

Sistema de gestión para el mantenimiento y la reparación de la vía férrea

Management system for the maintenance and repair of railway

MSc. Ernesto Raúl Sales Obrador¹. Dr. Wilfredo Martínez López del Castillo², MSc. Esmeraldo Esteban Carbó Salazar¹

¹Facultad de Informática, Universidad de Holguín, Cuba, ernestosales@uho.edu.cu, ² Facultad de Construcciones, Universidad de Camagüey Ignacio Agramonte Loynaz, Cuba, wilfredo.martinez@reduc.edu.cu. ³Facultad de Informática, Universidad de Holguín, Cuba, carbo@uho.edu.cu.

RESUMEN

Las dificultades económicas del país, han incidido desfavorablemente sobre los ferrocarriles y las vías férreas en particular, elevando su deterioro y provocando con ello reducciones de la velocidad de circulación de los trenes y la deficiencia general de los ferrocarriles. Las tareas de mantenimiento y reparación de la vía férrea hoy en día son de vital importancia para el desarrollo y la economía del país. El sistema de información existente está referido fundamentalmente al control de las acciones de mantenimiento o reparación ejecutadas en la vía, lo que no facilita el diagnóstico de su estado técnico y dificulta las evaluaciones generales, el establecimiento de prioridades para la asignación de recursos y las toma de decisiones generales o específicas sobre las acciones a desarrollar. Tomando como base este estudio se decide desarrollar el presente trabajo que es un Sistema de gestión para el mantenimiento y reparación de la vía férrea, que consta con dos etapas fundamentales: el inventario de vía y la evaluación del estado técnico. El proyecto se basa en una aplicación desarrollada con el lenguaje de programación Java y la tecnología RCP, utilizando PostgreSQL como gestor de base de datos. Este software va dirigido a perfeccionar la racionalidad en el uso de los recursos asignados a la actividad de reparación y mantenimiento de vías férreas, realizando cálculos a través de fórmulas para llevar a cabo la evaluación de los parámetros técnicos de acuerdo con la norma establecida, además de la representación gráfica de las lecturas de estos parámetros.

Palabras clave: gestión; mantenimiento; reparación; evaluación; vía férrea.

ABSTRACT

The cost-reducing difficulties of the country, they have affected unfavorably on the railroads and the railroads in individual, raising your deterioration and provoking with it reductions of the velocity of circulation of the trains and the general deficiency of the railroads. The tasks of maintenance and reparation of the railroad nowadays are by vital developmental importance and the economy of the country. The system of existent information is once the control knob of the actions of maintenance was referred fundamentally to or reparation executed at the road, what you do not make easy the diagnosis of your technical status, makes difficult the general evaluations, the establishment of priorities for the resourceful assignment and takes them of general or specific decisions on the actions to develop. Taking like base this study he decides to develop the present I work that a System is by step for the maintenance, that is evident with two fundamental stages and reparation of the railroad: The inventory of road and the evaluation of the technical status. The project is based on an application of desk unrolled with the programming language Java and the technology RCP, using PostgreSQL like base manager of data. The development of this software goes directed to make perfect the rationality in the use of the assigned resources the activity of reparation and maintenance of railroads, accomplishing calculations through carry-out formulas to end the evaluation of the technical parameters according to the standard established, in addition to the graphic performance of the readings of the technical parameters.

KEYWORDS: Step, maintenance, reparation, evaluation, railroad.

1. INTRODUCCIÓN

Carlos Marx definió al transporte como la cuarta esfera de actuación de bienes y servicios, después de la agricultura, la minería y los procesos de transformación. Por otra parte, existe la certeza de que un sistema de transporte desarrollado es condición necesaria, aunque no suficiente, para lograr el desarrollo económico.

Prácticamente en todos los países desarrollados, los ferrocarriles constituyen la columna vertebral que estructura el sistema de transporte, debido a su capacidad para transportar grandes volúmenes de cargas y pasajeros con relativamente poco consumo de energía. Se ha demostrado además el pobre impacto que sobre el medio ambiente origina el transporte ferroviario con respecto a otros modos de transporte, poca ocupación del suelo, elevada seguridad y confort para los viajeros.

En Cuba el desarrollo económico y social asociado al Triunfo de la Revolución generó la necesidad de reconstruir la Vía Central de los Ferrocarriles de Cuba, iniciada en la década de los años 70; que representó un salto cuantitativo y cualitativo en las transportaciones de carga y pasaje. Las características topográficas de Cuba, unida a las probadas cualidades de este medio de transporte, fundamentaron las decisiones adoptadas para la modernización de los Ferrocarriles de Cuba.

Como resultado del trabajo realizado quedó instalada una potente Vía Central, con cualidades geométricas y estructurales que aseguraban una velocidad de diseño de 140 km/h para coche motores y la transportación de 50 millones de toneladas de mercancía y materias prima al año. Posteriormente se continuaron ejecutando trabajos que garantizaron el continuo desarrollo de la vía férrea, tales son los casos de las sustituciones de carriles de 12,50 m por carriles largos soldados de 350 m y la construcción de los Patios Ferroviarios y Centros de Carga y Descarga en las principales ciudades del país, cruzadas por la Vía Central. A partir de las nuevas características de la vía y necesidades para su mantenimiento, se estructuró un sistema de información que permitía controlar las actividades desarrolladas por las Brigadas de vía y los parámetros elementales de su estado técnico. Las dificultades económicas originadas por el derrumbe del campo socialista incidieron negativamente sobre la infraestructura ferroviaria del país. En el caso específico de las vías férreas, el impacto fue severo, originando elevado deterioro, gran cantidad y permanencia de órdenes de precaución y con ello el deterioro general de los indicadores de eficiencia del transporte ferroviario.

En Cuba, a pesar de ser uno de los pioneros en el surgimiento de los ferrocarriles, y haber logrado en los años 70 y 80 del siglo pasado un desarrollo relativamente alto en este quehacer, actualmente no presenta indicadores que aseguren eficiencia en la economía y confianza en la población. Un factor que incide sobre la eficiencia del transporte ferroviario, la seguridad del movimiento de los trenes y el confort de los pasajeros dependen en gran medida del estado técnico de la vía férrea.

El estado técnico de la vía férrea es el conjunto de características geométricas y estructurales que aseguran el movimiento de los trenes sobre las vías, a las velocidades consideradas para el diseño de las mismas. Baste decir que la vía central de los Ferrocarriles de Cuba fue diseñada para que los trenes de viajeros circularan a 100 km/h.

El deterioro económico del país, originado primero por las causas que motivaron el Período Especial entre los años 1991 hasta el 2004 y posteriormente la Crisis Económica mundial iniciada en el 2008, han incidido desfavorablemente sobre los ferrocarriles en general y sobre las vías férreas en particular, elevando su deterioro y provocando con ello reducciones drásticas de la velocidad de circulación de los trenes y la eficiencia general de los ferrocarriles.

En estos momentos se inician las tareas de recuperación de este modo de transporte, asignándose los recursos necesarios para la reparación de la Vía Central. Este esfuerzo requiere que se dispongan de herramientas técnicamente fundamentadas y altamente eficientes que aseguren la adecuada explotación

de las vías y la planificación oportuna de las acciones de mantenimiento y reparaciones que permitan prolongar su vida útil. El sistema de información existente está referido fundamentalmente al control de las acciones de mantenimiento o reparación ejecutadas en la vía, lo que no facilita el diagnóstico de su estado técnico, dificulta las evaluaciones generales, el establecimiento de prioridades para la asignación de recursos y las toma de decisiones generales o específicas sobre las acciones a desarrollar. Por otra parte, toda la documentación se encuentra sobre formato papel, dificultando su análisis e integración en el tiempo, se carece de informaciones gráficas que elevan la eficiencia del trabajo de los especialistas y la información técnica existente está sometida al deterioro originado por el tiempo y la acción de los insectos.

Sin embargo, el sistema de información para la evaluación del estado técnico de la vía, el establecimiento de las prioridades de mantenimiento y reparación, la planificación de estas actividades y el control de las mismas, es deficiente. En gran parte de las ocasiones las tareas planificadas son afectadas por urgencias, no se integran los criterios técnicos para la evaluación de los parámetros que caracterizan el estado técnico de la vía férrea y por tanto las prioridades no son establecidas adecuadamente, por lo que ***es necesario diseñar un sistema automatizado de información que posibilite la toma de decisiones con fundamentos científico – técnicos y permita su actualización de manera continua, lo que constituye el problema que se debe resolver con el presente trabajo.***

Un sistema de gestión para el mantenimiento y reparación de la vía férrea requiere dar respuesta a las siguientes necesidades:

- Caracterizar la vía férrea y su estado técnico a nivel de detalle, su ubicación espacial y elevado nivel de actualidad.
- Establecer el balance entre los recursos materiales y humanos necesarios y los disponibles, estableciendo las prioridades de los trabajos a partir de criterios técnicos.

Se utilizará el tramo de vía que atiende una Brigada como la célula donde están presentes todas las características del problema. La integración de un grupo de estas células constituye el tramo que identifica al Distrito de Vía. La integración de los Distritos de Vía conforma La Distancia de Vías y Puentes. Por último, la integración de las Distancias constituye la red ferroviaria del país.

Objetivo General

Desarrollar un Sistema automatizado que posibilite integrar la información que caracteriza el estado técnico de la vía férrea y su evaluación, estableciendo las prioridades de intervención.

2. DESARROLLO

Estructura organizacional de los Ferrocarriles de Cuba para el mantenimiento de la Vía férrea.

Se desarrollan estudios dirigidos a modificar la estructura organizacional de los Ferrocarriles de Cuba. En este sentido debe señalarse que la estructura actual para la atención a la vía férrea segmenta las responsabilidades y las acciones sobre la vía en dos empresas. El Centro de Infraestructura Ferroviaria (CEDI), se encarga de la evaluación, planificación y financiamiento de las actividades de mantenimiento y reparación de la vía, en tanto la Empresa de Vías Obras y Construcciones Ferroviarias (EVOCF), se encarga de ejecutar las actividades de mantenimiento corriente de la vía y las reparaciones ligeras y la Empresa Constructora CONDOR se encarga de la construcción de nuevas vías y las reparaciones medias y capitales. A esta estructura se anexan otras empresas encargadas a la fabricación y comercialización de insumos para la vía férrea.

Existe determinado paralelismo entre el CEDI y el EVOCF, sin embargo el CEDI cumple funciones puramente técnicas, en tanto el EVOCF las funciones que cumplen son administrativas, por lo que resulta evidente que como resultados de los estudios que se realizan, estas empresas deberán unirse. La estructura operacional del EVOCF se representa en la Fig. 1.

Todos los elementos técnicos que describen a la vía férrea y su estado técnico, están presentes en el tramo que atiende una brigada de vía. En ese mismo lugar están se encuentran todos los parámetros que definen

su estado técnico, que a su vez deben decidir la planificación de las actividades de mantenimiento y reparación. De manera que, el tramo de vía atendido por una brigada constituye la célula donde están presentes todas las características del problema que se estudia.

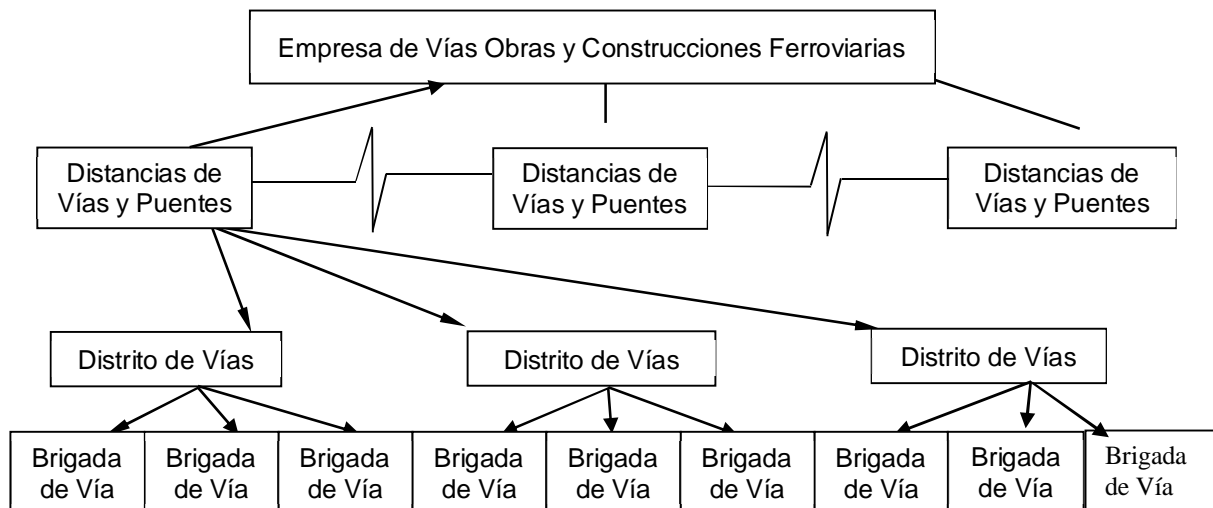


Fig. 1 Estructura organizacional para el Mantenimiento de Vías Férreas.

Aportes prácticos esperados del trabajo.

El presente trabajo aportará el software Sistema de Gestión para la Reparación y Mantenimiento de la Vía Férrea (SISVIF), que desde el punto de vista práctico representa:

- Disponer del inventario de vía, que recoge las características técnicas que describen cada tramo.
- Actualizar sistemáticamente el diagnóstico y evaluación del estado técnico de la vía, teniendo en cuenta la incidencia de la simultaneidad de los defectos sobre la seguridad del movimiento de trenes.
- Posibilitará tomar decisiones técnicamente fundamentadas sobre la prioridad de las reparaciones y mantenimientos de la vía férrea.

A estas bondades se le adiciona el carácter dinámico del sistema, que posibilita la actualización constante de los elementos que lo componen y las facilidades de acceso a la información, a partir de los permisos para los que se diseña.

Herramientas, Tecnologías y Metodología.

La aplicación fue realizada en la plataforma Eclipse utilizando como lenguaje de programación JAVA. Como gestor de base de datos se utilizó PostgreSQL y para la metodología de análisis y diseño se usó la metodología RUP, con el lenguaje UML. Para los reportes se utilizó *iReport*, que es un constructor / diseñador de informes visuales.

Las herramientas, tecnologías y metodologías seleccionadas en este trabajo, se consideran rápidas, eficientes y de gran actualidad, lo que permitirá que el trabajo propuesto tenga la calidad requerida. Por todo lo antes expuesto se considera de gran importancia la realización de este proyecto, unido al interés expresado por la Unión de los Ferrocarriles de Cuba.

La obtención del Modelo de análisis y diseño constituye uno de los principales objetivos dentro del sistema. El análisis consiste en obtener una visión del sistema, de modo que sólo se interesa por los requisitos

funcionales. Por otro lado, el diseño es un refinamiento del análisis que tiene en cuenta los requisitos no funcionales. Se obtendrá además un Modelo de datos que servirá para la creación de la base de datos que utilizará el sistema. Para poder realizar un correcto diseño del sistema en cuestión, se requiere de la creación de Diagramas de Clases, se deben realizar además los Diagramas de Interacción, dados por los Diagramas de Secuencia. También se describen los patrones utilizados para la arquitectura y para el diseño.

Partiendo de la Fig. 1 la información referida a las características del tramo de vía de una brigada se puede informatizar, constituyendo la estructura básica, que al unirse con el resto de las brigadas constituyen el Distrito de Vías. Enlazando los Distritos de Vía se dispondrá de la información técnica de la red ferroviaria perteneciente a una Distancia de Vías, las que al unirse posibilitará disponer de la información técnica de la red ferroviaria del país. A partir de la información y la herramienta técnica que se elaboren, podrá perfeccionarse el sistema de gestión para el mantenimiento y reparación de la vía férrea.

Para lograr este objetivo se elabora:

Expediente dinámico de la vía: Que contiene el *Inventario* de las características técnicas de la vía, las mediciones de diferentes parámetros técnicos que constituyen el *Diagnóstico* que posibilitará la *Evaluación* del estado técnico, sobre la base de los requerimientos de las Normas Cubanas y Normas Ramales del Ministerio de Transporte.

Sobre la base de la *Evaluación* y los recursos existentes, se define la *Planificación* de las tareas de mantenimiento o reparación de la vía, que una vez ejecutadas y a través del *Control*, modifican el *Diagnóstico* y *Evaluación* del tramo donde se intervino.

El proceso se resume en la Fig. 2. Este trabajo comprende las tareas resaltadas.

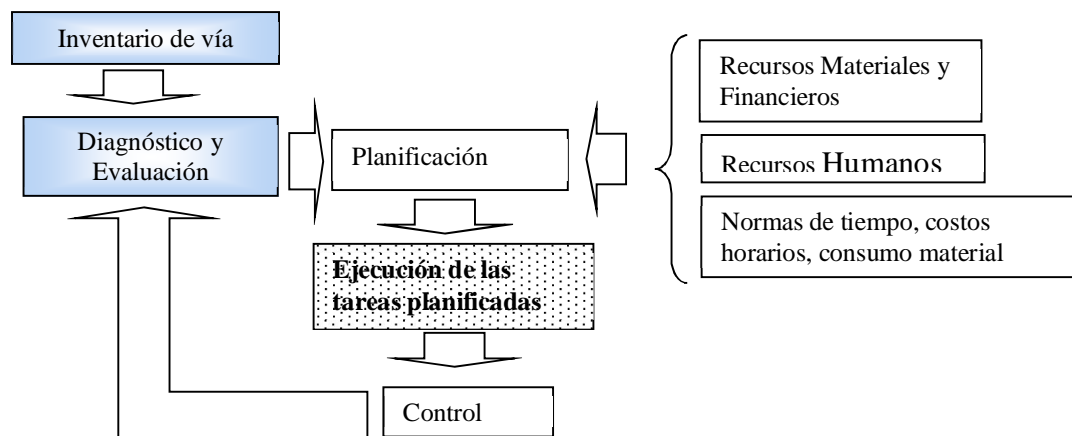


Fig. 2. Proceso de gestión para el mantenimiento y reparación de las vías férreas.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diseño de la interfaz

Para el diseño de la interfaz se tuvo en cuenta las siguientes características: sencillez, claridad y facilidad de manipulación, pues ello le viabiliza al usuario la accesibilidad efectiva a la información. El sistema implementado cumple con las características propias de una aplicación de escritorio basada en el modelo cliente - servidor.

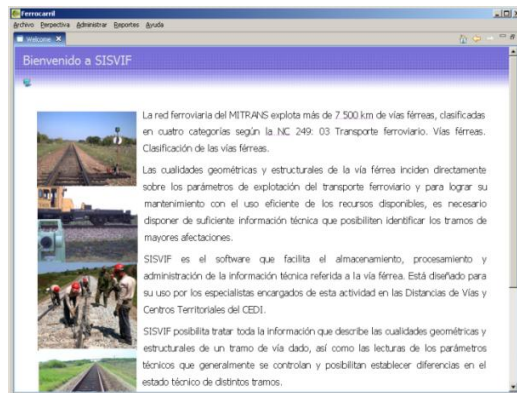


Fig. 3 Interfaz principal.

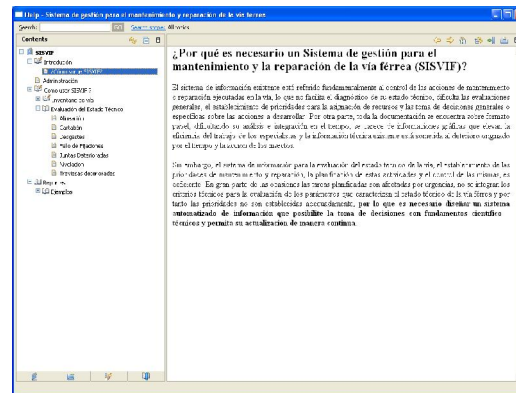


Fig. 4 Interfaz de la ayuda.

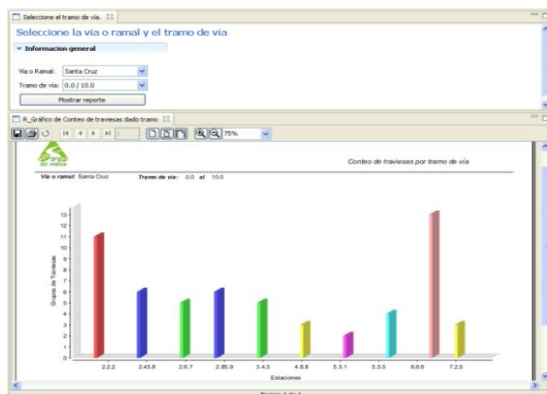


Fig. 5 Reporte Conteo de traviesas deterioradas

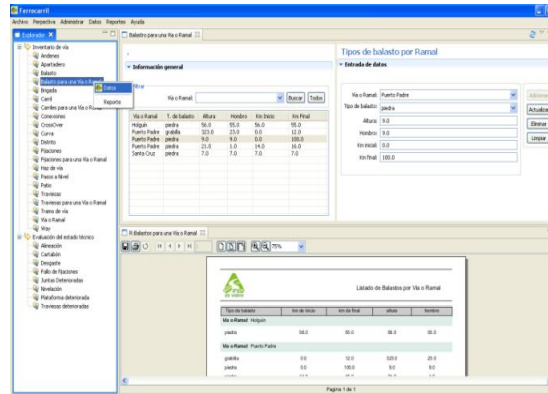


Fig. 6. Interfaz de sistema

Fig. 7. Fórmula para calcular el Cartabón de la Vía

$$(Lectura - 1441mm) \leq 9mm = (1431mm - Lectura) > 4mm = DLec. I$$

$$(Lectura - 1441mm) \geq 9mm = DLec. 2$$

$$Puntuación = \sum DLec. 1 + \sum 2.DLec. II$$

Fig. 8. Fórmula para calcular Conteo de traviesas.

$$Puntuación = \sum [n (N_{GRUPO\ EXT.})^2] + \sum [n (N_{GRUPO\ INT.})] + \sum \text{Platinas en mal estado}$$

Donde:

$N_{GRUPO\ EXT}$, $N_{GRUPO\ INT}$, Cantidad de fijaciones deterioradas de manera consecutiva, exteriores o interiores. Se establecen distintos grupos, Grupos de 1 fijación deteriorada, grupos de 2, 3, 4,...

n , Cantidad de un mismo grupos de fijaciones consecutivas deterioradas.

Fig. 9. Fórmula para calcular Fallo de fijaciones

En el caso de la nivelación se encuentra la nivelación recta y la curva. En la nivelación recta la expresión utilizada es:

$$\sum n (\text{lectura} - \text{lectura permisible}) + 2n (\text{lectura} - \text{seguridad}) + n (\text{lectura alterna} - \text{lectura alterna permisible})^2$$

Donde:

n: cantidad de estaciones que no cumplen la condición (lectura – permisible) > 0

En la nivelación recta la expresión utilizada es:

$$\sum n [(\text{lectura} - \text{hcálculo}) - \text{permisible}] + 2n [(\text{lectura} - \text{hcálculo}) - \text{seguridad}]$$

Donde:

hcálculo: es el peralte de la curva calculado por el sistema

Fig. 10. Fórmula para determinar la Nivelación el carril

Resulta de significativa importancia conocer, desde los primeros momentos del desarrollo de un software, los beneficios que este aporta en todos los sentidos con el objetivo de determinar si su implementación resulta factible o no.

El objetivo fundamental de la evaluación económica es evaluar la inversión del software a partir de criterios cuantitativos y cualitativos. En el primer criterio mencionado se encuentran los más representativos y usados para tomar decisiones de inversión, es decir se refiere al Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR) y la Razón Costo / Beneficio o Índice de Rentabilidad.

La importancia del estudio de factibilidad económica radica en que un proyecto puede resultar técnicamente aceptable, pero en cuanto a su factibilidad económica no lo sea, por lo tanto, solamente comparando los costos con los beneficios se puede determinar la solución óptima. El estudio de factibilidad económica contiene las siguientes inversiones en: terrenos, infraestructura, equipamiento, recurso humano y planificación de la operación.

Beneficios tangibles e intangibles.

Beneficios tangibles

No es un sistema con fines comerciales, aunque puede ampliarse con estos fines, adaptarse a otras empresas u organismos que trabajen con datos del mantenimiento y la reparación de la vía férrea, además puede ser empleado en otras ciudades del país.

Los beneficios tangibles que se observan con esta aplicación en la empresa son, una reducción en el costo telefónico, además del costo por empleados que debían tener para poder realizar estas tareas. En cuanto al tiempo de demora en la realización de los trámites, si se compara como se realizaba sin el sistema y como se hace actualmente, es mucho menor.

El software realiza la evaluación de los tramos de vía sobre la base de fundamentos científico técnico, elevando la calidad del proceso, posibilitando las prioridades de intervención y reduciendo considerablemente el gasto innecesario de recursos y mano de obra para la realización de estas tareas. Se cuenta con un inventario de vía, que comprende todas las características geométricas y estructurales de la vía que anteriormente no se tenían, es bueno resaltar que los datos gestionados tienen un profundo nivel de detalle.

Se pretende que en próximas versiones el sistema sea capaz de realizar una evaluación más integral a través de medición de los desgastes de los rieles de las líneas férreas, así como la medición de las desviaciones que puedan presentarse en los mismos, para definir cuando hay que dar mantenimiento, reparación o cambio total de las mismas.

Beneficios intangibles.

- ✓ Mejor calidad y confiabilidad de la información que se requiere para conocer el desempeño del servicio.
- ✓ Mejoramiento en las condiciones de trabajo de los especialistas del servicio.
- ✓ Mayor aceptación del servicio en la población.
- ✓ Perfeccionamiento del proceso de toma de decisiones.
- ✓ Mayor racionalidad en el uso de los recursos financieros, materiales u humanos asignados a la actividad de reparación y mantenimiento de vías férreas.
- ✓ El llegar a ser más competitivo en los servicios al cliente.
- ✓ El mejoramiento de la imagen del negocio.

Punto de equilibrio.

En estos momentos, uno de los problemas más graves que enfrenta los ferrocarriles en su desarrollo es la descapitalización de los recursos humanos. Se carece de personal técnico y especialistas de alto nivel con suficiente entrenamiento en la organización del trabajo, el control del estado técnico de la vía férrea y la toma de decisiones estratégicas.

En este contexto, el software desarrollado con el presente trabajo constituye una herramienta eficaz para el propósito de disponer de la información técnica necesaria que posibilite toma de decisiones acertadas en función del estado técnico de la vía y los recursos financieros, materiales y humanos disponibles.

No existe precedente en el país de un trabajo similar, por lo que no existen antecedentes que permitan calcular el punto de equilibrio al tratarse de una investigación nueva.

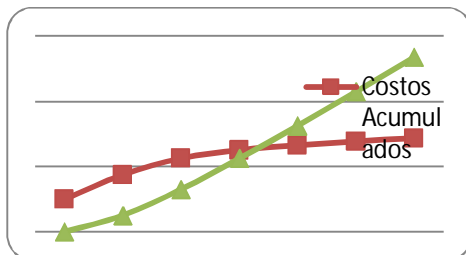


Fig: 11. Gráfico de retorno de la inversión

Impacto Medio Ambiental.

La implementación del Sistema de Gestión para la Reparación y el Mantenimiento de Vías Férreas posibilitará en primer orden, el uso racional de los recursos materiales y con ello reducirá el impacto ambiental que provocan las acciones de reparación y mantenimiento de la vía férrea que consumen grandes volúmenes de traviesas de hormigón, aceros especiales y piedra triturada. Para la fabricación de estos materiales se requiere del consumo de grandes cantidades de energía y generalmente producen otros impactos sobre el medio ambiente.

Adicionalmente, pueden darse impactos ambientales y socioculturales adversos en proyectos tanto de construcción como de mantenimiento, como resultado de la contaminación del aire y del suelo, proveniente

de las plantas de asfalto, el polvo y el ruido del equipo de construcción, el uso de pesticidas, derrame de combustibles y aceites, la basura y en proyectos grandes, la presencia de mano de obra no residente.

Por otra parte, propiciará la rehabilitación del transporte ferroviario, a partir del rescate de las cualidades geométricas y estructurales de la vía férrea, originando el incremento paulatino de la calidad de los servicios ferroviarios en la transportación de pasajeros y cargas. El incremento de las transportaciones ferroviarias generará la reducción de las transportaciones por carreteras que resultan más contaminantes.

Impacto del software en la Preparación para la defensa.

El transporte ferroviario reviste especial importancia estratégica para la defensa. La transportación de grandes volúmenes de materiales bélicos, tropas o traslado de la población a zonas seguras están entre las principales funciones de los ferrocarriles en las etapas iniciales de la guerra. En etapas posteriores, es de suponer la destrucción parcial de la infraestructura ferroviaria.

La información que desarrollará el software permitirá establecer los recursos requeridos en cualquier etapa de la agresión para restablecer el paso del transporte ferroviario, constituyéndose en una herramienta indispensable para ese propósito.

4. CONCLUSIONES

Con la implantación exitosa del sistema, se le da solución a un notable problema que enfrentan hoy los ferrocarriles de Cuba, insuficiente información técnica sobre el estado técnico de la vía férrea, lo cual implica un mejoramiento en el sistema de mantenimiento y reparación, en las condiciones de trabajo de los técnicos y especialistas, así como el aumento de la eficiencia y eficacia de las inversiones a partir de la reducción de los costos relacionados con los recursos materiales y humanos empleados para realizar estas tareas. Además, se crea una nueva y rápida vía de actualización de la información.

Se ha puesto en práctica una solución con un diseño e implementación fácil de manipular por los usuarios y futuros programadores que puedan darle mantenimiento al sistema.

El diseño e implementación del sistema, garantiza el análisis de la información referida al mantenimiento y la reparación de la vía férrea. Las salidas mostradas al usuario permiten que se tomen decisiones acertadas, apoyadas en herramientas técnicas y auxiliadas por gráficos que eleven la calidad del trabajo de los especialistas.

Se determinó que el desarrollo de la aplicación es realmente factible, siendo indudable la revolución que experimentará esta aplicación en Cuba.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alias, J. y Valdés, A. (1990) *La vía del ferrocarril*. Madrid: Ed. Bellisco.

Álvarez, S., & Hernández, A. (2000). *ADOOSI - UML: Metodología para el desarrollo de aplicaciones con tecnología orientada a objetos utilizando notación UML*. La Habana, Cuba: [s.n].

Crespo, C. (2004) *Vías de comunicación-Caminos, ferrocarriles*. Ed. Nogueira Editores

Daum, B (s.a). *ProfessionalEclipse3forJavaDevelopers*, Wrox,2004.[s.l]: [s.n].

Fernández, P. (2005) *Cálculo de tracción para la proyección de las vías férreas*. Tesis de maestría. Universidad de Camagüey. Camagüey, Cuba.

García, J. (1971) *Tratado de Explotación de Ferrocarriles*. La Habana: Edición Revolucionaria.

<http://www.Rup/rup-agil.html>

Jacobson, I., Booch, G. y Rumbaugh, J. (2004). *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. (Vol.1 -2) La Habana, Cuba: Ed. Félix Varela.

Jiménez, L. (1986) *Vía férrea II*. La Habana: ENPES.

- Larman, C. (2004). *UML y Patrones. Introducción al análisis y diseño orientado a objetos*. (Vol. 1-2). La Habana, Cuba: Ed. Félix Varela.
- López, A. (2006) *Infraestructura Ferroviaria*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña.
- Losada, M. (1991) *Estructura de la vía*. Madrid: Servicio de publicaciones. Universidad Politécnica de Madrid.
- Martínez, W. y Cadenas, Ileana. (2007). *Modernización de la vía Férrea*. Recuperado el 25 de mayo de 2012, del FTP de la Universidad de Camagüey: ftp://conserver/biblioteca_virtual/posgrados.
- Martínez, W. y Cadenas, Ileana. (2007). *Tendencias actuales en el diseño Estructural de la Vía Férrea*. Recuperado el 25 de mayo de 2012, del FTP de la Universidad de Camagüey: ftp://conserver/biblioteca_virtual/posgrados.
- Martínez, W. y Cadenas, Ileana. (2007) *Tendencias actuales en el diseño Geométrico de la Vía*. Recuperado el 25 de mayo de 2012, del FTP de la Universidad de Camagüey: ftp://conserver/biblioteca_virtual/posgrados.
- Metodologías ágiles RUP*. (s.f). [en línea]. Recuperado el 24 de febrero de 2012 de
- MITTRANS. (2003). *Itinerario 14*. La Habana: autor.
- Olivares, F.; López, A. y Mejías, M. (1979) *Tratado de Ferrocarriles. Vías*. Ciudad de La Habana: Editorial Científica Técnica.
- Plataforma de cliente rico*. (s.f). [en línea]. Recuperado el 27 de febrero de 2019, de <http://www.ammeza.com/>
- Pressman, R. (2002) *Ingeniería del software, un enfoque práctico*. (Parte 1 y 2). La Habana, Cuba: Ed. Félix Varela.
- Radeck, K. (s.f). *C# and Java: Comparing Programming Language*. Microsoft Corporation [en línea]. Recuperado el 18 de febrero de 2012, de <http://msdn.microsoft.com/library/default.asp?url=/library/en-us/dncenet/html/tchCJavaComparingProgrammingLanguages.asp>
- Resolución 124-95: parámetros de la vía*. (1995). En *Gaceta Oficial de la República*. Ministerio de Transporte. Cuba.
- Shajunianz, G. M. (1969) *La vía férrea*. Moscú: Editorial Transport.