas de corte de maleza (desbrozadora).

El desbroce se extiende de 1,5-2 metros de cada lado del eje de la via.

El desbroce se mide por metros cuadrados de superficie realmente desbrozada sobre el terreno, en la zona de ocupación de vías, fuera de la plataforma actual, o en la zona ocupada por los terraplenes de zonas superiores.

Existen equipos compuestos por cabezas de corte especiales, montadas en brazos hidráulicos que se extienden lateralmente, capaces de podar ramas que pueden perjudicar a la explotación o su superestructura. (cables de comunicación, señales, puentes, etc.). Estos brazos hidráulicos pueden estar posicionados en maquinaria pesada capaz de circular por carretera o vía férrea. Este tipo de maquinaria requiere una atención especializada porque su operación como se puede ver es mas compleja y no solo los operadores calificados dispondrán de ella, sino también operadores con cierta experiencia.

1.4.8.1. Desbrozadora Manual

Este tipo de desbrozadoras son las mas usadas para el mantenimiento de vías cuando se requiere desbroce en puntos singulares, por lo tanto es la mejor opción en términos de tamaño, potencia y precio. Otra de las ventajas aplicables es que cuenta con la capacidad de desbroce y la libertad de movimiento en la zona de trabajo.

En la figura 1, anejo XII se puede ver la configuración de una desbrozadora tipo HHT31SUNBA y familiarizarnos con los elementos.

1.4.8.1.1. Procedimiento de uso de desbrozadora manual

- Asegúrese de tener una posición segura
- Inicio de la desbrozadora
- Relacionar algunos de los siguientes casos donde se deba realizar el trabajo en las vías y aplicar las siguientes técnicas:
 - Técnica básica: Debido a que el accesorio de corte gira en sentido contrario a las agujas del reloj, se recomienda un movimiento de corte de derecha a izquierda. La ventaja de este método es que los recortes caen sobre el área cortada
 - Recorte para hierba larga: Cuando se trabaja en pasto muy largo o malas hierbas resistentes, se recomiendan dos pasadas. Un paso inicial, de derecha a izquierda, corta la parte superior de la hierba. Luego, un paso inferior, de izquierda a derecha, elimina la hierba restante. Las guarniciones se desechan a la izquierda.
 - Recorte en pendiente: Cortar una tira paralela a la pendiente, y luego volver a lo largo de la franja. Luego corte la siguiente tira arriba y repita.
 - Recorte de obstáculos: La mayor parte de la vía se compone de obstáculos cuando se habla de desbrozar. La mejor técnica de evitar daños a ésta, es el uso del deflector como guía, colocando el deflector contra la base del obstáculo moviendo la desbrozadora en todo el perímetro, mientras se corta toda el área alrededor de él.

1.4.8.2. Rendimiento de desbrozadora manual

Para obtener la mejor eficiencia de esta actividad, se deberán juntar todas las circunstancias de la desbrozadora manual para cumplir con las necesidades. Principalmente se determina una herramienta de gasolina y no de baterías, esto se debe a que son los mas adecuados para trabajar durante muchas horas, a una potencia constante, haciéndolo ideal para el corte de hierbas largas.

El siguiente aspecto a tomar en cuenta para mejorar la calidad y eficiencia es la maniobrabilidad de la herramienta y se debe al tipo de sujeción y agarre que puede ser por medio de mango de tipo “U o bicicleta” o “bucle D”. Tomando en cuenta si el uso será por periodos prolongados o para trabajos especializados, por ejemplo si es para limpiar áreas expansivas de hierba larga o realizar recortes de precisión. En este caso la mejor manera de maniobrabilidad es de tipo con mangos en “U” porque no se requiere precisión en el desbroce de la vía, ya que el operador requiere tener un avance a lo largo de toda la línea en un periodo limitado de corte de operación. También garantiza la libertad de

movimiento, por lo que estas maquinas son buenas para trabajar en terrenos irregulares o terraplenes con grandes cantidades de hierba larga.

Igualmente de importancia como la fuente de alimentación es el tipo de corte dado por el equipo de corte, siendo cuerdas de nylon o cuchillas de metal. La selección del tipo de corte puede variar por el estado de la vía a intervenir, en caso de tener césped y vegetación ligera se usará cuerdas de nylon. Por otro lado las cuchillas de metal desgarran con facilidad la vegetación mas densa. Es prescindible tener ambas cabezas a la mano, ya que su cambio se realiza en tan solo unos minutos y tiene una mejora considerable del desbroce.

Se ha hecho una investigación del rendimiento promedio de desbroce en vías de apartado en talleres y los valores oscilan entre 100 metros de vía/hora de trabajo por operador, con una desbrozadora de tipo STIHL, FS 550 y tomando en cuenta los factores dichos anteriormente. Este rendimiento quiere decir que para una vía de ancho UIC se desbrozan 350 metros cuadrados de terreno, suponiendo que los 100 metros lineales de vía se encuentran llenos de maleza.

Es claro que estos rendimientos dependen considerablemente de la experiencia y habilidad del operador. Se muestra en tabla 1, anejo XII, diferentes tipos de desbrozadoras en el mercado con sus respectivas ventajas y características.

Algunos operadores con experiencia recomiendan una desbrozadora que tenga la mayor potencia y que el combustible sea lo mayor duradero posible, a causa de tener la posibilidad de cortar mayor tipo de vegetación. En estos casos de herramientas, no tiene impacto el precio, sino el tiempo de uso por el operador, que en vista del mantenedor, perjudican los costes totales por el salario del mismo. Analizando las opciones de maquinaria una buena elección para trabajos de desbroce en vías en la de tipo FS 560, porque a pesar de tener un mayor peso en relación con las demás, aportaría un alto rendimiento de corte por el tipo de vegetación que se presenta en líneas férreas y su alta capacidad en el consumo de combustible y capacidad del tanque, esto permite evitar tiempos perdidos en carga de combustible.

1.4.9. Riego herbicida

Es una actividad basado en métodos químicos que actúan sobre la maleza a causa de la afectación de operación ferroviaria. Comúnmente se utilizan herbicidas, que son una herramienta de gestión de la vegetación ferroviaria. Las principales razones de realizar riego herbicida son:

- Evitar que crezca vegetación indeseable entre el balasto, solucionándose problemas de visibilidad, principalmente de señales.

- Evitar interrumpir el acceso, dañar el material rodante y dañar las líneas aéreas.
- Evitar la disminución de adherencia de los trenes.
- Prevenir incendios

Los métodos de riego herbicida se realizan con trenes herbicidas, vehículos multipropósito (vehículo en vía o carretera, remolque pulverizador), o equipos manuales (operadores de mochilas pulverizadoras trabajando a pie).

1.4.9.1. Metodología de riego herbicida

La metodología seguida en los trabajos de control integral de la vegetación es:

- Toma de datos y análisis de los condicionantes medio ambientales.
- Planificación del trabajo y su realización.
- Comprobación de los resultados.

La toma de datos consiste en conocer el estado de la vía. La planificación se realiza con base a los datos plasmados en fichas incluyendo línea, tramo, puntos kilométricos, fecha, personal, especies vegetales normales y conflictivas, densidad y porte de estas, y observaciones; estas fichas incluyen documentación fotográfica y las inspecciones de temporada con objeto de mejorar la selectividad del control químico de la vegetación.

1.4.9.2. Trenes herbicidas

El tren tiene prohibido actuar en determinados lugares como en puentes, junto a ríos, en zonas en las que haya parques o huertos adyacentes a la vía para evitar la contaminación de estas zonas. Del mismo modo, la producción se detiene cuando se acercan personas junto a las vías por seguridad y cuando las condiciones ambientales no lo permitan (viento superior a 2 m/s, lluvia, humedad ambiental excesiva, temperatura, etc).

Los trenes pueden tener una composición de la siguiente forma:

- **Productor de tracción:** La tracción puede ser proporcionada por una locomotora diesel o eléctrica por otro lado puede ser una dresina, es el que limita la velocidad del tren.
- **Centros productor herbicida:** 1 o 2. (producción, dosificación y aplicación del herbicida) compuesto por generador, mesa de control, tanque de mezclas, tanques con diferentes soluciones, agitadores, bombas, electroválvulas, elementos de pulverización. Vagón laboratorio que consta de una batería de surtidores y boquillas de pulverización. Controlador de pre mezclas, mezclas y pulverización sin detener la producción. Constante comunicación con el maquinista por radiotransmisores.

- **Centro de almacenamiento de productos herbicidas:** (contiene productos químicos y transportan a la zona de mezclas para una vez disueltos en el agua para su posterior riego, almacena el combustible del generador, materiales de trabajo y envases usados).
- **Centros de almacenamiento de agua:** 1 hasta 3 (capacidad de 30.000 litros, soporte de agua para las diferentes soluciones concentradas mediante el tanque de mezclas. Estas soluciones se diluyen con agua procedente de los vagones cisterna mediante el uso de una bomba y cámaras mezcladoras para su pulverización final.)
- **Centro de acompañamiento:** (vagón vivienda o vagón taller)

Las composiciones de los trenes herbicida pueden variar dependiendo las necesidades y estado de vegetación de la vía.

El centro productor herbicida, es el vagón de mayor importancia, la producción depende la mayor parte de éste y todos los equipos que intervienen para su correcto funcionamiento.

Los equipos mas sobresalientes que componen éste vagón son:

- Sala de operadores
- Cuba de al menos 1000 litros de capacidad y de mezcla
- Sistema de pulverización del liquido de aplicación.
- Microprocesador de control de dosis, regulación de flujo y señalización reglamentaria.
- Sistema de regulación del ancho del tratamiento con boquillas de fumigación de gota controlada para evitar la deriva de los herbicidas.
- Grupo motobomba y baterías.
- Agitador hidráulico.

Éste vagón de control realiza monitorización constante de todas las secciones de trabajo y de todos los parámetros significativos del proceso (velocidad del viento, precisión y humedad atmosférica, temperatura ambiental, velocidad de avance del tren, coordenadas GPS(caso aplicable), dosificación del agua y de los productos fitosanitarios), con ayuda del software de control que garantiza la trazabilidad de los tratamientos. Un sistema automático de extracción es la recogida de los líquidos que se escapan y residuos de fluidos que vienen desde el lavado de los filtros a un tanque central.

Los productos herbicidas que se emplean para ésta actividad son los siguientes:

- Herbicidas foliares(actúan por la hoja): Glifosato 36%, Sulfosato, 2,4-D Acido 27,5 % + MCPA Acido 27,5 %
- Herbicidas residuales (actúan por la raíz): Picloran 24%, Diurón
- Herbicidas mixtos (actúan por la hoja y raíz): Imazapyr, Aminotriazol, Hexacinona, Clorsulfuron 75%

Normalmente el uso de estos herbicidas es dado por la temporada del año, en primavera se utilizan foliares y en otoño residuales. También es dado por el tipo de vía, ya que en cada tramo suele ocurrir que existan distintas zonas de aplicación en las que la mezcla de herbicida y la dosificación requerida en cada una de ellas sea diferente. En la zona de balasto generalmente son herbicidas de acción residual, mientras que en la zona exterior de la plataforma requiera el uso de tratamientos específicos.

Se puede decir que la eficiencia de herbicida es del 95% aproximadamente debido a la resistencia de plantas y cuestiones climáticas en cada región.

1.4.9.2.1. Rendimiento de trenes herbicidas

Para realizar el análisis de rendimiento de un tren herbicida hay que tomar en cuenta algunos parámetros, los cuales son de suma importancia para determinar cuales son las mayores afecciones que impiden llegar a un óptimo rendimiento. Algunos parámetros son influenciados por el tipo de tren que circula en la vía y otros por la capacidad de pulverización afectado por el equipo embarcado, como el tipo de bomba o boquilla. El rendimiento adecuado del pulverizador ferroviario depende del volumen de pulverización apropiado y de buena distribución.

Otra variable para la eficiencia del tren son factores externos que no dependen del tren, como es la vegetación o cambios climáticos. La principal afectación de eficiencia es la ausencia de herramientas, equipamiento y materiales. Los materiales mayores influyentes, es la mezcla correcta de los diferentes tipos de herbicidas correspondientes a cada maleza.

Las siguientes variables son las que caracterizan su rendimiento y eficiencia:

a. Velocidad de avance del tren

Sabemos que la velocidad del tren herbicida depende completamente de la tracción emitida por la locomotora o dresina, sin embargo el centro productor herbicida es el que comunica la velocidad a la que debe ir, dependiendo el tratamiento que se debe dar.

Debemos hacer algunas consideraciones importantes antes de elegir una óptima velocidad:

Efectos a mayor velocidad:	Como minimizar los efectos:
1) Más turbulencia/más deriva por viento	Gotas mayores / Asistencia de aire
2) Más movimientos de tierra	La mayoría de las barras deberían ajustarse para un mejor rendimiento a altas velocidades de pulverización.

Anteriormente mencionado la velocidad se condiciona por la capacidad de pulverización y tipo de tratamiento suministrado a la maleza.

Si la maleza es de alta densidad las velocidades deberán ser menores entre velocidades de 4-10 km/h. En caso contrario las recomendaciones por expertos indican que en ningún caso superarán velocidades de trabajo mayores a 80 km/h. En estaciones se disminuirá la velocidad hasta 7 km/h en condiciones de seguridad y aplicación.

Normalmente las vías, tienen la necesidad de aplicar un riego en funcionamiento normal a una anchura entre 5-8 metros medido desde el eje de vía en ambos lados por el que circule el tren.

En casos donde la vía general es doble se aprovecharán los trayectos de ida y vuelta del tren herbicida para tratar en cada recorrido las vías par e impar. En cada pasada, el tren regará una distancia antes mencionada hacia el exterior de la plataforma y otra a la mitad hacia el interior medidos ambos igualmente desde el eje de la vía por la que circule.

El volumen de aplicación no sobrepasará los límites de 150-600 l/ha. Estos datos son resultados de especialistas en riego y experiencia de personal en riego ferroviario.

La velocidad, el volumen de aplicación y la anchura de aplicación serán proporcionales a las necesidades del operador ferroviario.

Después de determinar la velocidad y haber elegido el volumen de aplicación de acuerdo con cada producto. Se calcula el caudal total de las boquillas mediante la formula(suponiendo que se trata cada anchura):

$$(Distancia\ entre\ filas(m) \times l/ha \times km/h) / 600 = total\ l/min$$

Ejemplo en condiciones normales de un tren herbicida:

Distancia de aplicación: 8 metros

Velocidad de trabajo: 50 km/h

Volumen de aplicación: 450 l/ha

$$(8\ m \times 450\ l/ha \times 50\ km/h) / 600 = 300\ l/min$$

El caudal total necesario son 300 l/min. Este caudal debe dividirse entre todas las boquillas de cada lado del tren. En comparación de un caudal mínimo puede ser de 180 l/min en situaciones de modo preciso o en situaciones donde se requiera mayor presión.

Con el caudal calculado, se determina el calibre de la boquilla y presión.

b. Presión de pulverización

La presión del pulverizado influye en la efectividad del tratamiento de 3 formas distintas:

- La presión influye en el ángulo de pulverización: a mayor presión, mayor ángulo de pulverización. Si la presión es demasiado baja (menor a 1,5 bar en boquillas de abanico y

de 3 bar en boquillas especiales de inyección de aire), el ángulo de pulverización no alcanzará para el correcto solape de chorros y para asegurar una correcta uniformidad de distribución.

- A presión elevada se produce una mayor proporción de gotas pequeñas, las cuales se depositan solamente en las partes altas y exteriores del cultivo. También estas gotas son más sensibles a los efectos del viento.
- A mayor presión se consigue: Una mayor penetración de las gotas grandes. La creación de cierta turbulencia de aire que posibilita que algunas de las gotas pequeñas se depositen en el envés de las hojas, especialmente cuando se emplean boquillas convencionales de pequeño calibre.

La presión recomendada para tratamientos con boquillas convencionales y de baja deriva:

- Se puede recomendar de forma general una presión entre 2 y 3 bar para boquillas de abanico convencionales y boquillas de baja deriva del producto.
- Para cultivos muy densos, donde se precise de una elevada penetración en la vegetación (la presión puede alcanzar hasta 5 bar empleando boquillas de mayores calibres (03, 04 y mayores).

La presión recomendada para tratamientos con boquillas especiales de inyección de aire:

- Hay boquillas especiales de inclusión de aire con gran reducción de la deriva que requieren un mínimo de 3 bar para obtener un ángulo de pulverización correcto y pueden utilizarse hasta presiones de 8 bar.

Otra consideración a agregar, así como cada tratamiento requiere su propio herbicida, cada herbicida recomienda su presión de aplicación, por ejemplo para Picloran se recomienda entre 1 a 3 bar y para Glifosato entre 4 bar.

Retomando el ejemplo anterior en condiciones normales de un tren herbicida, el equipamiento requerido de hasta 8 metros de aplicación con posibilidad de caudal de 300 l/min sin derivas, con presión mínima de 2 bar.

Y para el caso con caudal mínimo con mayor precisión, mayor presión de al menos 6 bar.

c. Tamaño de gota

Cada boquilla produce una mezcla de gota de distintos tamaños. Esta característica resulta en la práctica muy útil, puesto que todos los cultivos presentan una estructura tridimensional con

diferentes hojas, diferentes superficies y distintos ángulos de exposición al líquido pulverizado. Así, en cualquier tipo de cultivo, las gotas pequeñas tenderán a permanecer en la parte alta del mismo, mientras que las gotas grandes llegarán a las partes más bajas y densas de la planta. El tamaño de la gotas se mide en micras. $1 \text{ micra} = 1/1.000.000 \text{ metros}$.

Para describir el tamaño medio de las gotas que produce una boquilla se utiliza el término VMD (Diámetro volumétrico medio). VMD se calcula mediante la adición del volumen de las gotas pequeñas hasta alcanzar el 50 % del líquido emitido por la boquilla. Esta cifra nos indica que la mitad del líquido emitido por la boquilla está contenido en gotas de menor tamaño en consecuencia, el otro 50 % en gotas mayores que el indicado con el VMD.

Numerosos estudios demuestran que la deriva por viento está principalmente causada por las gotas con diámetro inferior a las 150 micras.

La pérdida potencial de eficacia debido al aumento del tamaño de las gotas, que ofrece menos riesgo de deriva, será menos drástica, siempre que se mantenga una buena distribución de líquidos. Por lo tanto, es una buena idea tener un conjunto de boquillas de baja deriva o boquillas de inyección listas en los soportes de la boquilla en caso de que la velocidad del viento aumenta, y es mucho más conveniente y más seguro que volver con un tanque de pulverización medio lleno.

Debido a que puede haber hasta un 10% de diferencia en el flujo de boquillas nuevas y desgastadas ambos conjuntos de boquillas deben ser calibrados antes de su uso incluso si ambos conjuntos son inyectores se encuentren certificados.

Para comparación con el caudal nominal (si es el caso de datos disponibles), se puede hacer con la precisión de la inyección herbicida, los valores máximos utilizados durante la pulverización de los ferrocarriles se permite una desviación del 10% de la precisión.

En general algunos datos históricos sobre su consumo son el promedio consumido de agua es de 700 litros por kilometro contemplando todas las actividades de riego (estaciones, vía general, lugares de carga, maniobras), recorriendo 130 km por cada jornada de trabajo.

Durante muchos años se han ido desarrollando diferentes sistemas para mejorar el rendimiento considerados como tecnologías.

Los adelantos tecnológicos conducen a actividades cada vez mas precisas y sustentables desde el punto de vista ambiental.

- Sistema de cámaras y sensores infrarrojos en el frente de la locomotora que va revelando el tipo y grado de maleza de la vía, y transmiten los datos en tiempo real al centro de control.

Esto permite graduar el herbicida adecuado, con la dosis justa del producto y solamente el área que lo necesita, de esta manera hay un ahorro en los costes e impacto ambiental.

- Posibilidad de suministrar cuatro diferentes herbicidas directamente en las boquillas en diferentes dosificaciones entre si. Los materiales auxiliares (anti deriva e intensificadores) son llevados al ciclo del agua por un dispositivo de dosificación mecánica.

Cualquier aplicación de herbicidas serán supervisadas por una persona que acredite un certificado de aplicador de plaguicidas, aprobado para el tipo de pesticida y el uso de pesticida requerido, dependiendo la aplicación para ésta actividad.

Cabe mencionar que la vida de los responsables del funcionamiento del tren herbicida, es relativamente intensa durante las campañas y los viajes. La tecnología está permitiendo que los viajes sean mas confortables con ayuda la innovación de los coches acoplados para su estancia.

Todo el personal debe tener consideraciones en el uso del equipo de protección individual por ejemplo, mascarar, guantes y soluciones especiales para lavar ojos y piel en caso de accidentes del producto. Las evaluaciones de riesgo laboral que se tienen en este tipo de trabajos de mantenimientos, requieren un actuaciones adicionales. El personal del tren no solo es competente del uso de herramientas de riego, también debe estar capacitado para el uso de otro tipo de herramientas de corte. La cantidad de personal que se requiere para este tipo de trabajo varia dependiendo las necesidades a tratar. Un claro ejemplo es de un supervisor certificado, 2 ayudantes calificados para el tratamiento de productos herbicidas y un operador de la locomotora, en comunicación constante con el supervisor.

1.4.10. Limpieza y engrase de resbaladeras

Principales razones para realizar la limpieza y engrase de resbaladeras son:

- Lubricación y engrase de los diferentes aparatos mecánicos (desvíos, cruzamientos, etc.)
- Evitar la presencia de grasa seca y suciedad para permitir mejor movimiento en las agujas, así como en todos los elementos mecánicos que comprenden el aparato de vía.

Las mediciones de desgaste de aparatos, ancho de vía, entrecalle, cotas de protección, en general y desviada se realizan durante los tiempos desaprovechados durante las actividades.

1.4.10.1. Rendimientos de ejecución de los trabajos

Para hacer un análisis de esta actividad es necesario hacer encuestas a personal con experiencia en el tema, porque es sumamente complejo determinar las variables de movimiento de un trabajador,

como velocidades de movimiento de brazo, calidad de grasa seca y eficiencia de limpiado y engrasado de todas las partes del desvío, movimiento de operadores en el tajo perteneciente al desvío.

1. Una vez que el CC(Centro de Control) informa del corte de corriente, solicitará al regulador del PCL(Puesto de Control Local), autorización de descenso a vías, proporcionándole la información que solicite, procediendo a tomar nota del nombre de la persona que le autoriza el descenso y la hora.
2. De igual manera, le proporcionará los datos solicitados por el personal de la seguridad auxiliar.
3. Se acudirá a la caja de enclavamiento del motor eléctrico, para mover la palanca de posición normal a posición manual. (1 operador en 2 segundos)
4. Girará las llaves para quitar los seguros y se retirará la llave deseada para el aparato que se moverá. (1 operador en 3 segundos)
5. Se instalará la llave en la cerradura del motor del aparato deseado (esta cerradura se encuentra al costado lateral, opuesto de la biela), una vez puesta la llave se guiará y moverá la palanca que se encuentra en la parte superior de la cerradura, de la posición normal a la posición manual. (1 operador en 3 segundos)
6. Las resbaladeras se encuentran en la parte de abajo, sobre las cuales se deslizan las agujas. Se procederá a rociar las resbaladeras de solvente para degradar la grasa seca de éstas, por medio de “spray” o atomizadores. (1 operador en 1 platina tarda 1 min). Posteriormente se debe esperar entre 5-10 minutos para que el liquido tenga reacción ante la grasa. Si el desvío cuenta con 12 resbaladeras, se tardará un operador por la primera resbaladeras 8 min suponiendo que en la primera, segunda y tercera espera 7, 9, 11 minutos antes de iniciar la siguiente actividad. El tiempo perdido que estaría esperando el operador sin ninguna actividad sería 5 minutos, desde que finaliza la resbaladera (3) hasta que empieza la siguiente actividad (punto 7).
7. Se retirará la grasa seca con la espátula y procederá a limpiar con una estopa húmeda para quitar los residuos de grasa en caso de que no se pueda limpiar los espacios con facilidad. (3 min/resbaladera; depende de suciedad) y secar las platinas con trapo o estopa. (2 min/resbaladera), si se quiere un secado mas eficiente se utiliza una pistola de aire comprimido(10 segundos/resbaladera). Se puede decir que de la resbaladera (1) tardaría un operador en realizar los puntos 6 y 7, 13 minutos; evitando tiempos perdidos.
8. Esta limpieza se hará en las dos agujas tanto en posición recta como en desviada. (misma producción del punto 6 y 7).

9. Para mover las agujas se procederá a levantar y efectuar un movimiento giratorio de la palanca del motor (palanca unida al motor). (1 operador en 8 segundos)
10. Mientras un operador realiza esta operación, otro operador estará retirando la basura y elementos extraños en el área del aparato; limpiado también los tirantes de separación, la tornillería de fijación, agujas, barra de mano, biela y motor, esto lo hará con una estopa húmeda de solvente. (2-4 operadores en 10 minutos)
11. Para efectuar la limpieza del cerrojo de uña, se tendrá que retirar la tapa que cubre a éste y rociar de solvente, procedimiento a quitar la grasa de todo el cerrojo así como de los tirantes de éste. (2 operadores en 5 min)
12. Se tendrá que limpiar la base del cerrojo y luego proceder a secar para poder engrasar todas las partes móviles, como son correderas exteriores (por ahí corre el eje del candado doble), los topes de aseguramiento (son dos pequeños carriles donde se desliza el candado doble), se limpiará la varilla del conmutador y se engrasará esta zona, es muy importante hacerlo con cuidado por ser control de la señalización. (2 operadores en 15 min).
13. Se procede a realizar una limpieza profunda en toda el área del aparato. La limpieza se realiza con un barrido con escoba o con aire a presión con ayuda de una pistola mecánica conectada a un compresor. (2 operadores 10 minutos).
14. Se colocará la tapa del cerrojo y se limpiará con estopa y solvente. (1 operador en 2 minutos).
15. Tendrá que dejar el aparato en la posición en que fue encontrado ya sea recta o desviada. (1 operador en 8 segundos).
16. Hará una revisión de que no quede ningún objeto extraño a la vía que pueda obstruir el funcionamiento del aparato durante la circulación del material rodante.(2 operadores en 2 minutos).
17. Posteriormente quitará la llave del motor, teniendo que regresar la palanca a su posición de manual a normal, retirando la llave y poniéndola en su lugar en la caja de socorro. (1 operador en 3 segundos)
18. Al ser colocada la llave en su lugar, se moverá la palanca de posición manual a señal. (1 operador en 2 segundos)
19. Por último procederá a retirarse del área e informará al regulador del Puesto de control. El termino de esta labor, tomando nota del nombre y hora del regulador en turno.

Todos los tiempos fueron adquiridos por personal con experiencia en mantenimiento de este mismo concepto, los tiempos varían en función de la longitud del desvío y del estado del mismo, como

calidad de la grasa a remover o suciedad en todo el aparato. Estos tiempos fueron medidos por el personal en un desvío de 30 metros, 12 resbaladeras y en condiciones normales, con una cuadrilla de 4 personas. (*SumaruIngenieria, 2016, Metro L12, Ciudad de México*).

En el punto 5 y 6 del listado anterior, es donde puede variar el rendimiento de la actividad, agregando mayor numero de trabajadores ubicados en diferentes puntos del desvío, sin que se que causen conflicto en la operación.

Hay operaciones en el proceso que pueden ser realizadas en el mismo momento que se ejecutan otras. De esta manera aumenta el rendimiento de la cuadrilla.

La planificación del personal es la que define el rendimiento, para el caso anterior, haciendo el calculo total de un desvío se realiza de 45 a 50 minutos, con ayuda de 4 operadores. Cada operador realizando diferentes actividades en correcto momento.

CONCLUSIONES Y APORTACIONES

Para obtener el mayor aprovechamiento de los recursos se requiere que todos los sistemas se encuentren en óptima producción. Para permitir eso, todos los elementos del sistema requieren de disponibilidad, óptimo rendimiento y buena eficiencia.

En este trabajo se aportan datos reales; como teóricos y prácticos, algunos rendimientos por encuestas de experiencia y otros por tablas del fabricante; estos datos permiten a las empresas mantenedoras, tener un rango de valores en caso de futuros contratos o actuales, si es el segundo caso serán capaces de hacer una comparación entre los obtenidos en este trabajo y los suyos, de esa manera mejorar la producción y en específico minimizar los factores de mayor afectación en el proceso. Si es el caso de futuros contratos, podrán hacer una mejor planificación y modificaciones de presupuestos para evitar pérdidas.

No solo se podrá tomar en cuenta los rendimientos obtenidos en el presente trabajo, porque cada obra en cada trabajo de mantenimiento tiene sus propias características. Esto conlleva a que si una máquina tiene altos rendimientos en alguna obra, no significa que se tendrán los mismos rendimientos en otra, a pesar de utilizar la misma máquina. Por esta razón los datos deberán ser adaptados a las necesidades de cada infraestructura. Los condicionantes de mayor afectación son los externos, con lo antes dicho, es de suma importancia hacer una buena planificación de las actividades, máquinas y personal, basada en todos los parámetros y variables vistos en el trabajo. Hay veces que las normas limitan actuaciones que pueden generar mayores rendimientos que los actuales, pero por seguridad no se realizan.

Normalmente cada máquina o herramienta tiene un elemento que genera la mayor producción, esos elementos son los indispensables para los cálculos de rendimiento, de manera que de ahí surgen las variables de mayor afectación.

Este trabajo describe todas las cuestiones que carga el mantenimiento, desde lo general hasta lo particular, de este modo permite analizar esos elementos indispensables que absorben el mayor tiempo del rendimiento.

En algunos casos, a pesar de cambiar las variables de las máquinas, no hay relevante cambio en el rendimiento. No hay que olvidar que la actividad la realizan los operadores, si se quiere una modificación en el rendimiento se debe optimizar el número de trabajadores o que adquieran una

formación especializada. Cualquier error puede provocar retrasos por consecuencia disminuciones en el rendimiento. Antes dicho la mayoría de las máquinas son dependientes de los operadores, por eso, en la actualidad las nuevas tecnologías están enfocadas en todo lo relacionado al mejoramiento de la operación.

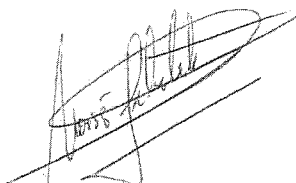
Madrid a 7 Julio de 2017

El autor del Trabajo Fin de Master



Fdo.: Manuel Gascón Trillo

El director del Trabajo Fin de Máster



Fdo.: Moisés Gilaberte Fernández

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

Martí Blázquez, M. (2016). Análisis de la solución de vía ferroviaria en balasto frente a vía en placa y montaje de superestructura en la línea de alta velocidad Madrid-Zaragoza-Barcelona-Frontera francesa. La explotación y el mantenimiento de la vía en placa y la vía sobre balasto. (Trabajo fin de grado). Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España.

Gobierno de España, Ministerio de Fomento. (2017). Administrador de Infraestructuras Ferroviarias, ADIF. Normativa Técnica, Infraestructura y vía. España. URL: http://www.adif.es/es_ES/empresas_servicios/normativa_tecnica/infraestructura_via.shtml

Centro de Innovación del Transporte, CENIT. (2008). Estudio del comportamiento a medio y largo plazo de las estructuras ferroviarias de balasto y placa, Evolución de los costes de conservación de los diferentes sistemas de vía. Barcelona, España.

Vargas, R (1999). La Maquinaria Pesada en los Movimientos de Tierra (descripción y rendimientos, Licenciatura en ingeniería de construcción, Instituto tecnológico de la construcción, México

Pedro Barber Lloret (2000). Maquinaria de obras publicas, Tercera parte, Maquinaria específica, elementos auxiliares. Alicante, España 121-131 p.p.

Francisco Javier González Fernández(2010). Ingeniería ferroviaria., Julio Fuentes Losa, UNED, segunda edición, España.

Bernhard Lichtberger (2005). Track Compendian, Formation, Permanent Way, Maintenance, Economics.. Linz, Austria.

Felix Ng, Jennifer A. Harding, Jacqueline Glass (2015). Journal of Cleanser Production 112 3966-3976 El Sevier “An eco- approach to optimise efficiency and productivity of a hydraulilic excavator”

Caterpillar. Inc (2011). Caterpillar Performce Handbook,41 edición USA

Vía Libre, La revista del ferrocarril. (2009). Inversiones de Adif para mantenimiento de líneas Ave, maquinaria pesada de vía y accesos a Chamartín

Isidro Alfonso. C. (2006). Optimización y análisis de comportamiento de sistemas de sujeción para vías de ferrocarril de alta velocidad española. (Tesis doctoral). Universidad de Cantabria, España

Argüeso López. A. (2012). Infraestructuras ferroviarias: mantenimiento preventivo. Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo. NTP.958.

Maravillas de la Ingeniería (2017). Maquinarias Pesadas. Recuperado <https://www.maquinariaspesadas.org/>

Plasser & Theurer.(2016). Mayor calidad a alta velocidad: Máquinas bateadoras, niveladoras y alineadoras. Recuperado: <https://www.plassertheurer.com/es/maquinas-sistemas/bateo.html>

STIHL (2017). Productos STIHL. Catalogo. Recuperado: <http://www.stihl.es/productos-stihl.aspx>

Maquinaria (2017). MATISA Matériel Industriel, S.A. Recuperado: <http://www.matisaesp.com/maquinaria/>

Empresas colaboradoras:

- Ingeniería y Técnica del Transporte, TRIA S.A. España
- Sumaru Ingeniería S.A, México

ANEJOS

Anejo I. Infraestructura España

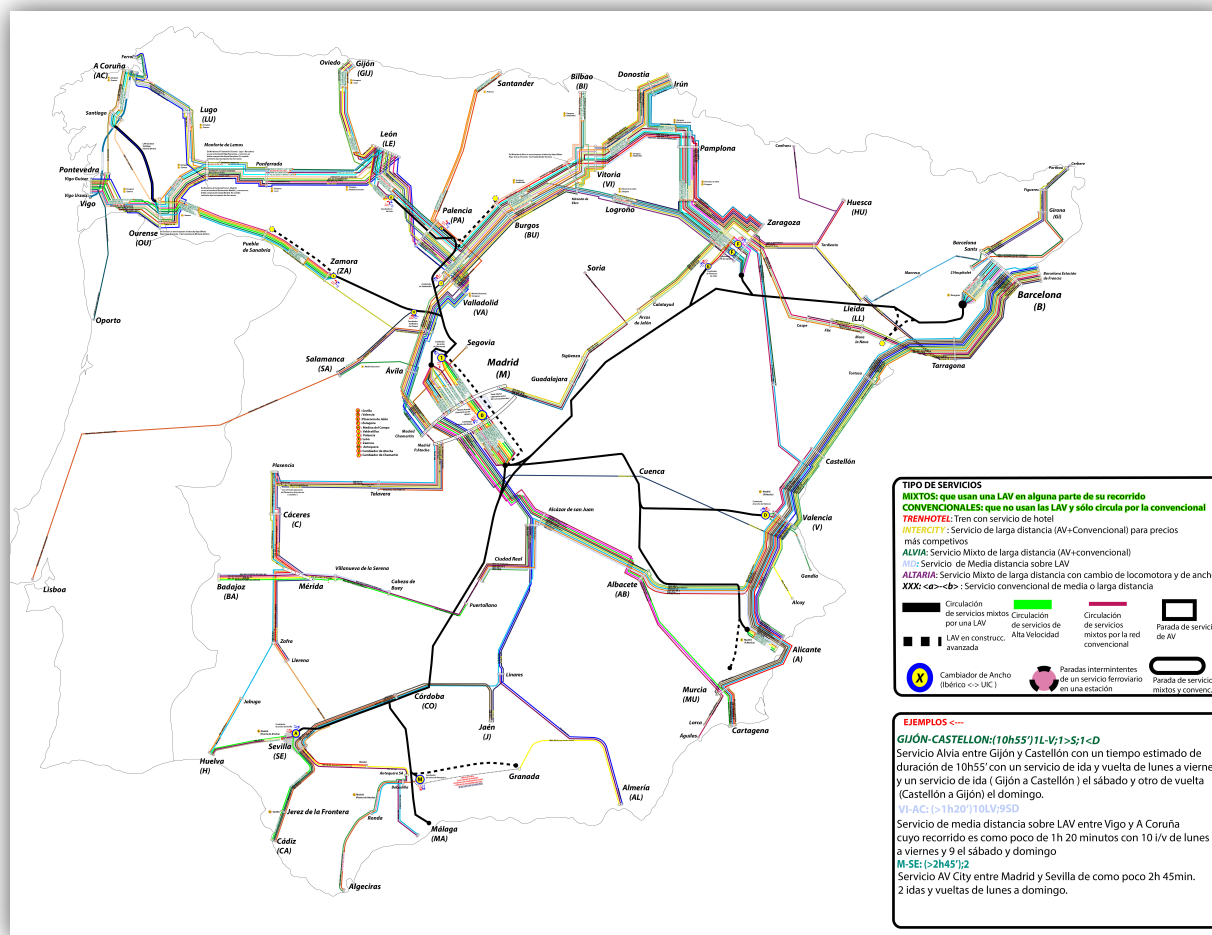


figura 1. Mapa servicios ferroviarios en España (mixtos y convencionales, Adif 2016)

Anejo II. Tipología

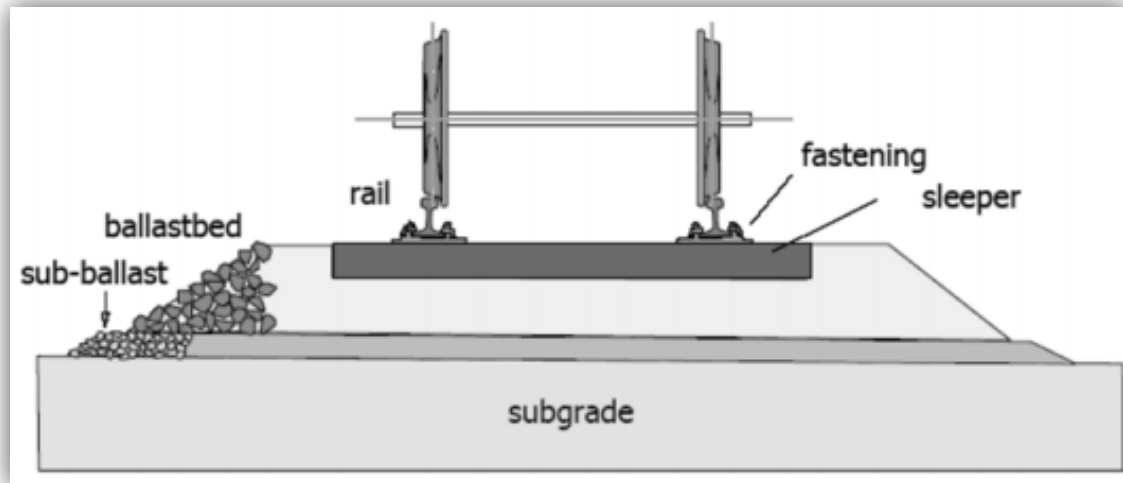


Figura 1. Esquema de componentes de vía (UIC 2010)

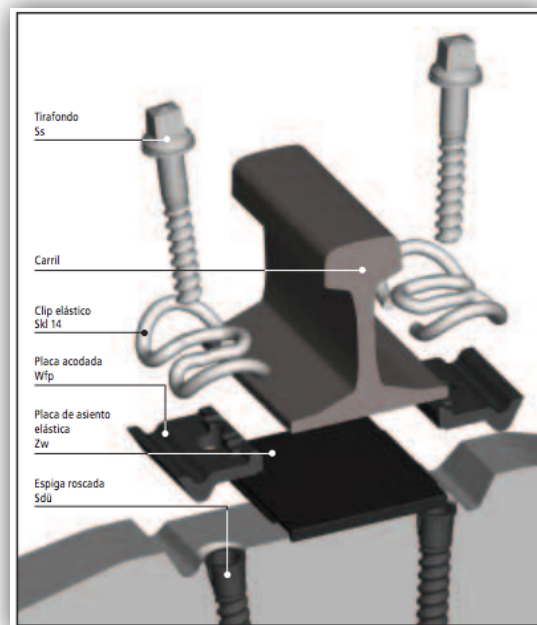


figura 2. Sujeción Vossloh HM (web: vossloh.com)

Anejo III. Eficiencia Global

Condiciones de la obra	Coeficiente de administración o gestión			
	EXCELENTE	BUENA	REGULAR	MALA
EXCELENTE 1.00	0.84	0.81	0.76	0.70
BUENAS 0.95	0.78	0.75	0.71	0.65
REGULAR 0.85	0.72	0.69	0.65	0.60
MALAS 0.75	0.72	0.69	0.65	0.60

Fuente: Facultad de ciencias matemáticas, físicas y químicas / ingeniería civil / 07 / construcciones civiles II / Rendimiento de máquinas
<http://www.sisman.utm.edu.ec/libros>.

Tabla 1. Factores de rendimiento de trabajo de las condiciones de la Obra y de la calidad de la administración

Anejo IV. Gestión

Riesgos y factores de riesgo en el trabajo

Los principales riesgos y factores de riesgo presentes en las actividades de mantenimiento preventivo ferroviario son las que se recogen a continuación:

- Caídas al mismo nivel.
- Caídas a distinto nivel.
- Vuelco de la maquinaria.
- Contactos eléctricos directos de la maquinaria y operarios con catenaria o elementos en tensión.
- Atrapamientos, aplastamientos, golpes , cortes o abrasiones con materiales o producidos por maquinaria diversa.
- Proyecciones de partículas.
- Sobreesfuerzos.
- Incendios y/o explosiones.
- Dermatitis alérgica o irritativa.
- Exposición a aerosoles y gases por vía inhalatoria.
- Exposición a vibraciones mano-brazo o cuerpo completo.
- Exposiciones al ruido.
- Arrollamiento por circulaciones y maquinaria ferroviaria.

Listado 1. Riesgos y factores de riesgo en el trabajo.

Medidas de Prevención y Protección de Riesgos Laborales

Las principales medidas de prevención y de protección específicas frente a los riesgos descritos referentes a las actividades de mantenimiento ferroviario son las que se indican a continuación:

- No se debe caminar por encima de los carriles.
- Los obstáculos o zonas con riesgos determinados han de estar señalados o balizados.
- Los operarios deberán estar informados y formados sobre los riesgos correspondientes a la circulación por las superficies de las vías ferroviarias y zonas anexas.
- Los trabajos nocturnos serán realizados con suficiente iluminación.

- Se deben proteger las zonas con riesgo de caída de altura junto a obras de fábrica, viaductos metálicos, etc.
- La circulación por desniveles pronunciados se evitara en la medida de lo posible y en caso de necesidad se deberá prever la utilización de arneses asociados a líneas de vida.
- En caso de trabajar en las cercanías de un talud excesivamente inclinado se utilizaran arneses anti caídas asociados a una línea de vida, si no es posible la instalación de protecciones colectivas.
- El ascenso y descenso de máquinas se debe realizar de frente a las mismas utilizando los peldaños y asideros, evitando saltar desde la cabina.
- Se deben limpiar los peldaños de las escalas periódicamente.
- Los trabajos en altura serán realizados utilizando equipos de trabajo específicos tipo PEMP o desde plataformas de trabajo dotadas de sistemas de protección colectiva.
- La realización de trabajos verticales se deberá planificar y los operarios formados y equipos con los correspondientes quipos de protección individual complementados con la utilización de doble cuerda de seguridad y de trabajo con doble gancho unido al arnés, correcta longitud de la cuerda de sujeción del arnés, elección del elemento capaz de absorber energía, empleo de casco, etc.

Listado 2. Medidas de Prevención y Protección de Riesgos Laborales.

Aspectos legales

Todas las actuaciones se realizan en el entorno de:

- Especificaciones técnicas de Interoperabilidad (ETIs)
- Normativa CEN y CENELEC
- Normativa UNE
- Normativa Adif
- Fichas UIC
- Disposiciones Reales Decretos de España

Normativa

- Ley de Prevención de Riesgos Laborales (Ley 31/1995 de 8 de noviembre, BOE 10.11.1995)

- R.D 614/2001. Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente a riesgo eléctrico
- R.D 1627/1997. Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción
- R.D. 1435/92, 27 noviembre 2010, Vehículos de nueva construcción
- R.D. 1215/97, 27 agosto 2010, Vehículos de vieja construcción
- R.D. 1311/, 2012, Uso sostenible de productos fitosanitarios
- UNE-EN 292-1: Seguridad de las maquinas. Conceptos básicos. Principios generales para el diseño. Parte I: Terminología básica. Metodología.
- UNE-EN 292-2: Seguridad de las maquinas. Conceptos básicos. Principios generales para el diseño. Parte II: Principios y especificaciones técnicas.
- UNE-EN 294: Seguridad de las maquinas. Distancia de seguridad para impedir que se alcancen zonas peligrosas con los miembros superiores.
- UNE-EN 418: Seguridad de las maquinas. Equipo de parada de emergencia. Aspectos funcionales. Principios para el diseño.
- Norma N.A.V. 2-1-6.0 Trabajos de reparación
- Norma N.A.V. 3-1-2.1.Traviesas monobloque de hormigón
- Norma N.A.V. 3-1-0.0.Traviesas y cachas de madera
- Norma N.A.V.3-2-0.0 Sujeciones rígidas de carriles. Tirafondos y placas de asiento
- Norma N.A.V. 3-2-2.0.Sujeción elástica Vossloh HM
- Norma N.A.V. 3-2-4.0.Antideslizantes
- Norma N.A.V. 3-2-5.0.Sujeciones deslizantes sobre traviesa de madera
- Norma N.A.V 3-3-0.0.Bridas y tornillos de brida
- Norma N.A.V. 3-4-2.1. Balasto. Descubierta y reconstrucción de la banqueta
- Norma N.A.V. 7-3-2.0.Ancho de vía
- Norma N.A.V. 7-3-2.5.Inclinación del carril
- Norma N.A.V. 7-3-3.3.Calificación de la vía. Desvíos tipo B
- Norma N.A.V. 7-3-5.0.Peralte, alabeo y estabilidad de traviesas
- Norma N.A.V. 7-3-5.0.Nivelación longitudinal
- Norma N.A.V. 7-3-6.0.Alineación
- Norma N.A.V. 7-5-0.1.Criterios básicos sobre el mantenimiento de la vía
- Norma N.A.V. 7-5-1.1.Operaciones de conservación
- Norma N.A.V. 7-6-0.1.Reparaciones en la vía

- Norma N.A.V. 7-6-1.1.Regenerado del apriete de sujeciones
- N.R.V. 3-4-0.1 (01-01-2001) Balasto. Homologación de canteras suministradoras
- P.R.V. 3-4-0.0 (01-01-2000) Balasto. Pliego de prescripciones técnicas para el suministro y utilización de balasto
- E.T. 03.360.003-2ª (01-07-1977) Suministro de Balasto y gravilla

Listado 3. Normativa y Aspectos legales

Anejo V Nivelación y Alineación

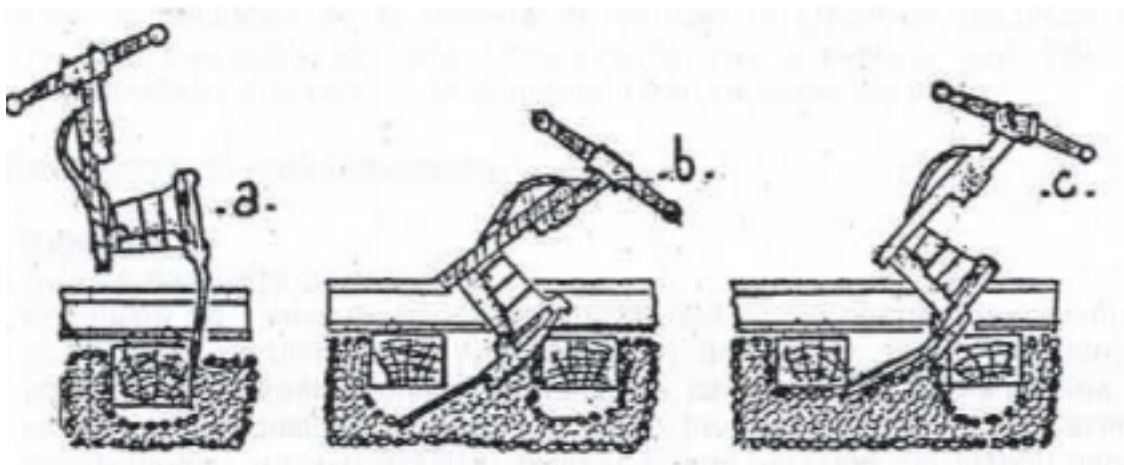


Figura 1. Procedimiento de bateo manual. a)Inicio, b)Movimiento, c)Final

Marca	Modelo	Fuente de energía	Datos técnicos		Especificaciones
			Potencia del bate	Peso bate	
Robel	Unidad de bateadoras 62-04	Grupo electrógeno	0,4 kW	34,8;26 o 25 kg	4 Bates oscilantes, asas amortiguadoras - Conectores generador - Hoja acero al manganeso - Evitar daños del bateo en las traviesas de hormigón.
Robel	Bateadora manual vertical 62-05	Gasolina, Eléctrica, hidráulico y Batería	1,42 kW 8000 rpm - ATB 400 V, 50 Hz 3kW 3500rpm 1600 W	19-25 kg (gasolina, eléctrica o batería)	- Rendimiento: 2 min/traviesa - Desacoplamiento en 2 niveles - Cobertor contra calores térmicos - Escape de gases de combustión lejos del operador (versión de gasolina)
Kubanzh eldormas	Vibradora eléctrica	Grupo electrógeno	0,4 kW	21 kg	Potencia desequilibrada: 2,6

h	SVE-2				kN - Tensión nominal: 220 V - Frecuencia nominal: 50 Hz - Estructura ergonómica - Absorción de choque
Atlas Copco	Cobra TT	Gasolina 2 tiempos	1,2 kW, 6.500 rpm	25 kg	- Energía de Impacto: 40 julios a 1620 vibraciones/min - Nivel de vibración: 2,3 m/s² - Nivel de sonido: 109 dB - Capacidad de combustible: 1,0 L - Consumo: 1,3 L/hora - Cambio de herramientas adicionales - Reductor de vibraciones al operador
Geismar	VBZ	Gasolina 2 tiempos	1,2 W	34 kg	- Reductor de vibraciones al operador - Confort - Protección contra choques - Reducción de ruido - Provee visibilidad
Geismar	VPS	Gasolina 4 tiempos	1,2 kW 7,000 rpm	19 kg	- La mas ligera del mercado - Buena ergonomía - Reductor de vibraciones al operador - Reducción acústico del motor - Capacidad de combustible: 0,63L - Nivel de sonido: 86 dB - Frecuencia de

					vibraciones: 95 Hz
	ND-4	Gasolina 4 tiempos	1,42 kW	13,6 kg	- Cubierta metálica - Frecuencia de vibraciones: 120 Hz.
Geismar	GHB 2	Grupo electrógeno, Gasolina			- Capacidad de combustible: 15L 2 bates vibratorios hidráulicos
Geismar	GB4	Grupo electrógeno, Gasolina/diesel	5 kvas 3 fases con 4 salidas y 3,7 kava 1 fase con una salida		4 bates vibratorios 50 Hz

Tabla 1. Especificaciones de bateadoras manuales (Geismar.com, Robel.com)

N.R.V 7-6-0.1.

NIVELACION, ALINEACION, COMPACTACION, PERFILADO Y ESTABILIZACION.

TONELAJE MINIMO QUE DEBE CIRCULAR SOBRE UN TRAMO DE VIA DESPUES DEL TRATAMIENTO Y PLAZO DE TIEMPO MINIMO QUE DEBE TRANSCURRIR PARA RESTABLECER LA VELOCIDAD NORMAL DE ITINERARIO.

TRATAMIENTO REALIZADO CON MAQUINARIA PESADA				
	LEVANTE ≤ 50 mm. RIPADO ≤ 20 mm. COMPACTADO Y NO ESTABILIZADO.		LEVANTE > 50 mm. RIPADO > 20 mm. COMPACTADO Y NO ESTABILIZADO	LEVANTE ≤ 50 mm. RIPADO ≤ 20 mm. COMPACTADO Y ESTABILIZADO
	LEVANTE > 50 mm. RIPADO > 20 mm. COMPACTADO Y ESTABILIZADO			
TRATAMIENTO REALIZADO CON BATEADORAS LIGERAS MANUALES DE VIBRACION, BARRAS DE BOLA, GATOS, PISONES Y RASTRILLOS				
	LEVANTE ≤ 15 mm. RIPADO ≤ 20 mm.	LEVANTE: $15 < b \leq 20$ RIPADO : $20 < c \leq 40$		
VIA CON TRAVIESAS DE HORMIGON	TONELAJE: 5.000 PLAZO: 24 HORAS	TONELAJE: 20.000 PLAZO: 48 HORAS	TONELAJE: 10.000 PLAZO: 24 HORAS	TONELAJE: 0 PLAZO: 0
VIA CON TRAVIESAS DE MADERA	TONELAJE: 20.000 PLAZO: 24 HORAS	TONELAJE: 100.000 PLAZO: 48 HORAS	TONELAJE: 50.000 PLAZO: 24 HORAS	TONELAJE 5.000 PLAZO: 0

Tabla 2 .Tonelaje mínimo que debe circular sobre un tramo de vía después del tratamiento y plazo mínimo que debe transcurrir para restablecer la velocidad normal. (N.R.V 7-6-0.1)



Figura 2. Tercer dispositivo de elevación de carril para desvíos

1. Capo motor y caja de cambios; 2. Grupo de bateo; 3. Grupo de nivelación y alineación; 4. Barredora; 5. Carros/rueda de medida; 6. Cabina delantera (conducción/trabajo); 7. Cabina trasera(conducción); 8. Cabina de bateo.

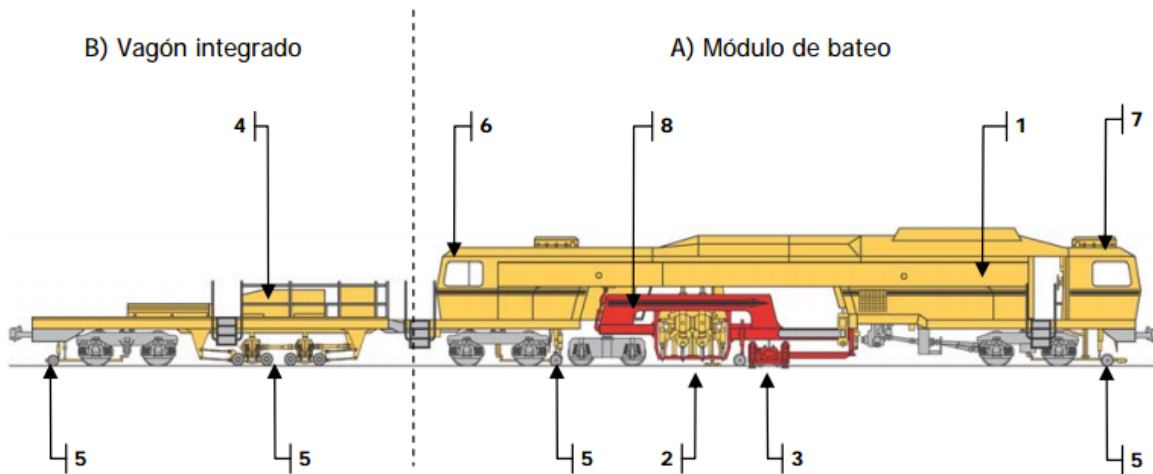


Figura 3. Esquema de principales componentes de una bateadora continua para dos traviesas con mejoramiento de nivelación y barrido.

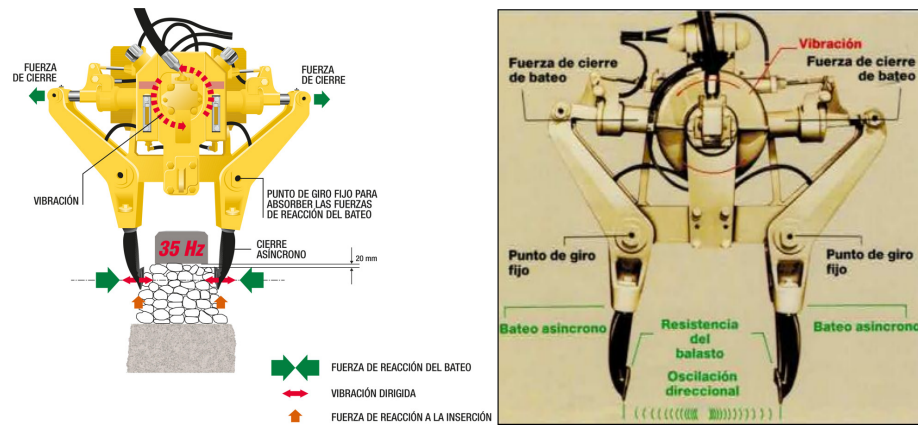


Figura 4. Funcionamiento esquemático de un grupo de bateo.

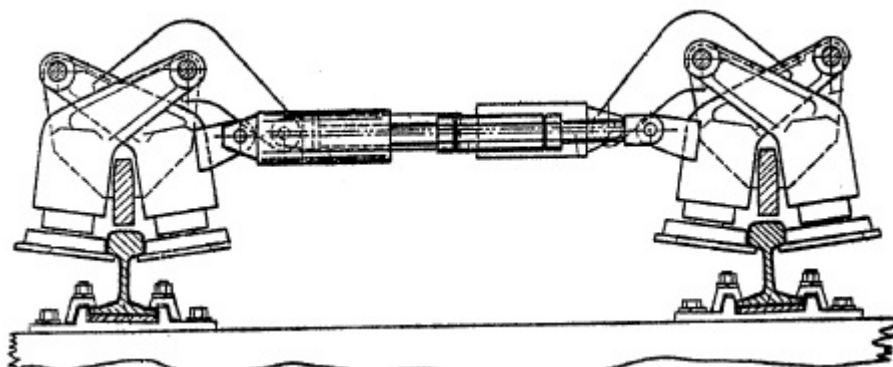
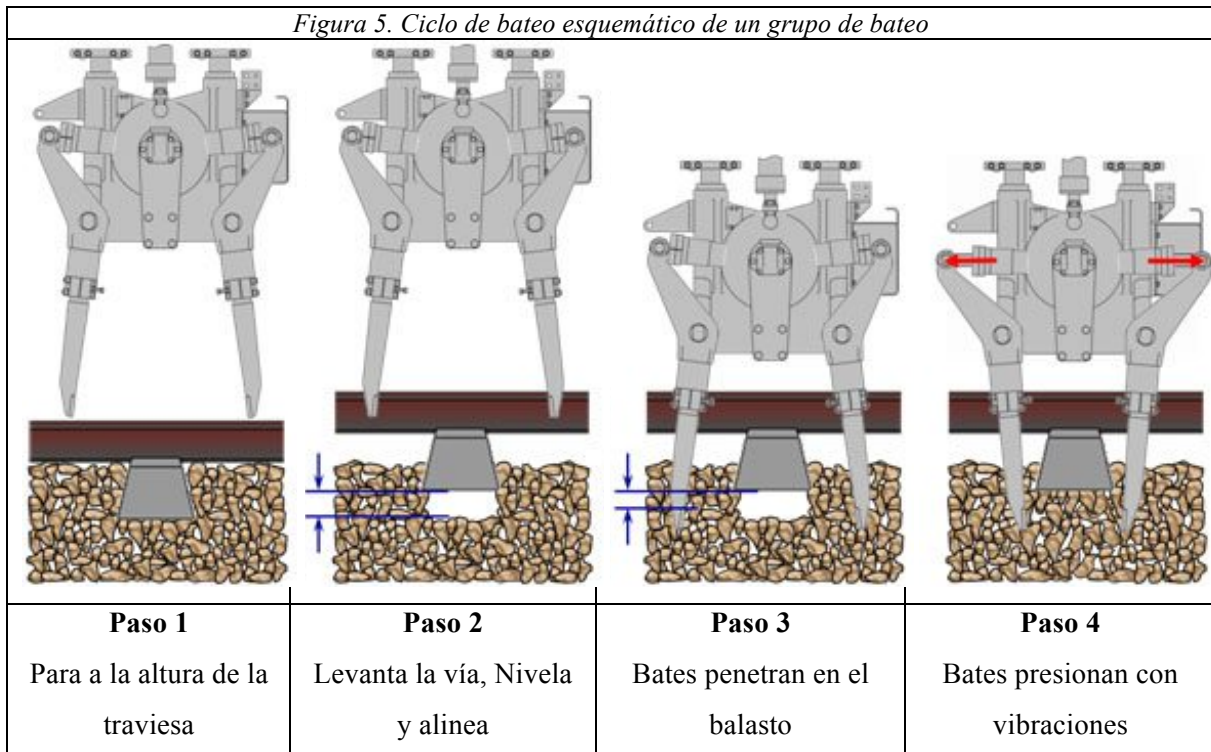


Figura 6.: Sujeción de carriles para levantamiento, nivelación y alineación

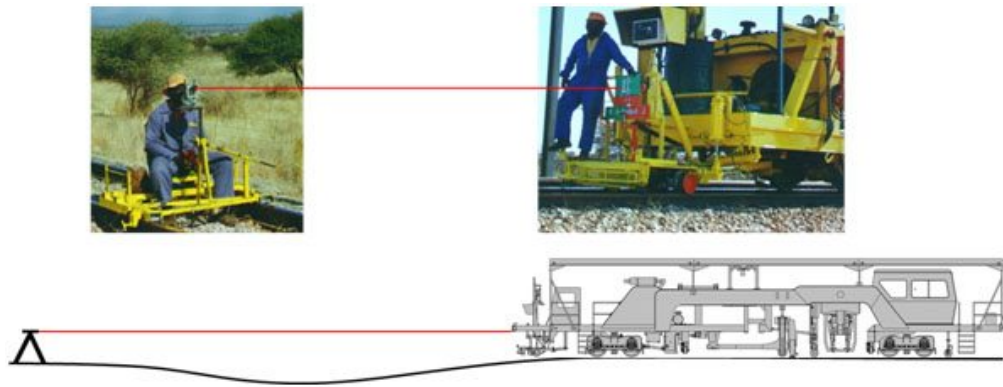


Figura 7. El uso de equipos ópticos (como se ilustra) o láser
Para permitir la eliminación de defectos de onda larga

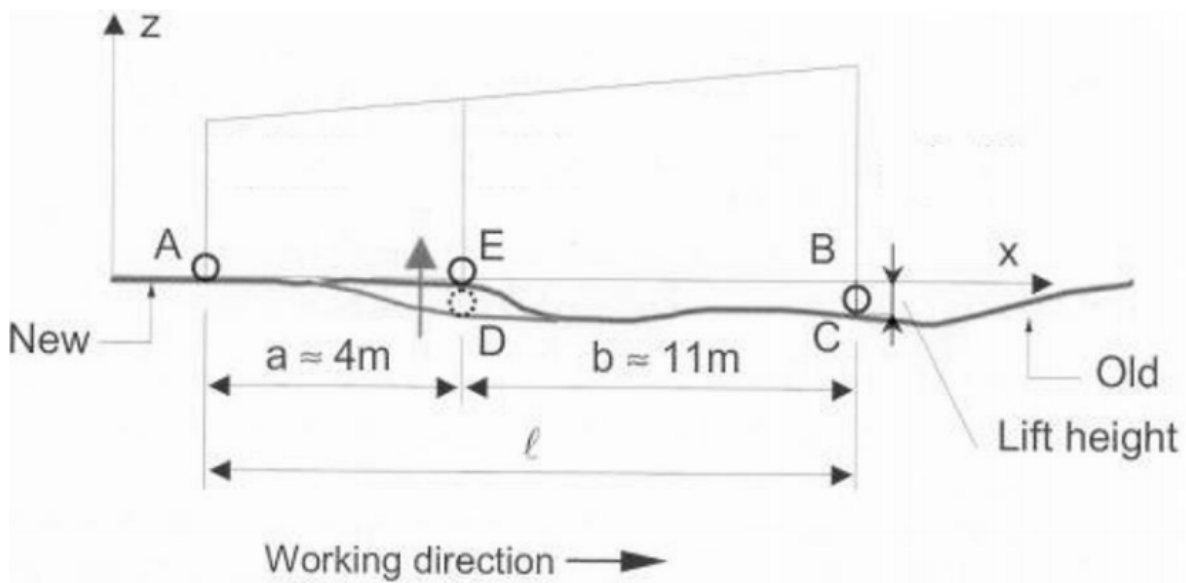


Figura 8. Ilustración de cómo una bateadora regula las mediciones de las irregularidades. P&T 07-32.
(Esveld, 2001)



Figura 9. Bateo de dos traviesas

Modelo	Tipo	Rendimiento máximo	Rendimiento medio
Matisa B20-75	Una traviesa, Intermitente	500 m/h	400 m/h
Harsco Mark IV	Una traviesa, Intermitente	520 m/h	440 m/h
Harsco Mark VI	Una traviesa, Intermitente	700 m/h	600 m/h
Plasser & Theurer 08-3S	Una traviesa, Intermitente, Desvío	500 m/h	400 m/h
Matisa B45D	Dos traviesas, Intermitente	1200 m/h	900 m/h
Plasser & Theurer 9-2X	Dos traviesas, Intermitente	1,600 m/h	1370 m/h
Plasser & Theurer GRM 3000T	Dos traviesas, Intermitente	1000 m/h	970 m/h
Plasser & Theurer 09-32 CSM	Dos traviesas, Continuo	1600 m/h	1100 m/h
Plasser & Theurer 09-3X	Tres traviesas, Continuo	2200 m/h	2,000 m/h
Plasser & Theurer 09-	Cuatro traviesas,	2,600 m/h	2,500 m/h

4X Dynamic	Continuo, Desvío		
------------	------------------	--	--

Tabla 3. Ejemplos de diferentes bateadoras correspondiente con sus velocidades de trabajo. (Matisa, 2012, Plasser & Theurer, 2009, Harsco.com, Esveld, 2001).

Anejo VI Perfilado

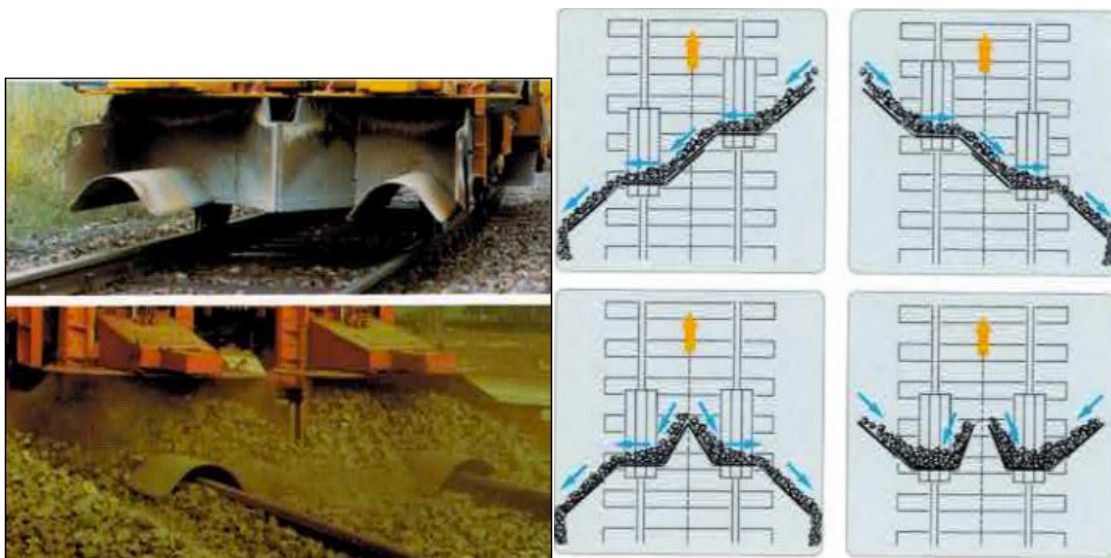


Figura 1. Arado frontal y su distribución

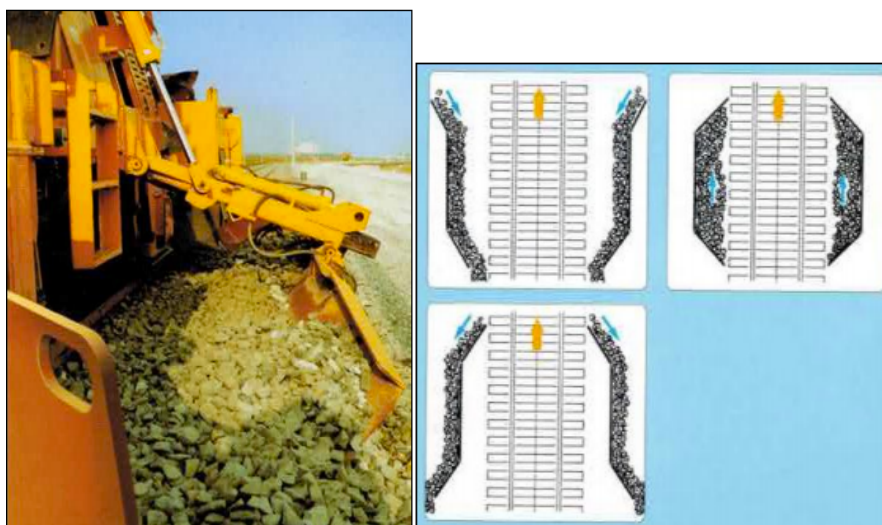


Figura 2. Arado lateral y su distribución

Marca	Modelo	Rendimiento	Características
Plasser & Theurer	PBR 400	2.000 m/h medio perfilado 2.400 m/h máx.	-2 Ejes motrices. Se traslada mediante motor hidráulico con caja de marcha de dos velocidades. -Arado frontal y dispositivo de barrido

Plasser & Theurer	PBR 500	2.000 m/h medio perfilado 2.400 m/h máx.	Arado frontal, Arados laterales con movimiento de tres posiciones. -Cinta transportadora
Plasser & Theurer	USP 4000 SWS	2.000 m/h medio perfilado 2.400 m/h máx.	-Tolva 5 m3 -Pre-programación de ajuste de arados, distribución de balasto en cualquier dirección -Cámaras de operación y seguridad -Confort en cabina
Plasser & Theurer	USP 2010 SWS	2.000 m/h medio 2.400 m/h máx.	-Tolva 7-70 m3 -Pantalla táctil con control inteligente
Plasser & Theurer	SSP 203 (PDB 110)	1.600 m/h medio perfilado Alto rendimiento con 2 equipos de barrido	-Robusta y de dos ejes -Para todo tipo de intervenciones.
Plasser & Theurer	SSP 110 SW (USP 2005/USP 2005 L)	1.600 m/h medio perfilado Alto rendimiento con 2 equipos de barrido	-Arados laterales hidráulicos -Un dispositivo de barrido con tolva -Ambos ejes son motrices con transmisión óptima de las fuerzas de accionamiento.
Plasser & Theurer	BDS 2000	2.000 m/h medio Dos cepillos de recogida de balasto	-Aprovechamiento de cortes de vía -Reducción hasta un 60% de demanda de balasto -Dosificadores de balasto -Tolva de 20 m3. -Capacidad de acoplar vagones tolva de carga y descarga de material MFS 100 (68 m3 de balasto)

Matisa	R20	Velocidad de circulación de modo autónomo es de 80 km/h Perfilado 1.500 m/h Cepillado 3km/h	-Cámaras con pantallas para operación y seguridad -Fácil estacionamiento -Radio de acción arados laterales: 4 m
Matisa	R21	Velocidad de circulación de modo autónomo es de 100 km/h Perfilado 1.500 m/h Cepillado 3km/h	-Cepillo vierte en tolva o delante de arados. -Buena visibilidad. -Ambos sentidos de marcha -Radio de acción arados laterales: 4 m
Matisa	R 24	Velocidad de circulación de modo autónomo es de 100 km/h Perfilado 1.500 m/h Cepillado 6km/h	-Líneas de alta velocidad -Transmisión hidrostática -Regulación de la velocidad en continuo sin patinaje -Radio de acción arados laterales: 4 m
Harsco	BE-KR		-Arados en forma de “X” Cajas de balasto laterales Escoba articulada y auto alineable Tracción diesel
Colmar	BPM 220	Velocidad de circulación máxima: 80 km/h Velocidad máxima de trabajo: 30km/h en arados centrales o laterales en caso de muy poco desplazamiento de balasto.	-2 ejes motores -2 Arados centrales bidireccionales -Un cepillo de exceso de balasto -Confort en cabina

Sorema-Vaiacar	PS2003 S	Velocidad de circulación máxima: 100 km/h Velocidad máxima de trabajo: 30km/h en arados centrales o laterales en caso de muy poco desplazamiento de balasto.	-Tracción diesel -2 Arados centrales bidireccionales -4 Arados laterales -1 o 2 cepillos de exceso.
----------------	----------	--	--

Tabla 1. Comparativa de rendimientos y características. (soremaferroviar.com, colmar.com, harscorail.com, matisaesp.com, Plasser&Theurer.com)

Anejo VII Estabilización

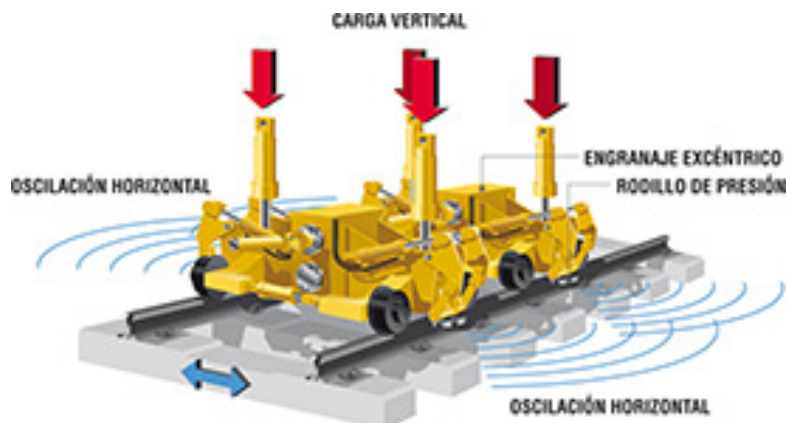


Figura 1. Esquema representativo del funcionamiento del estabilizador dinámico (Plasser&Theurer.com)

Marca	Modelo	Rendimiento	Características
Plasser & Theurer	DGS 62 N	2,4 km/h	-Carga vertical máx.: 356 kN -Para línea y cambios
Plasser & Theurer	DGS 90 N	2,0 km/h	-Carga vertical máx.: 240 kN -Para línea y cambios -Velocidad circulación: 80 km/h
Plasser American	PTS 90	2,4 km/h Velocidad de circulación: 72km/h	Tracción 246 kW Control específico de fuerzas Interfaz con otro tipo de equipos
Plasser American	PTS 62	2,4 km/h Velocidad de circulación: 80km/h	Tracción 354 kW Control específico de fuerzas
Harsco	TS-30	Fuerzas Horizontales 50 toneladas a 50 Hz. Velocidad de trabajo: 4,8 km/h	-Confort en cabina -Pantalla táctil Tracción 178 kW -Capacidad tanque combustible: 758L

Tabla 1. Rendimientos de estabilizadores dinámicos (Datos de fabricante, youtube.com)

Anejo VIII Sustitución traviesas

Datos de operación	
Retro Perkins 4000	
Arco de giro	180 °
Rotación de remolque	148 °
Fuerza de la excavación del cilindro de remolque	4.800 kgr
Fuerza de la excavación del cilindro de la lanza de profundidad	3.400 kgr
Capacidad de levante de lanza de profundidad (máxima)	2.300 kg
Capacidad de levante de la columan de levante (máxima)	1.400 kg
Tiempo de bajada de la columan sin carga	2,58 segundos
Tiempo de elevación de la lanza de profundidad con carga	2,58 segundos
Tiempo de bajada de la lanza de profundidad sin carga	4,20 segundos
Tiempo de descarga del remolque	5,20 segundos
Tiempo de giro 90 ° con carga	2,48 segundos
Tiempo de giro 90 ° sin carga	2,10 segundos
Distancia entre las zapatas de estabilizadores	1,42 segundos
Distancia en posición de trabajo (máxima)	3.900 mm
Distancia en posición de transporte mm	1.940 mm

Tabla 1. Especificaciones técnicas y de operación Perkins 4000 (fuente: Maquinaria Pesada, Luna Huamani)

Anejo IX. Sustitución de sujeciones

Empresa	Modelo	Especificaciones técnicas	Ventajas
Kubanzheldorm ash	GP-800	-Torque máx: 300-800 Nm -Torque de impacto: 320-800 Nm -Revoluciones: 159-59 rpm -Revoluciones torque máx: 2500 rpm -Motor GX2700S -Potencia: 6,6 kW -Consumo de combustible: 1.186 L/kW*h -Peso: 88 kg	-Todo tipo de tirafondos y tuercas. -Uso rudo -Diseño ergonómico -Buen posicionamiento del centro de gravedad -Fácil cambio de accesorios y herramientas -Posible adaptación de carrito de vía en ambas direcciones
Geismar	TB2	-Gasolina o diesel: 5 litros - Peso total: 176 kg con carretilla - Vibración: 6 m/s² - Rotación de boca: 195-255 rpm	-Diseñada para tornillería de bridas -2 velocidades de rotación de la boca de clavado -Par ajustable con esfera graduada para fácil lectura
Vessel	GT3500GE (manual)	-Un cilindro -Capacidad de combustible: 1L	

		-Revoluciones en vacío: 2700 rpm -Revoluciones impacto: 7120 rpm -Revoluciones sin carga y máx: 9880 rpm. -Rango de torque: 800-1.030 Nm -Peso: 19,5 kg	
Airtec	Master 35 (manual)	-Capacidad de boca: 16-32mm -Torque 500-1800 Nm -Velocidad libre: 12.000 rpm -Capacidad de combustible: 0,7 litros (60 minutos de trabajo) -Vibración: 11,2-11,6 m/s² -Peso: 18,3 kg	-Vibraciones reducidas -Protecciones -Comodidad de uso
Bance	GT350GES (manual)	-Capacidad combustible: 1L -Revoluciones en vacío: 2700 rpm -Revoluciones impacto: 7.120 rpm -Revoluciones sin carga y máx: 9880 rpm. -Torque máx.: 1.790 Nm -Velocidad de salida: 1200 rpm -Peso: 19,5 kg	-Uso horizontal y vertical
Trak-Star	GW12 (manual)	-Motor 2 ciclos -Capacidad de boca: 41mm -Peso: 18 kg -Torque: 500-1.700 Nm	-Uso horizontal y Vertical -Protecciones - Reducción de vibraciones

Tabla 1. Comparativa de motoclavadoras

Anejo X. Depuración y Desguarnecido

Empresa	Modelo	Rendimiento	Ventajas	Descripción
Plasser & Theurer	RM80/RM90	Buenas condiciones: 500-700 m ³ /h	La proporción de finos es menor de 3% Sistema electrónico de parámetros y automatizados. 1-2 pantallas de depurado	-Anchura de excavación: 4-7m -Profundidad excavación: 280mm -Línea y desvíos -
Plasser & Theurer	RM800/RM900	Alto rendimiento 800-1.000 m ³ /h. Velocidades de trabajo: 400-700 m/h -Línea de alta velocidad -Cortes de vía poca duración.	-3 pantallas de 35m ² Sistema electrónico de parámetros y automatizados.	-Vagón excavación, vagón de depurado. -Profundidad excavación: 1000mm -Anchura de excavación: 3,7-5,3m(adaptaciones de elementos)
Matisa	C75	Alto rendimiento Cribado: 750m ³ /h Excavación:1.000m ³ /h -Cortes de vía poca duración.	-3 pantallas 32m ² , amplitud 18m ² , frecuencia 16Hz -Buen confort y ergonomía	-Profundidad excavación:50-150 mm
Matisa	D75	Alto rendimiento Excavación:1.000m ³ /h	-Buen confort y ergonomía	-Profundidad excavación:50-150 mm

Tabla 1. Cuadro comparativo de desguarnecedoras. (pagina web fabricante, Bernhard Lichtberger 2005)

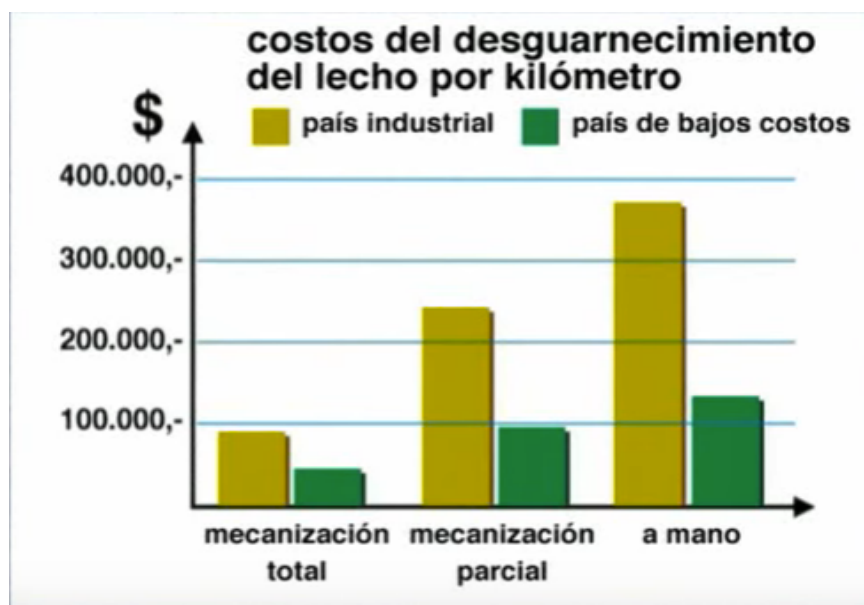
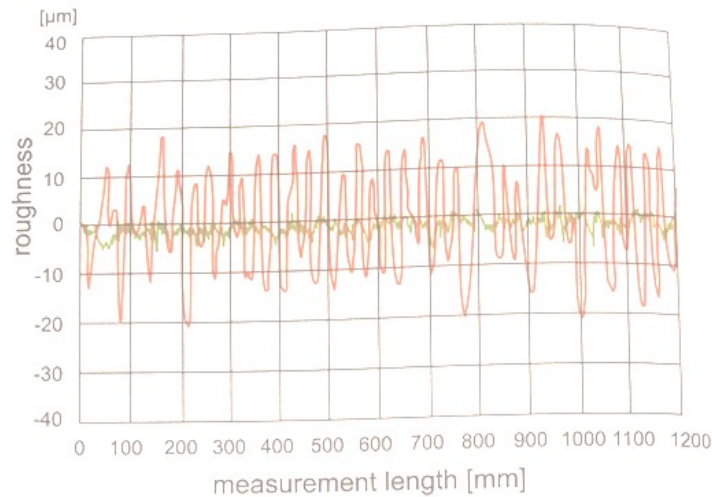


Grafico. 1 Comparación de costos por diferentes métodos.

Anejo XI. Amolado



Gráfica 1. Perfil de rugosidad antes y después del amolado oscilante.

Compañía	Tipo de tren amolador	Velocidad de operación	Ventajas	Breve descripción
SPENO	Sm 775 SRR16-M3	90 km/h trabajo: 4 y 6 km/h modernas Convencionales 1 km/h	-Proporciona un rectificado controlado del carril y su superficie con un mínimo gasto de metal. -Ahorrando vida útil del carril a un 30% Superficie máxima de amolado es de 0,5 mm	€ 6 M -8 unidades amoladoras en un carro -Autonomía de 25 horas - Recta, curva, desvíos -Posibilidad de cambiar bogíes para diferentes anchos de vía -Mide perfil longitudinal y transversal. -Aspiración polvo y evita contaminación de balasto

				-Rectificación de onda corta y larga e irregularidades por soldaduras
Vossloh	HSG	Trabajo:25-60 km/h Amolado de 0,1 mm	-Para alta velocidad -Capacidad de actuar hasta 30 km seguidos.	-Ciclos de mantenimiento frecuentes sin causar trastornos en el tráfico -24 piedras rotativas -Capacidad de retirar mayor material por ciclo -Para línea y desvíos -El amolado se realiza con ruedas con cuchillas, capaces de amolar a altas velocidades. -Protecciones a causa de chispas -Cambio de piedras por sistema rotatorio
AUTECH AG	VM 8000-E	Rendimiento: 200 m / h amolado: 0,2-0,3 mm) -Velocidad máxima de rectificado: 5 km / h -Velocidad de desplazamiento en una carretera: 40 km / h -Velocidad de	-Doble rectificadora -Radios pequeños (20 m)	• 6 discos de rectificado para cada carril, 50 programas de rectificado -2-3 interruptores por turno de 8 horas -Pista: 900-1,620 mm -Eje: motor diesel con bomba hidráulica y generador eléctrico -Peso total: 12 t

		desplazamiento sobre carril: 19 km / h		-Longitud: 7.1 m -Personal: 2 conductores- operadores (más un conductor de cliente y 1 gerente de trabajo de cliente) -Depósitos de llenado: depósito de gasóleo – 240 l, depósito de agua – 500 l.
LORAM	RG400 C44	Velocidad de trabajo: 30 km/h	-Sistemas de control y gestión Controladores programables de automatización de la maquina por GPS.	-Línea y desvíos -Temperatura de los componentes -Sistema de eficiencia de combustible.
Harsco	RMS 48- 120	Producción 5-28 km/h	-75 grados lado rodadura y 45 lado campo	-Medición laser -Control de fuego 3.000L -Control automático -Radio mínimo de curva: 80 m circulación y 100 m de amolado. -2 direcciones de trabajo
Plasser & Theurer	GWM 250	Vel. Circulación: 80 km/h	-Piedras oscilantes	-Línea y desvíos
Schweerbau	HSM	Velocidad máx.	-Removida mínima de	-Radio curvas

		circulación 100 km/h Trabajo: 800-3.000 km/h Rendimiento: 3.000 km/h@0,5 mm 2.000 km/h@1,0 mm	0,2 mm	mínimas: 150 m -Capacidad de combustible 4.000L -3 unidades amoladoras por carril -87 grados lado rodadura y 7 lado campo -Una dirección de trabajo.
--	--	---	--------	---

Tabla 1. Comparativa de trenes amoladores.(paginas web fabricantes)

Anejo XII. Desbroce

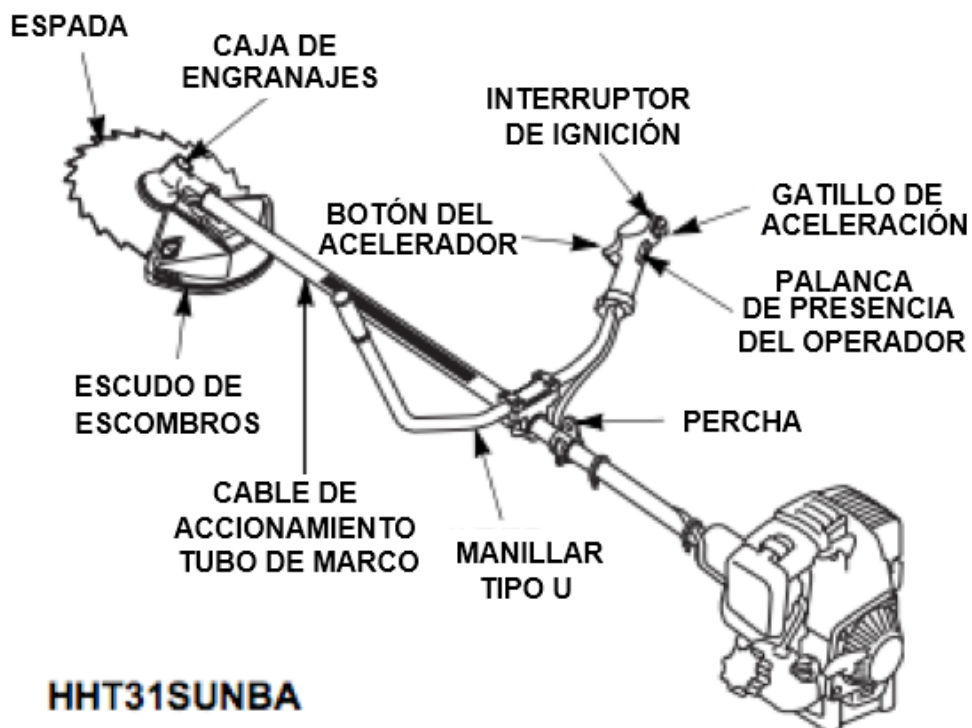


Figura 1. Componentes de una desbrozadora tipo HHT31SUNBA (hondalawnparts.com)

Marca	Modelo	Características	Precio
STIHL	FSE 81	-Eléctrica -Cortabordes -Regulación revoluciones -Corte pequeñas superficies. -Recorte de bordes -Diametro de corte -Peso 5,3 kg -35 cm diametro de corte	€ 179,00
STIHL	FS 311	-Eficiencia de combustible -Volante "bicicleta" -Anti-vibración -Gasolina -Potencia 1,4 kW	€ 740,00

		-Peso 7,2 kg	
STIHL	FS 360 C-EM	-Pocas emisiones -Eficiencia de combustible -Anti-vibración -Potencia: 1,7 kW -Peso 8,5 kg -Gasolina	€ 839,00
STIHL	FS 460 C-EM	-Cuchilla matorrales -Cambios automáticos de combustión por altitud, temperatura, filtros de aire. -Ahorro de consumo combustible -Anti-vibración -Alta eficiencia Potencia: 2,2 kW -Peso: 8,5 kg -Gasolina	€ 1.040,00
STIHL	FS 550/560 C-EM	-Cuchilla matorrales -Cambios automáticos de combustión por altitud, temperatura, filtros de aire. -Ahorro de consumo de combustible: 12%, Aumento de tanque de combustible 31% más que FS 510. -Anti-vibración -Alta eficiencia Potencia: 2,8 kW -Peso: 10,2 kg -Gasolina	€ 1.220,00 / € 1.399,00

Tabla 1. Comparativa de desbrozadoras manuales

**Los precios son de enero 2017, recomendados por el fabricante(stih.com), precios solo de desbrozadoras, sin combustible, equipo de corte ni adicionales.*