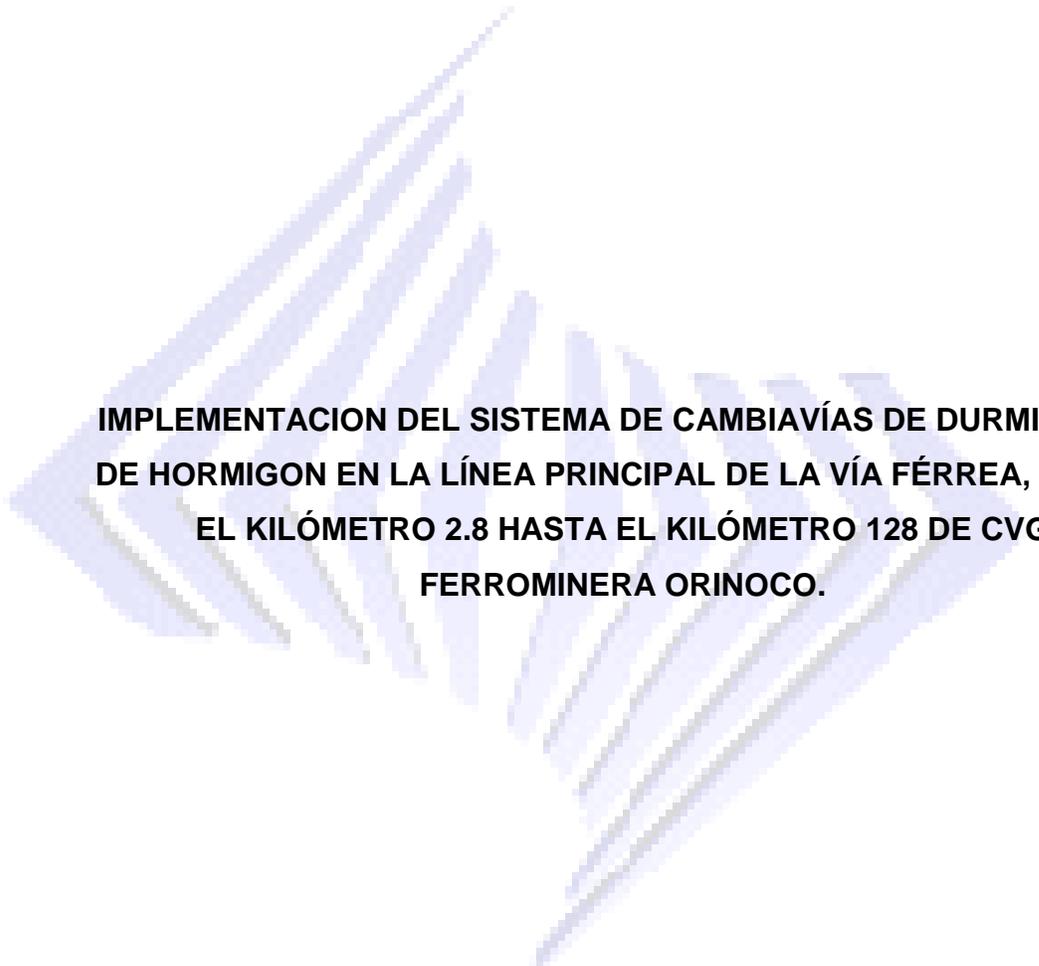


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
"ANTONIO JOSE DE SUCRE"
VICE-RECTORADO DE PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS DE DURMIENTES
DE HORMIGON EN LA LÍNEA PRINCIPAL DE LA VÍA FÉRREA, DESDE
EL KILÓMETRO 2.8 HASTA EL KILÓMETRO 128 DE CVG
FERROMINERA ORINOCO.

Autor: Malavé Rosas, José Manuel

CIUDAD GUAYANA, NOVIEMBRE DEL 2013



**IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS DE DURMIENTES
DE HORMIGON EN LA LÍNEA PRINCIPAL DE LA VÍA FÉRREA, DESDE
EL KILÓMETRO 2.8 HASTA EL KILÓMETRO 128 DE CVG
FERROMINERA ORINOCO.**

U
N
E
X
P
O

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
"ANTONIO JOSE DE SUCRE"
VICE-RECTORADO DE PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS DE DURMIENTES
DE HORMIGON EN LA LÍNEA PRINCIPAL DE LA VÍA FÉRREA, DESDE
EL KILÓMETRO 2.8 HASTA EL KILÓMETRO 128 DE CVG
FERROMINERA ORINOCO.

Autor: **Malavé Rosas, José Manuel**

Trabajo de Grado presentado ante el Departamento de Ingeniería Industrial
de la UNEXPO Vicerrectorado Puerto Ordaz como requisito para optar
al título de ingeniero industrial.

Tutor Académico: Ing. Andrés Blanco

Tutor Industrial: Ing. Julaida Piamo

Ciudad Guayana, Noviembre del 2013

Malavé Rosas, José Manuel (2013)

**IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS DE DURMIENTES
DE HORMIGON EN LA LÍNEA PRINCIPAL DE LA VÍA FÉRREA, DESDE
EL KILÓMETRO 2.8 HASTA EL KILÓMETRO 128 DE CVG
FERROMINERA ORINOCO.**

142 Páginas.

Trabajo de Grado.

Universidad Nacional Experimental Politécnica "*Antonio José de Sucre*".
Vice-Rectorado Puerto Ordaz. Departamento de Ingeniería Industrial.

Tutor Académico: Ing. Andrés Blanco

Tutor Industrial: Ing. Julaida Piamo

Lista de Referencia Página: 132

Apéndices Página: 141

Capítulos: I. El Problema, II. Generalidades de la Empresa, III.
Marco Teórico, IV. Marco Metodológico, V. Situación Actual, VI.
Análisis de Resultados. Conclusiones. Recomendaciones.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA



“ANTONIO JOSE DE SUCRE”
VICE-RECTORADO DE PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO



ACTA DE APROBACIÓN

Quienes suscriben, Miembros del Jurado Evaluador asignado por la Comisión de Trabajo de Grado del Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad Nacional Experimental Politécnica *“Antonio José de Sucre”*. Vice-Rectorado Puerto Ordaz, para examinar el Trabajo de Grado presentado por El **Br. Malavé Rosas, José Manuel**, portador de cedula de identidad V-21.248.880. Titulado: **“IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS DE DURMIENTES DE HORMIGON EN LA LÍNEA PRINCIPAL DE LA VÍA FÉRREA, DESDE EL KILÓMETRO 2.8 HASTA EL KILÓMETRO 128 DE CVG FERROMINERA ORINOCO”**. Para optar al título de Ingeniero Industrial, se considera que dicho Trabajo de Grado cumple con los requisitos exigidos por tal efecto y por lo tanto lo declaramos: **APROBADO.**

Ing. Andrés Blanco
Tutor Académico

Ing. Julaida Piamo
Tutor Industrial

Ing. Mirella Andara
Jurado Evaluador

Ing. Mónica Torres
Jurado Evaluador

Ciudad Guayana, Noviembre del 2013

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico primero que nada a mi Dios porque me permite ver la luz y respirar el aire todos los días, por su infinita misericordia, por ser mi guía y cubrirme con su sangre preciosa en todo momento.

Se lo dedico de todo corazón a mi madre Carmen Rosas, por ser la persona que siempre estuvo ahí para apoyarme, aconsejarme y corregirme a cada instante, a mis dos padres Roberth Becerra y José Antonio Malavé porque siempre fueron sustento y me brindaron palabras sabias y alentadoras cuando quise desmayar.

A mis hermanos, Roberth David Becerra, Laura Becerra, José Antonio Malavé; Diego Malavé y Fiorella Malavé porque sirvieron de motivación para seguir siendo un ejemplo a seguir.

A toda mi familia, a todos aquellos los que creyeron en mí y a los que no también.

ESTO ES PARA USTEDES CON MUCHO AMOR...

AGRADECIMIENTOS

Quiero darle mis más sinceros agradecimientos primeramente a mi Dios todopoderoso, por darme sabiduría y entendimiento de lo alto, gracias por todo señor.

A mi madre Carmen Rosas, por todos los sacrificios que tuvo que hacer por mí, te lo retribuiré mama.

A mis dos padres, Roberth Becerra y José Antonio Malavé, siempre estuvieron ahí para brindar su apoyo y ayuda.

A mi abuela, Ambrosia Bethelmy por ser una mujer tan atenta, servicial y sabia.

Al Ing. Andrés Blanco, Sin su valiosa asistencia y orientación, este trabajo no se hubiese logrado. A pesar de todas tus ocupaciones siempre estuvo a la orden y dispuesto a sacar este trabajo adelante.

A la UNEXPO, mi alma máter, casa que me brindó la oportunidad de formarme como profesional y hogar de profesores como: Natasha A., Jairo P., Emerson S., Luis V., Lucymary A., Scandra M., y muchos más, que sin duda, aportan su granito de arena en nuestro crecimiento.

A mis amigos con los cuales compartí durante toda mi carrera momentos buenos y malos, pero siempre estuvieron ahí hasta el final:

Mario Cassiani, Alfredo Hernández, Paola y Johana Durango, Keyla Huertas, Nelson Castañeda, Noelibeth Leal, Rafael Macuarisma, Jesús

García, Jesús Farfán, Emidres Malpa, Keylin Maita, Petra Natera Mil gracias a todos y cada uno se les quiere.

A CVG FERROMINERA ORINOCO C.A, por haberme dado la oportunidad de realizar mi trabajo de pasantía dentro de sus instalaciones, y poder desarrollar mi intelecto en el campo laboral.

A mi Tutora Industrial, Ingeniero Julaida Piamo, más que una tutora, una gran amiga, gracias por tus sabios consejos y porque dentro del gran trabajo que tienes, pudiste tomar un poco de tu tiempo para atender todas mis dudas, corregir mis errores y poder entregar un trabajo de calidad, siempre con una actitud positiva y servicial en todo momento.

A toda la Superintendencia de Conservación de Vías por apoyarme en este trabajo. A mis amigos y compañeros, en especial a: Wilfredo Boada, Luis Carelly, José Campos, Jesús Ortiz, Richard Rondón, Richard Yáñez, Juvenal Rodríguez, Wuilman Rivera, Santiago Betancourt, ya que siempre estuvieron presentes para brindarme su apoyo y despejar dudas.

Y además de todas aquellas personas que en algún momento me brindaron su apoyo para la elaboración y culminación de este trabajo.

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD NACIONAL EXPERIMENTAL POLITÉCNICA
“ANTONIO JOSE DE SUCRE”
VICE-RECTORADO DE PUERTO ORDAZ
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
TRABAJO DE GRADO

**IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS DE DURMIENTES
DE HORMIGON EN LA LÍNEA PRINCIPAL DE LA VÍA FÉRREA, DESDE
EL KILÓMETRO 2.8 HASTA EL KILÓMETRO 128 DE CVG
FERROMINERA ORINOCO.**

Autor: Malavé R. José M.

Tutor Académico: Ing. Andrés Blanco.

Tutor Industrial: Ing. Julaida Piamo.

RESUMEN

El presente trabajo, realizado en la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras de la Gerencia de Ferrocarril de CVG Ferrominera Orinoco, consiste en la implementación del sistema de cambiavías de durmientes de hormigón, el cual se enmarca en el Tipo de Investigación denominada descriptiva, evaluativa y de campo con diseño documental de campo no experimental. La recolección de la información se realizó empleando técnicas como la observación directa, entrevistas y consultas académicas; luego se procedió a describir la situación actual del sistema de cambiavías, análisis de fallas, propuestas de mejora para este, se determinó la nueva alternativa de durmientes de hormigón y se calculó los costos asociados de cada uno. En base a estos resultados, se diseñó un plan de implementación y seguimiento de la propuesta. La importancia del estudio radica en que éste permitió comparar ambos sistemas de cambiavías, identificar el problema y determinar las causas que lo originan con el fin de plantear medidas factibles orientadas a mejorar la situación.

Palabras Claves: Cambiavías, Vía Clásica, Vía Elástica, Durmientes de Hormigón, Durmientes de Concreto, Fijaciones.

ÍNDICE GENERAL

Contenido

INDICE DE FIGURAS	xiv
INDICE DE TABLAS	xv
INDICE DE GRÁFICAS	xvi
INTRODUCCIÓN	17
CAPITULO I. EL PROBLEMA.....	19
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	22
1.2.1 OBJETIVO GENERAL	22
1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	22
1.3 JUSTIFICACIÓN O IMPORTANCIA	22
1.4 DELIMITACIÓN O ALCANCE.....	23
CAPITULO II. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	24
2.1 LA EMPRESA	24
2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	25
2.3 FILOSOFÍA DE LA EMPRESA	26
2.3.1 FILOSOFÍA DE GESTIÓN EMPRESARIAL.....	26
2.3.2 MISIÓN	26
2.3.3 VISIÓN.....	26
2.3.4 VALORES.....	27

2.4 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA	29
2.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA	31
2.5.1 GERENCIA DE FERROCARRIL.....	31
2.5.2 ALCANCE FUNCIONAL DE LA GERENCIA DE FERROCARRIL.....	31
2.5.3 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA GERENCIA DE FERROCARRIL	32
2.5.4 SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO DE VÍAS Y ESTRUCTURAS.....	33
CAPITULO III. MARCO TEÓRICO	36
3.1 ESTUDIO ECONÓMICO.....	36
3.1.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	37
3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD.....	37
3.2.1 RECURSOS DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD	38
3.2.2 BASES PARA LA COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS	40
3.3 CRITERIOS DE DECISIÓN	40
3.4 COSTOS.....	40
3.5 CONTABILIDAD DE COSTOS	41
3.6 COSTO DE OPERACIÓN.....	41
3.7 DEPRECIACIÓN.....	42
3.7.1 MÉTODOS DE DEPRECIACIÓN.....	42
3.8 VÍAS.....	44
3.9 CAMBIAVÍAS	45
3.9.1 COMPONENTES	45
3.10 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO.....	47
3.10.1 CARACTERÍSTICA DE UN DIAGRAMA ISHIKAWA.....	48

3.11.1 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS FODA	49
3.11.2 ÁREAS DE ACCIÓN DEL ANÁLISIS FODA	50
3.12 DIAGRAMA DE PARETO	51
3.12.1 PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO	52
3.13 PROCESO ANALITICO JERARQUICO.....	52
3.13.1 PROCEDIMIENTO PARA EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO.	53
3.14 GLOSARIO DE TERMINOS	54
CAPITULO IV. MARCO METODOLÓGICO.....	58
4.1 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN	58
4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA	59
4.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	60
4.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	60
4.6 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN.....	61
4.6.1 RECURSOS MATERIALES	63
4.6.2 RECURSOS HUMANOS	63
CAPÍTULO V. SITUACIÓN ACTUAL	64
5.1 SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE CAMBIAVIAS DE VIA CLASICA.	64
5.1.1 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS	66
5.2 INSPECCIÓN DE CAMBIAVÍAS.....	67
5.3 DESCRIPCION EL SISTEMA DE CAMBIAVIAS ACTUAL	71
5.3.1 UBICACIÓN DE LOS CAMBIAVÍAS.....	73
5.4 ANÁLISIS DE FALLAS PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS ACTUAL.....	75

5.5 ANALISIS FODA PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS ACTUAL.	81
CAPÍTULO VI. ANÁLISIS DE RESULTADOS	84
6.1 ESTRATEGIAS DE MEJORA PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS ACTUAL.....	84
6.2 DETERMINAR LA NUEVA ALTERNATIVA TECNOLOGICA	88
6.2.1 EVALUACIÓN DE LA NUEVA ALTERNATIVA TÉCNICA: INSTALACION DE DURMIENTES DE HORMIGON, FIJACIONES VOSSLOH Y REBALADERAS DE RODILLO.	89
6.2.2 PROCESO ANALITICO DE JERARQUIZACION	98
6.3 CALCULO DE COSTOS ASOCIADOS.....	107
6.3.1 EVALUACION ECONOMICA PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVIAS DE VIA CLASICA.....	107
6.3.2 EVALUACION ECONOMICA PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVIAS DE VIA ELASTICA.....	113
6.4 PLAN DE EJECUCION PARA LA NUEVA ALTERNATIVA TECNOLOGICA.....	118
CONCLUSIONES	123
RECOMENDACIONES.....	127
REFERENCIAS	128
ANEXOS	130
Anexo 1. Ferros 4501.	131
Anexo 2. Escala de Saaty.....	131
Anexo 3. Costos de operación y mantenimiento anuales del sistema de cambiavías.....	132
Anexo 4. Tabla de Flujo de Efectivo Discreto, Factores de interés Compuesto 2 %.....	133

Anexo 5. Tabla de Flujo de Efectivo Discreto, Factores de interés Compuesto 15%.....	134
Anexo 6. Promedio del incremento interanual de la inflación.	135
Anexo 7. Ficha técnica fijaciones Vossloh.....	135
Anexo 8. Ficha técnica sistema de rodillos Schwihag.....	136
APÉNDICES	137
Apéndice A. Cálculo del peso de las causas (W) y de la Razón de Inconsistencia (RI).	138
Apéndice B. Inversión inicial del sistema de cambiavía.....	138

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Geográfica de la Empresa.....	25
Figura 2. Estructura Organizativa de CVG Ferrominera Orinoco.....	30
Figura 3. Estructura Organizativa de la Gerencia de Ferrocarril	33
Figura 4. Estructura Organizativa de la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras.....	35
Figura 5. Cruzamiento o Rana.	46
Figura 6. Disposición del contra riel.....	47
Figura 7. Ejemplo de diagrama Causa - Efecto.	48
Figura 8. Diagrama Ishikawa. Sistema de Cambiavías.....	65
Figura 9. Cambiavías.....	68
Figura 10. Abertura en la Barra de Conexión.	68
Figura 11. Separación en el Talón de la Aguja.	69
Figura 12. Abertura de Trocha en Desvío.....	69
Figura 13. Trocha de lado izquierdo de la rana.....	70

Figura 14. Vista frontal de a punta de Rana.	70
Figura 15. Cambiavía actual.	72
Figura 16. Sistema de cambiavías lineal principal.	74
Figura 17. Diagrama de Ishikawa Durmientes.	79
Figura 18. Diagrama de Ishikawa Fijaciones.	80
Figura 19. Durmientes de hormigón.....	90
Figura 20. Layout durmiente de hormigón.	92
Figura 21. Vista superior fijaciones Vossloh.	94
Figura 22. Vista frontal fijaciones Vossloh.	95
Figura 23. Ensamblaje de fijaciones Vossloh.	95
Figura 24. Dispositivos de rodillos Schwihag.	97
Figura 25. Funcionamiento de rodillos Schwihag.....	97
Figura 26. Diagrama de árbol del Proceso Analítico Jerárquico.	99
Figura 27. Pesos del diagrama de árbol del Proceso Analítico Jerárquico.	105
Figura 28. Flujo de caja para calcular valor futuro del sistema de cambiavías de vía clásica.	108
Figura 29. Flujo de caja para calcular valor presente de sistema de cambiavías de vía clásica.	110
Figura 30. Flujo de caja para calcular valor presente de sistema de cambiavías de vía elástica.....	114

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Frecuencia de fallas.....	76
Tabla 2. Análisis FODA.....	85
Tabla 3. Especificaciones técnicas durmientes de hormigón.....	91
Tabla 4. Matriz de comparación A.	100
Tabla 5. Matriz de comparación A “normalizada”.....	101

Tabla 6. Matriz de comparación A1 de C1.....	102
Tabla 7. Matriz de comparación A1 de C1 “normalizada”.....	103
Tabla 8. Matriz de comparación A2 de C2.....	103
Tabla 9. Matriz de comparación A2 de C2 “normalizada”.....	104
Tabla 10. Matriz de comparación A3 de C3.....	104
Tabla 11. Matriz de comparación A3 de C3 “normalizada”.....	104
Tabla 12. Pesos totales.....	107
Tabla 13. Resumen de resultados para los índices económicos calculados para el sistema de cambiavías de vía clásica.....	112
Tabla 14. Resumen de resultados para los índices económicos calculados para el sistema de cambiavías de vía elástica.....	115
Tabla 15. Resumen de Índices Para la Alternativa de vía clásica y vía elástica.....	117
Tabla 16. Plan de ejecución.....	120

INDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Diagrama de Pareto.....	77
------------------------------------	----

INTRODUCCIÓN

La Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras, se encuentra adscrita a la Gerencia de Ferrocarril de la empresa C.V.G Ferrominera del Orinoco C.A. Tiene como misión conservar en condiciones óptimas las vías férreas desde el kilómetro 2,8 hasta el kilómetro 106 respectivamente. Para cumplir con su misión, es necesario realizar acciones que permitan el tráfico seguro y continuo de los trenes, y así garantizar el suministro de mineral fino, grueso y derivados, a clientes internos y externos.

Para ello se desea implementar un sistema de cambiavías de durmientes de hormigón, pues presenta mayor vida útil y realiza una mejor distribución de esfuerzos y cargas transversales, disminuyendo los considerablemente los costos de mantenimiento, las probabilidades de descarrilamiento y por consiguiente un aumento significativo de la cantidad de mineral transportado.

Dicha implementación permitirá que CVG Ferrominera Orinoco, conozca cuál es la situación actual del sistema de cambiavías de vía clásica, esté al tanto de cuáles son las últimas tecnologías utilizadas en materia de cambiavías, las mejoras que estas pueden ofrecer al tráfico ferroviario y cuáles son los costos que pueden conllevar la adecuación de esta nueva tecnología, así como la mano de obra, actividades, maquinarias, equipos y el tiempo que puede llevar la ejecución de este proyecto.

Este estudio se realizó con el principal propósito de evaluar un nuevo sistema de cambiavías, de acuerdo con esto, el trabajo estructuró en cinco (05) capítulos:

Capítulo I. El problema: en él se plantea la descripción de la problemática que presenta la Empresa CVG Ferrominera Orinoco, referente

a la obsolescencia del sistema de cambiavías de vía clásica, además de los objetivos del estudio, justificación y el alcance.

Capítulo II. Generalidades de la Empresa: en éste se presentan los aspectos generales de CVG Ferrominera Orinoco, su visión, misión, valores, estructura organizativa.

Capítulo III. Marco Teórico: expone los antecedentes de la investigación y las bases teóricas que sirvieron de guía para la realización del estudio.

Capítulo IV. Marco Metodológico: señala el diseño metodológico que se siguió para realizar este trabajo, el tipo de investigación, la población utilizada para la muestra, así como también las técnicas empleadas para la recolección de datos y las etapas para el desarrollo estructural del trabajo de investigación, el procesamiento y análisis de la información.

Capítulo V. Situación Actual: plantea cuales son las principales causas y efectos que provocan el mal estado del sistema de cambiavías de durmientes de madera (vía clásica), así como la metodología usada para su inspección y mantenimiento.

Capítulo VI. Análisis de Resultados: abarca los resultados obtenidos durante la determinación de una nueva alternativa de cambiavías, un análisis de ellos y las propuestas enfocadas a minimizar los efectos negativos encontrados del sistema actual, además de un plan de implementación de las propuestas planteadas.

Finalmente, se presentan las conclusiones, recomendaciones aportadas, lista de referencias consultadas para la elaboración de esta temática de investigación, anexos y apéndices correspondientes.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

Es necesario explicar de forma clara y detallada cual fue la situación problema tratada, es por ello que en este capítulo se formula el planteamiento de dicho problema, el objetivo general de la investigación y cada uno de los objetivos específicos que ayudaron a alcanzar las metas establecidas. También se demuestra la importancia de la ejecución del proyecto, y por último se especifica el lugar donde se realizó.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

CVG FERROMINERA ORINOCO, se encuentra localizada al sur de Venezuela, en Puerto Ordaz, Estado Bolívar. Es una empresa comercial y del estado venezolano que tiene como función explotar, transportar, procesar y suministrar mineral de hierro y derivados con productividad, calidad y competitividad; de forma sostenible, para abastecer oportunamente a la industria siderúrgica nacional y aquellos mercados internacionales que resulten económicos, estratégicamente atractivos; garantizando la responsabilidad de la empresa y contribuyendo al desarrollo económico del país.

Dentro de su estructura la empresa cuenta con distintas Gerencias cada una con su alcance funcional, siendo la de Ferrocarril la encargada de transporte del mineral fino y grueso, pellas y briquetas hacia los diferentes destinos según el itinerario preestablecido. Esta a su vez, está formada por

siete (7) Superintendencias como lo son: Operaciones Ferroviarias Puerto Ordaz y Ciudad Piar, Mantenimiento de Señales, Talleres Generales, Planificación y Control, Mantenimiento de Equipos Ferroviarios y por último Mantenimiento de Vías y Estructuras. Esta última la encargada de garantizar el tráfico seguro de trenes a través de la ejecución de los programas de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo y de esta manera, dar cumplimiento al itinerario de trenes establecidos en tiempo y cantidad.

Debido al alto tráfico de los trenes a través de los años, la vía férrea se ha ido deteriorando, requiriendo por ello, esta sea rehabilitada a través de la sustitución de sus elementos (rieles, durmientes, fijaciones, balastos) por nuevos, y de esta forma maximizar la capacidad de tráfico, por realizarse de forma rápida segura y eficiente.

Con el surgimiento de nuevas tecnologías en materia de vías férreas, se ha ido sustituyendo desde aproximadamente hace ocho años la vía clásica por la vía elástica teniendo como prioridades tangentes y curvas de la vía, para finalmente sustituir el sistema de cambiavías, cuya adecuación tecnológica hasta los momentos no se ha llevado a cabo.

Debido a esto, se viene presentando una creciente problemática, ya que, al conservar cambiavías de durmientes de madera (vía clásica), con placas de asiento metálicas y sujeción vertical por medio de clavos de vía, debido a su rigidez, estos no ofrecen la misma amortiguación y distribución de cargas de manera uniforme sobre toda la vía, concentrándose entonces los esfuerzos en puntos específicos, ocasionando por principios de acción y reacción, que se produzca un mayor desgaste y deterioro tanto de trenes y material rodante, como superestructura ferroviaria.

La problemática planteada puede tener origen en las siguientes causas, no se poseen los recursos para adquirir estos nuevos aparatos de

vías; se debe capacitar a la mano de obra para la instalación de esta nueva tecnología, no se posee con los equipos adecuados para la manipulación de durmientes de mayor magnitud, no se han realizado estudios para verificar la factibilidad de estos nuevos equipos.

Esta situación ocasiona las siguientes consecuencias, desgaste y avería de trenes y equipos rodantes, deterioro progresivo de la superestructura ferroviaria (balasto, rieles, durmientes y fijaciones), ya que, los esfuerzos se concentran en puntos específicos de la vía, elevados costos de mantenimiento para la empresa, por ser tecnología obsoleta y de acuerdo con las normas A.R.E.A para el paso seguro de los trenes por los cambiavías, es necesario reducir la velocidad hasta 30 Km/h, por lo cual, si estos se encuentran en malas condiciones, se debe reducir aún más esta velocidad y por consiguiente, generar demoras significativas en el tiempo de viaje de dicho tren.

De no atacar esta problemática de forma rápida, aumentaría las averías de los trenes y equipos rodantes, lo cuales son vitales para el transporte seguro del mineral y el mantenimiento preventivo y correctivo de la vía; ocurriría un deterioro progresivo de los cambiavías, generando que en estos tramos se puedan presentar nuevos sitios críticos.

De la misma forma es importante saber si: ¿Cuáles son las condiciones del actual sistema de cambiavías?, ¿Cuáles son las alternativas técnicas?, ¿Cuáles son los costos de dicha alternativa?, ¿Cuáles son las mejoras que ofrece? y por último, ¿Cuál es la programación para ejecutar dicho sistema? Todas estas son interrogantes que se deben tomar en cuenta.

1.2 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar un estudio del impacto económico para la implementación del sistema de cambiavías de durmientes de hormigón en la línea principal de la vía férrea, desde el kilómetro 2.8 hasta el kilómetro 128 de CVG Ferrominera Orinoco, C.A.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Describir el sistema de cambiavías actual de la línea principal.
2. Realizar un análisis de fallas para el sistema de cambiavías actual.
3. Diseñar estrategias de mejora en base al análisis FODA, para el sistema de cambiavías actual.
4. Determinar la alternativa técnica para la adecuación tecnológica, mediante el proceso analítico jerárquico.
5. Determinar los costos asociados, en función de la alternativa técnica del sistema de cambiavías de durmientes de hormigón.
6. Elaborar una programación para la ejecución del nuevo sistema de cambiavías.

1.3 JUSTIFICACIÓN O IMPORTANCIA

El presente trabajo de investigación permitirá que CVG Ferrominera Orinoco, conozca cual es la situación actual del sistema de cambiavías de vía clásica, esté al tanto de cuáles son las últimas tecnologías utilizadas en materia de cambiavías, las mejoras que estas pueden ofrecer al tráfico ferroviario y cuáles son los costos que pueden conllevar la implementación

de esta nueva tecnología, así el tiempo que puede llevar la ejecución de este proyecto.

1.4 DELIMITACIÓN O ALCANCE

La investigación se desarrolló en la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras, en la Supervisión de Conservación de Vías específicamente perteneciente a la Gerencia de Ferrocarril, la cual se realizó en unas 24 semanas aproximadamente, desde el día 20 de Marzo del 2012 hasta el 20 de Septiembre del 2013, con la finalidad de realizar un estudio económico para la implementación del sistema de cambiavías de vía elástica, en la línea principal de la vía férrea de CVG Ferrominera Orinoco.

CAPITULO II

GENERALIDADES DE LA EMPRESA

En el desarrollo de este capítulo se exponen las generalidades tanto de la empresa como la de las áreas enmarcadas en el proyecto, que permitirán tener una visión más amplia de las funciones, políticas, objetivos, alcance y estructura de cada una de ellas.

2.1 LA EMPRESA

Ferrominera Orinoco es una empresa del Estado, tutelada por la Corporación Venezolana de Guayana (CVG) y adscrita al Ministerio del Poder Popular para las Industrias Básicas y Minería del Gobierno de la República Bolivariana de Venezuela, dedicada a la extracción, procesamiento, comercialización y venta de mineral de hierro y sus derivados en el territorio venezolano, que provee a una acería y cinco plantas de reducción directa y se exporta a diversos países ubicados en Europa, Asia y América Latina.

La Empresa tiene una capacidad instalada de producción de 25 millones de toneladas por año y una explotación constante de sus minas a cielo abierto, ubicadas en el Estado Bolívar. Cuenta con una Estación de Transferencia de mineral ubicada en Boca de Serpientes, frente al Delta del río Orinoco en el Océano Atlántico, que puede almacenar hasta 180 mil toneladas métricas de mineral, lo cual le permite una capacidad de transferencia anual del orden de 6,5 millones de toneladas. Asimismo, opera

una red ferroviaria de 320 kilómetros. Experiencia, calidad y responsabilidad social hacen de CVG Ferrominera Orinoco pilar fundamental de la industria ferrosiderúrgica nacional, garantizando el crecimiento de la cadena productiva del acero y propiciando la generación de productos de valor agregado, para impulsar el desarrollo endógeno de nuestro país.

2.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Geográficamente, CVG Ferrominera Orinoco, se encuentra ubicada en Venezuela (América del Sur), en el Estado Bolívar, específicamente entre Ciudad Piar y Puerto Ordaz. Las operaciones mineras, incluyendo las actividades de exploración geológica de reservas de mineral de hierro, planificación, desarrollo, explotación de minas y trituración, se ejecutan en el distrito ferrífero Piar; y el transporte, procesamiento, almacenaje y despacho de mineral de hierro y sus derivados, se realiza tanto en el distrito ferrífero Piar, como en Puerto Ordaz. (Ver Figura 1).



Figura 1. Ubicación Geográfica de la Empresa.

Fuente. Elaboración propia (2013).

2.3 FILOSOFÍA DE LA EMPRESA

2.3.1 FILOSOFÍA DE GESTIÓN EMPRESARIAL

La Filosofía de Gestión es la manera como una organización define que produce que mercados atenderá, como será su relación, el aporte a las comunidades en las cuales influye y sus planes para operar en el corto, mediano y largo plazo. En CVG Ferrominera esto se hace a través de la misión, visión, valores y la política integral de gestión, entre otros.

CVG Ferrominera, empresa comprometida con el mejoramiento continuo, decidió integrar a la política de la calidad existente, los requisitos en materia de Gestión Ambiental ISO 14001:2005 y de Seguridad y Salud Ocupacional OHSAS 18001:2008. La razón fundamental de esta integración surge ante la presencia de aspectos comunes en los requisitos de cada una de estas políticas; tales como la naturaleza de la empresa, mejora continua y cumplimiento de exigencias legales.

2.3.2 MISIÓN

CVG Ferrominera Orinoco, tiene como misión ser una empresa socialista del pueblo venezolano, administrada por el Estado, base del desarrollo siderúrgico del país, que responda al bienestar humano, donde la participación en la gestión de todos los actores, el reconocimiento del trabajo como único generador de valor y la conservación del medio ambiente, sean las fortalezas del desarrollo de nuestra organización.

2.3.3 VISIÓN

Extraer, beneficiar, transformar y comercializar mineral de hierro y derivados con productividad, calidad y sustentabilidad, abasteciendo

prioritariamente al sector siderúrgico nacional, manteniendo relaciones de producción que reconozcan como único valor creador al trabajo y apoyando la construcción de una estructura social incluyente.

2.3.4 VALORES

La empresa se encuentra comprometida con los siguientes principios y valores corporativos:

Solidaridad: participación solidaria, manifestada en el desprendimiento personal, en el trabajo en equipo, en la colaboración recíproca, en el aprecio y respeto por lo que hace cada quien, y en la manifestación de la igualdad de todos.

Ética: conducta con estricto apego a principios y valores morales, modelando nuestra actuación ante los demás, y desarrollando un impulso que nos convierta en ciudadanos justos, solidarios y felices.

Cultura de Trabajo: labor creadora y productiva, impulsada por la colaboración e iniciativa, con el fin de superar las diferencias y la discriminación entre el trabajo físico e intelectual y reconocer al trabajo como única actividad que genera valor y por tanto, que legitima el derecho de propiedad.

Calidad: herramienta dinamizadora de la sustentabilidad y sostenibilidad de la actividad, con el fin de obtener productos de calidad, de tal modo que compitan exitosamente con las empresas privadas del país y de los otros países con los cuales se intercambian bienes y servicios.

Disciplina: compromiso de cumplir con los deberes y obligaciones que nos exige el trabajo y la misión de la empresa, actuando ordenadamente para lograr los objetivos, cumpliendo con los valores éticos y haciendo lo que se debe de forma entusiasta.

Responsabilidad Ambiental: Incentivo del modelo de producción equilibrada y ambientalmente sustentable, optimizando el uso de los recursos naturales y protegiendo, preservando, restaurando y mejorando el ambiente donde operamos.

Responsabilidad Social: suprema felicidad social y la visión de largo plazo que tiene como punto de partida la construcción de una estructura social incluyente, a fin de formar una nueva sociedad de incluidos, un nuevo modelo social, productivo, socialista, humanista y endógeno.

Honestidad: referencia moral para nuestras actuaciones en el trabajo, vida familiar y social, lo cual significa exhibir una conducta moral en las condiciones de vida, en la relación con el pueblo y en la vocación del servicio, enfrentado la corrupción y promoviendo una conciencia ética.

Respeto: promoción de excelentes relaciones interpersonales hacia nuestros compañeros de trabajo, clientes, proveedores, integrantes de las comunidades y medio ambiente donde operamos.

Equidad: conciencia de que todos, por igual, tenemos el mismo grado de responsabilidad, sin distinciones de jerarquía o nivel.

Humanismo: significación social positiva enlazada al desarrollo de la vida de cada individuo y de toda la sociedad en su conjunto.

Patriotismo: sentimiento que por la tierra natal o adoptiva a la que se siente ligado por valores, cultura, historia y afectos.

Cooperación: beneficio mutuo en las interrelaciones humanas; fundamentadas en el principio del respeto, con base en la consideración, el cuidado y la participación.

Sentido de pertenencia: identificación con la empresa, región y el país, impulsando el papel de la empresa estatal socialista.

2.4 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA EMPRESA

CVG Ferrominera Orinoco, cuenta con personal gerencial, técnico y obrero, quienes dan forma a su Estructura Organizativa. Todas las unidades que la conforman tienen sus planes funcionales orientados al alcance de los objetivos de la empresa. A continuación, en la figura 2, se muestra la Estructura Organizativa de la Empresa. De igual modo en la figura 3 se puede divisar la Estructura Organizativa de la Gerencia de Ferrocarril. (*Ver figura 2*).

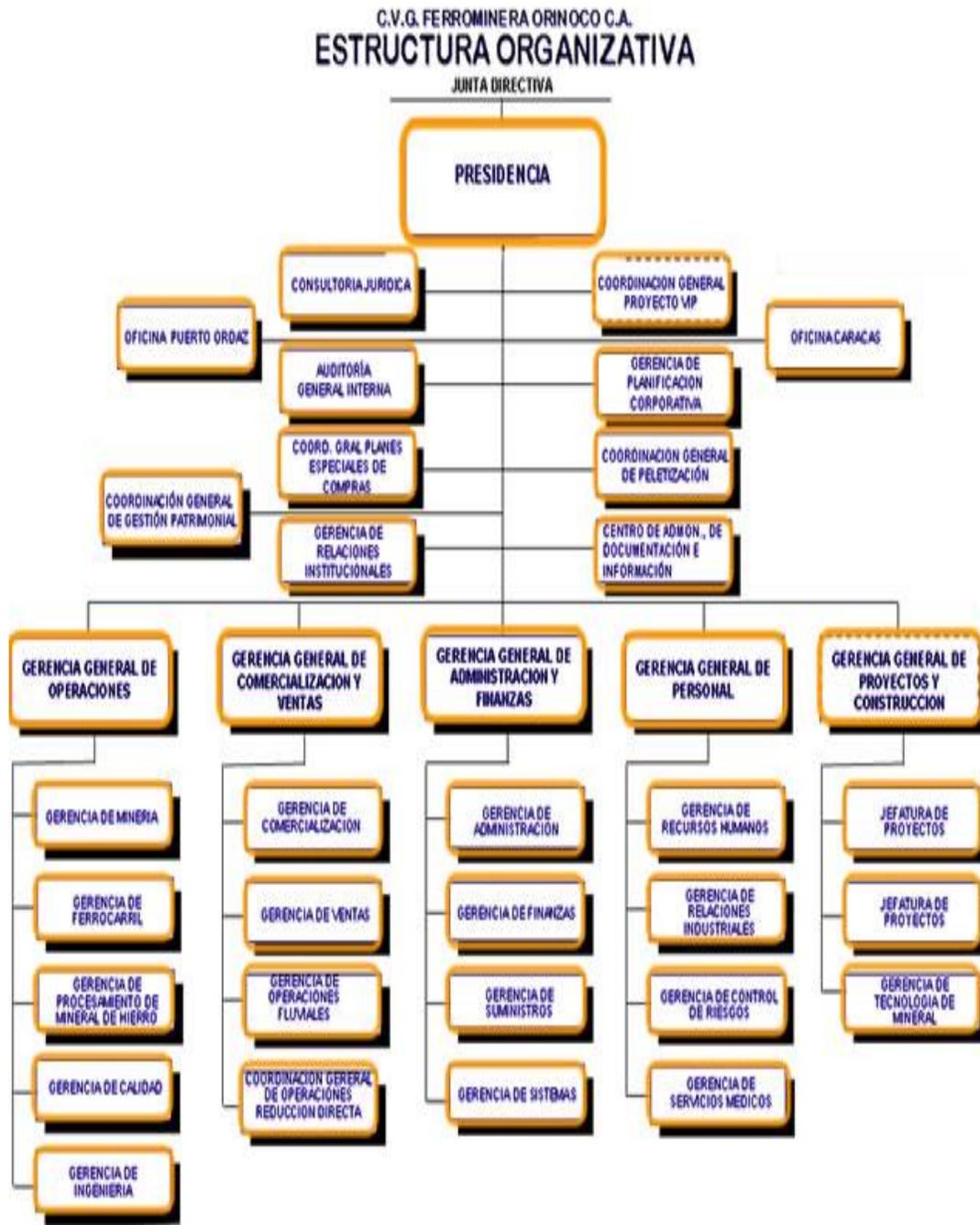


Figura 2. Estructura Organizativa de CVG Ferrominera Orinoco.

Fuente. Intranet CVG Ferrominera Orinoco (2013)

2.5 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA

2.5.1 GERENCIA DE FERROCARRIL

Coordinara y atiende el servicio de movilización oportuna del mineral de hierro, derivados y demás materiales susceptibles, y económicamente, al transporte ferroviario entre los centros productivos de la empresa, los clientes y proveedores que estén dentro del ámbito industrial matanzas. El Departamento de Mantenimiento de Vías y Estructuras, garantiza el tráfico seguro de los trenes a través del mantenimiento preventivo y correctivo oportuno.

2.5.2 ALCANCE FUNCIONAL DE LA GERENCIA DE FERROCARRIL

- ✓ Garantizar la ejecución de los programas de transporte de mineral de hierro y demás productos, desde las minas y plantas, hasta los centros de procesamiento, clientes o sitios de embarque.
- ✓ Garantizar el mantenimiento del sistema de control del tráfico de trenes.
- ✓ Garantizar el mantenimiento de las flotas de locomotoras y vagones de la empresa.
- ✓ Garantizar el mantenimiento de las vías férreas de la empresa.
- ✓ Garantizar la administración responsable de los recursos asignados.
- ✓ Garantizar la aplicación de las especificaciones establecidas en la NORMA COVENIN-ISO 9002.
- ✓ Asegurar la aplicación de la normativa establecida en materia de control ambiental y seguridad industrial.

2.5.3 ESTRUCTURA ORGANIZATIVA DE LA GERENCIA DE FERROCARRIL

La gerencia de ferrocarril esta subdividida en seis (7) Superintendencias las cuales son: (*Ver figura 3*)

- ✓ Superintendencia de planificación y control: tiene como misión elaborar y notificar los planes semanales y mensuales de mantenimiento.
- ✓ Superintendencia de talleres generales: tiene como misión el cumplimiento de los programas de mantenimiento preventivo y/o correctivo de la flota de locomotoras y vagones que posea la empresa.
- ✓ Superintendencia de mantenimiento de señales: tiene como misión asegurar el cumplimiento de los programas de mantenimiento del sistema de señalización ferroviaria.
- ✓ Superintendencia de mantenimiento de vías y estructuras: tiene como misión asegurar la ejecución de los planes de construcción y mantenimiento de las vías férreas de la empresa.
- ✓ Superintendencia de mantenimiento de equipos ferroviarios: tiene como misión mantener un alto índice de disponibilidad tanto de equipos ferroviarios, como el del material rodante.
- ✓ Superintendencia de operaciones ferroviarias Puerto Ordaz: tiene como misión asegurar el traslado oportuno del mineral de hierro desde las minas y plantas, hasta los centros de procesamiento, clientes o sitios de embarque.
- ✓ Superintendencia de operaciones ferroviarias Ciudad Piar: tiene como misión asegurar el traslado oportuno del mineral de hierro desde las minas y plantas, hasta los centros de procesamiento, clientes o sitios de embarque.

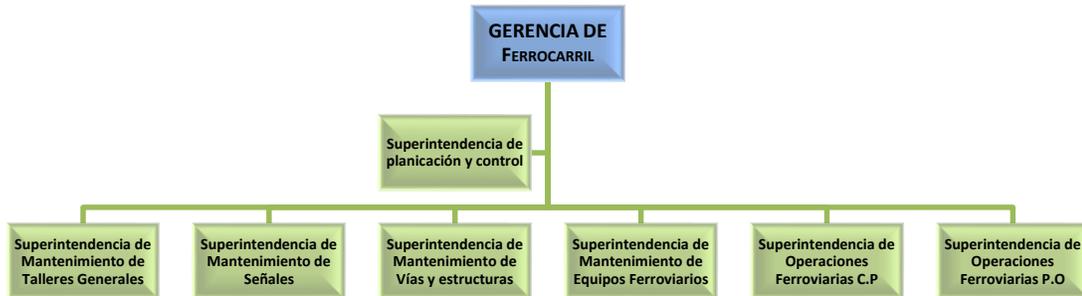


Figura 3. Estructura Organizativa de la Gerencia de Ferrocarril

Fuente: CVG Ferrominera Orinoco, C.A

2.5.4 SUPERINTENDENCIA DE MANTENIMIENTO DE VÍAS Y ESTRUCTURAS

Como se pudo apreciar anteriormente esta superintendencia está adscrita a la gerencia de ferrocarril y tiene como misión establecer normas, procedimientos y controles que regulen el mantenimiento preventivo y la ejecución del mantenimiento correctivo de la vía férrea. Para que de esta manera se puedan evitar y minimizar accidentes ferroviarios.

2.5.5 Supervisión de conservación de vías

Con más detalle se encuentra el ya mencionado departamento, en el cual se está realizando la presente investigación y cuyas principales funciones son:

- ✓ Programar y dirigir las actividades de conservación de vías, para que, se realicen en el tiempo establecido con el propósito de asegurar la disponibilidad de la vía férrea.
- ✓ Organizar y realizar inspecciones a la vía férrea a pie, en vehículos alto riel y/o locomotoras conjunta o individualmente con la jefatura de área de mantenimiento de vías y estructuras.
- ✓ Elaborar diariamente órdenes de trabajo de la supervisión de conservación de vías conjuntamente con la unidad de planificación.

A continuación se presenta como se encuentra distribuida dicha Superintendencia: (*Ver figura 4*).

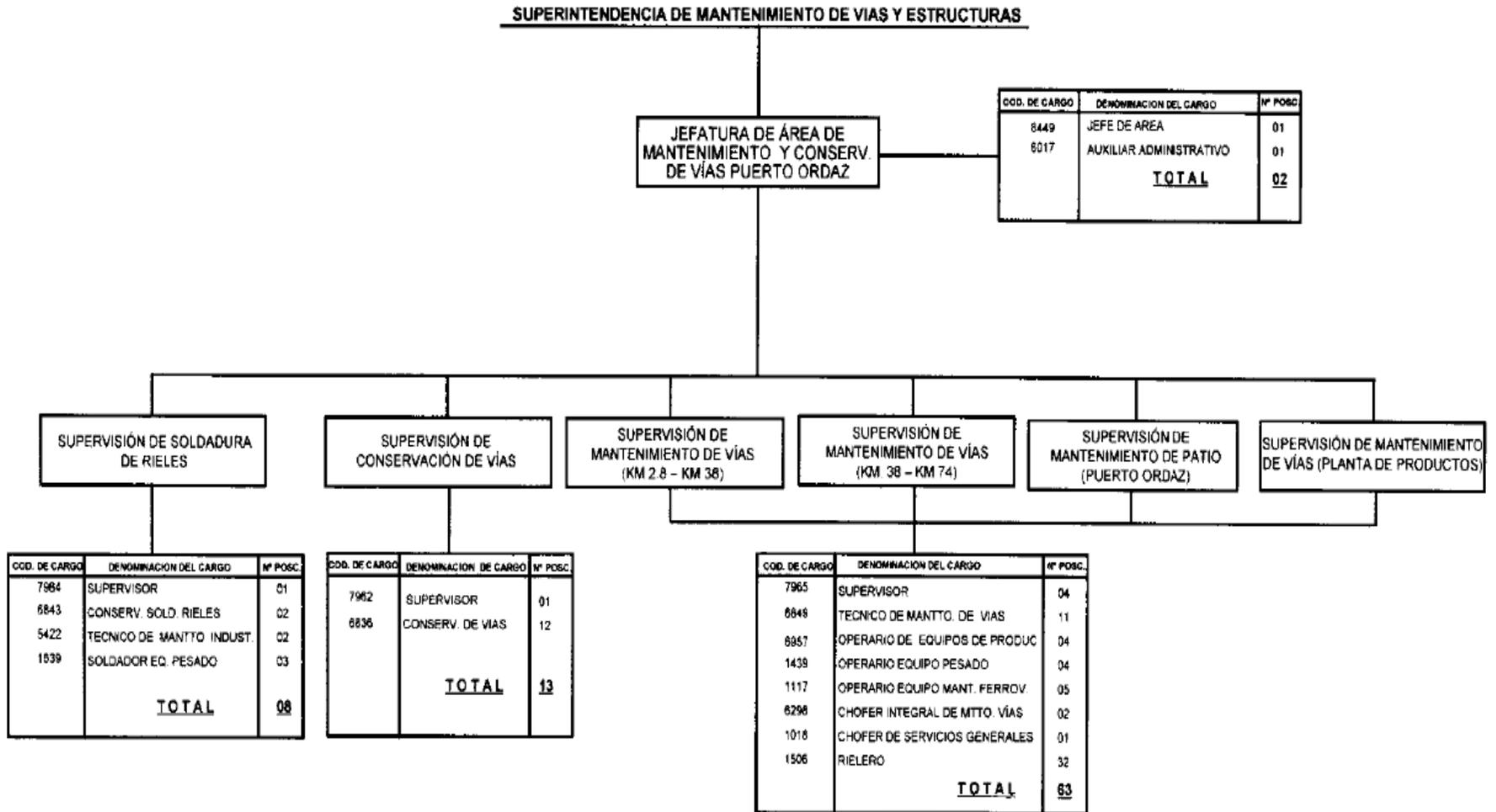


Figura 4. Estructura Organizativa de la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras.

Fuente: CVG Ferrominera Orinoco (2013).

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO

Las bases teóricas cumplen un papel importante en el desarrollo de todo trabajo de investigación; estos fundamentos van a permitir presentar una serie de conceptos, que constituyen un cuerpo unitario, por medio del cual se clasifican y relacionan entre sí, temas particulares estudiados.

3.1 ESTUDIO ECONÓMICO

Su objetivo es ordenar y sistematizar la información de carácter monetario y elaborar los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica.

Comienza con la determinación de los costos totales y de información inicial, cuya base son los estudios de ingeniería porque tanto los costos como la inversión inicial, dependen de la tecnología seleccionada. Continúa con la determinación de la depreciación y amortización, dada su naturaleza líquida.

Los aspectos que sirven de base para la evaluación económica, son la determinación de la tasa de rendimiento mínimo aceptable y el cálculo de los flujos netos de efectivo. Ambos, tasa y flujos, se calculan con y sin financiamiento. Los flujos provenientes del estado de resultados proyectados para el horizonte de tiempo seleccionado. Cuando se habla de financiamiento es necesario mostrar cómo funciona y como se aplica el estado de resultados, pues modifica los flujos netos de efectivos. En esta

forma se selecciona un plan de financiamiento, el más complicado, y se muestra su cálculo tanto en la forma de pagar intereses como en el pago de capital.

3.1.1 EVALUACIÓN ECONÓMICA

Esta parte se propone describir los métodos actuales de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, como son la tasa interna de rendimiento (TIR) y el valor presente neto (VPN); se anotan sus limitaciones de aplicación y son comparados con métodos contables de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, y en ambos se muestra su aplicación práctica.

Esta parte es muy importante, pues es la que al final permite decidir la implantación del proyecto. Normalmente no se encuentran problemas en relación con el mercado o la tecnología disponible que se empleara en la fabricación del producto; por tanto, la decisión de inversión casi siempre recae en la evaluación económica. Ahí radica su importancia; por eso, los métodos y los conceptos aplicados deben ser claros y convincentes para el inversionista.

3.2 ESTUDIO DE FACTIBILIDAD

Es el análisis amplio de los resultados financieros, económicos y sociales de una inversión (dada una opción tecnológica -estudio de pre-factibilidad). En la fase de pre-inversión la eventual etapa subsiguiente es el diseño final del proyecto (preparación del documento de proyecto), tomando en cuenta los insumos de un proceso productivo, que tradicionalmente son: tierra, trabajo y capital (que generan ingreso: renta, salario y ganancia).

La investigación de factibilidad en un proyecto consiste en descubrir cuáles son los objetivos de la organización, luego determinar si el proyecto es útil para que la empresa logre sus objetivos. La búsqueda de estos objetivos debe contemplar los recursos disponibles o aquellos que la empresa puede proporcionar, nunca deben definirse con recursos que la empresa no es capaz de dar.

En las empresas se cuenta con una serie de objetivos que determinan la posibilidad de factibilidad de un proyecto sin ser limitativos. Estos objetivos son los siguientes:

- ✓ Reducción de errores y mayor precisión en los procesos.
- ✓ Reducción de costos mediante la optimización o eliminación de recursos no necesarios.
- ✓ Integración de todas las áreas y subsistemas de la empresa.
- ✓ Actualización y mejoramiento de los servicios a clientes o usuarios.
- ✓ Aceleración en la recopilación de datos.
- ✓ Reducción en el tiempo de procesamiento y ejecución de tareas.
- ✓ Automatización óptima de procedimientos manuales.

3.2.1 RECURSOS DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD

La determinación de los recursos para un estudio de factibilidad sigue el mismo patrón considerado por los objetivos vistos anteriormente, el cual deberá revisarse y evaluarse si se llega a realizar un proyecto. Estos recursos se analizan en función de tres aspectos:

- ✓ Factibilidad Operativa

Se refiere a todos aquellos recursos donde interviene algún tipo de actividad (Procesos), depende de los recursos humanos que participen

durante la operación del proyecto. Durante esta etapa se identifican todas aquellas actividades que son necesarias para lograr el objetivo y se evalúa y determina todo lo necesario para llevarla a cabo.

✓ Factibilidad Técnica

Se refiere a los recursos necesarios como herramientas, conocimientos, habilidades, experiencia, etc., que son necesarios para efectuar las actividades o procesos que requiere el proyecto. Generalmente nos referimos a elementos tangibles (medibles). El proyecto debe considerar si los recursos técnicos actuales son suficientes o deben complementarse.

✓ Factibilidad Económica

Se refiere a los recursos económicos y financieros necesarios para desarrollar o llevar a cabo las actividades o procesos y/o para obtener los recursos básicos que deben considerarse son el costo del tiempo, el costo de la realización y el costo de adquirir nuevos recursos.

Generalmente la factibilidad económica es el elemento más importante ya que a través de él se solventan las demás carencias de otros recursos, es lo más difícil de conseguir y requiere de actividades adicionales cuando no se posee.

Los estudios de factibilidad económica incluyen análisis de costos y beneficios asociados con cada alternativa del proyecto. Con análisis de costos/beneficio, todos los costos y beneficios de adquirir y operar cada sistema alternativo se identifican y se hace una comparación de ellos. Primero se comparan los costos esperados de cada alternativa con los beneficios esperados para asegurarse que los beneficios excedan a los costos. Después la proporción costo/beneficio de cada alternativa se compara con las proporcionan costo/beneficio de las otras alternativas para

identificar la alternativa que sea más atractiva en su aspecto económico. Una tercera comparación, por lo general implícita, se relaciona con las formas en que la organización podría gastar su dinero de modo que no fuera en un proyecto de sistemas.

3.2.2 BASES PARA LA COMPARACIÓN DE ALTERNATIVAS

Es un índice que contiene información específica sobre una serie de ingresos y desembolsos que representan una oportunidad de inversión. Estas bases incorporan solamente uno de los elementos de cualquier enfoque sistemático para escoger entre dos o, más opciones económicas.

3.3 CRITERIOS DE DECISIÓN

Constituye una regla o procedimiento que describe cómo seleccionar las oportunidades de inversión de tal forma que se logran los objetivos planteados. Los criterios de decisión deben incorporar algún índice, medición de equivalencia o base de comparación que resuma las diferencias significativas entre diferentes alternativas de inversión.

3.4 COSTOS

Los costos se generan dentro de la empresa privada y está considerado como una unidad productora. El término costo ofrece múltiples significados y hasta la fecha no se conoce una definición que abarque todos sus aspectos. Su categoría económica se encuentra vinculada a la teoría del valor, “Valor-Costo” y a la teoría de los precios, “Precio de costo”. Los costos

tienen diferentes clasificaciones de acuerdo con el enfoque y la utilización que se les dé.

3.5 CONTABILIDAD DE COSTOS

Homearen (1991), la define como: “La contabilidad de costos analiza los costos de un negocio para ayudar a los gerentes a controlar los gastos. Los buenos registros de la contabilidad de costos sirven de pauta a los gerentes para fijar los precios a sus productos con el fin de obtener mayores utilidades”.

Las decisiones de la administración implican una selección entre cursos de acción opcionales. Los costos juegan un papel muy importante en el proceso de la toma de decisiones. Cuando se puedan asignar valores cuantitativos a las opciones, la administración cuenta con un indicador acerca de cuál es la opción más conveniente desde el punto de vista económico.

3.6 COSTO DE OPERACIÓN

Es la valoración monetaria de la suma de recursos destinados a la administración, operación y funcionamiento de un organismo, empresa o entidad pública.

Se entiende por costos operativos de naturaleza fija aquellos que no varían con el nivel de producción y que son recuperables dentro de la operación. El siguiente ejemplo podrá servir para una mejor comprensión de estos términos: Una empresa incurre en costos de arrendamiento de bodegas y en depreciación de maquinaria. Si la empresa produce un

porcentaje menor al de su capacidad instalada tendrá que asumir una carga operativa fija por concepto de arrendamiento y depreciación tal y como si trabaja al 100% de su capacidad.

3.7 DEPRECIACIÓN

Dentro del ámbito de la economía, el termino depreciación es una deducción anual del valor de una propiedad, planta o equipo. Se utiliza para dar a entender que las inversiones permanentes de la planta han disminuido en potencial de servicio. Para los contables o contadores, la depreciación es una manera de asignar el coste de las inversiones a los diferentes ejercicios en los que se produce su uso o disfrute en la actividad empresarial. Los activos se deprecian basándose en criterios económicos, considerando el plazo de tiempo en que se hace uso en la actividad productiva, y su utilización efectiva en dicha actividad.

3.7.1 MÉTODOS DE DEPRECIACIÓN

Entre los métodos de depreciación se tienen:

- ✓ Método lineal

Este método lineal supera algunas de las objeciones que se oponen al método basado en la actividad, porque la depreciación se considera como función del tiempo y no del uso. El procedimiento de línea recta también se justifica a menudo sobre una base más teórica. Cuando la obsolescencia progresiva es la causa principal de una vida de servicio limitada, la disminución de la utilidad puede ser constante de un periodo a otro. En este

caso el método de línea recta es el apropiado. El cargo de depreciación se calcula del siguiente modo:

$$\frac{\text{Costo} - \text{Valor de desecho}}{\text{Años de vida útil}} - \text{gastos de depreciación anual}$$

✓ Método Basado en la Actividad

Presupone que la depreciación está en función al uso o la productividad y no del paso del tiempo. La vida del activo se considera en términos de su rendimiento (unidades que produce) o del número de horas que trabaja. Conceptualmente, la asociación adecuada del costo se establece en términos de rendimiento y no de las horas de uso; pero muchas veces la producción no es homogénea y resulta difícil de medir.

$$\begin{aligned} & (\text{Costo} - \text{Valor de desecho}) \times \text{Horas de uso en el año} \\ & - \text{Cargos por horas totales de depreciación} \end{aligned}$$

✓ Métodos Decrecientes

Los métodos decrecientes permiten hacer cargos de depreciación más altos en los primeros años y más bajos en los últimos periodos. El método se justifica alegando que, puesto que el activo es más eficiente o sufre la mayor pérdida en materia de servicios durante los primeros años, se debe cargar mayor depreciación en esos años. Por lo general con el método del cargo decreciente se siguen dos enfoques: el de suma de números dígitos o el de doble cuota sobre valor en libros.

Suma de Números Dígitos

Da lugar a un cargo decreciente por depreciación basado en una fracción decreciente del costo despreciable (el costo original menos el valor de desecho). Con cada fracción se usa la suma de los años como denominador ($5 + 4 + 3 + 2 + 1 = 15$), mientras que el número de años de vida estimada que resta al principal el año viene a ser el numerador. Con este método, el numerador disminuye año con año aunque el denominador permanece constante ($5/15$, $4/15$, $3/15$, $2/15$ y $1/15$) al terminar la vida del activo, el saldo debe ser igual al valor de desecho.

Doble Cuota Sobre Valor en Libros

Utiliza una tasa de depreciación que viene a ser el doble de la que se aplica en línea recta. A diferencia de lo que ocurre con otros métodos, el valor de desecho se pasa por alto al calcular la base de la depreciación. La tasa de doble cuota se multiplica por el valor en libros que tiene el activo al comenzar cada periodo. Además, el valor en libros se reduce cada periodo en cantidad igual al cargo por depreciación. De manera que cada año la doble tasa constante se aplica a un valor en libros.

3.8 VÍAS

De las vías en las que bifurca un desvío se distinguen dos tipos:

- ✓ Vía principal: continúa el trazado de la vía anterior
- ✓ Vía desviada: es la que se diferencia del trazado anterior, por lo que el tren tiene que hacer curva al tomarla

El mayor problema que plantea el desvío es la velocidad de la vía máxima admisible de la vía desviada, ya que ésta no tiene peralte y el radio

de la curva descrita suele ser pequeño. Por tanto la aceleración centrífuga es muy fuerte si no se realizan los desvíos con gran longitud. Las tecnologías recientes han desarrollado nuevas formas de solucionar estos problemas y los golpes con el carril creando corazones y patas de liebre móviles que se unen perfectamente al carril dando más estabilidad al conjunto.

3.9 CAMBIAVÍAS

Son aquellos que permiten a una vía ramificarse en dos o excepcionalmente en tres vías, siendo los ejes de las vías tangentes entre sí. Una de las vías (denominada vía directa, sigue una línea recta; mientras que el resto (denominadas vías desviadas) cambian de dirección en el desvío. El cambio en sí permite la conexión de dos carriles divergentes asegurando la continuidad de las respectivas vías. Está formado por dos conjuntos aguja - contra aguja. La aguja es el elemento móvil y la contra aguja es el carril fijo. El par de agujas móviles se mueve solidariamente mediante un tirante. Estos elementos tienen una sección reducida, por lo que es fácil que puedan romperse y requieren mantenimiento.

3.9.1 COMPONENTES

- ✓ Agujas. Se obtienen al cortar y desbastar los rieles, rebajándolos y doblándolos en uno de sus extremos y conservando la sección completa del riel en el otro extremo
- ✓ Cruzamiento o Rana. Se usa para cruzar una vía a otra como desvío crossover y línea de escape, como se observa en la figura 5.

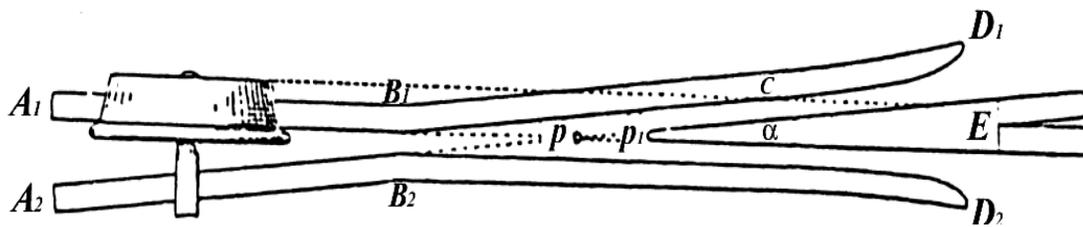


Figura 5. Cruzamiento o Rana.

Fuente: CVG Ferrominera Orinoco, C.A

- ✓ Guarda Riel. Se usa para acompañar el cruzamiento o guiar la línea.
- ✓ Barra de Aguja. Se usa para girar dichas agujas.
- ✓ Planchuelas. Se usa para dar apoyo al riel.
- ✓ Planchuelas de trocha. Se usa como apoyo a las líneas de cambia vía y a las curvas para que no haya trocha en la vía.
- ✓ Perno de Bloque de Riel. Se usa para acoplar la aguja del bloque de riel en un desvío.
- ✓ Perno de Guarda Riel. Se usa para indicar el paso de la pestaña de la rueda del tren.
- ✓ Block de talón de agujas. Es una pieza fundida de acero al carbón. Esta piza forma parte importante del mecanismo de las agujas, se localiza en el talón de estas entre el riel de la vía principal y de apoyo.
- ✓ Contraríeles. La longitud de los contraríeles está generalmente comprendida entre 3 y 5m; se colocan a manera que su centro corresponda a la laguna del cruzamiento. Se construyen generalmente, con rieles ordinarios que se mantienen a distancia necesaria del riel de rodadura, por medio de tacos; aunque a veces, se emplean perfiles angulares especiales con disposiciones como la mostrada en la figura 6, la cual tiende a asegurar la solidez del conjunto y la invariabilidad de la huella.

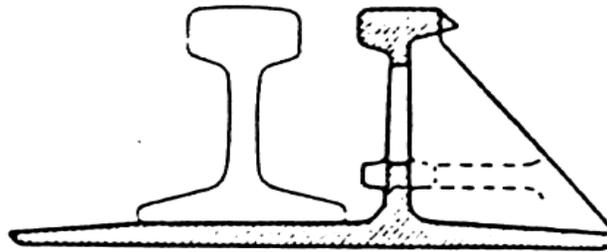


Figura 6. Disposición del contra riel.

Fuente: CVG Ferrominera Orinoco (2013).

- ✓ Barra de conexión. Es una pieza forjada de acero al carbón con tratamiento térmico. Esta barra sirve para unir la varilla número 1 y el perno de ojo de la maquina por medio de una horquilla que esta atornillada a la barra por su extremo. El otro extremo es forjado en la barra y tiene forma de quijada, estas tienen una abertura igual al espesor de la varilla número 1.

3.10 DIAGRAMA CAUSA-EFECTO

El Diagrama de Causa-Efecto o Diagrama de Ishikawa es un método gráfico que refleja la relación entre una característica de calidad (muchas veces un área problemática) y los factores que posiblemente contribuyen a que exista. En otras palabras, es una gráfica que relaciona el efecto (problema) con sus causas potenciales.

Está compuesto por un recuadro (cabeza), una línea principal (columna vertebral), y 4 o más líneas que apuntan a la línea principal formando un ángulo aproximado de 70° (espinas principales). Estas últimas poseen a su vez dos o tres líneas inclinadas (espinas), y así sucesivamente (espinas menores), según sea necesario. (Ver Figura 7).

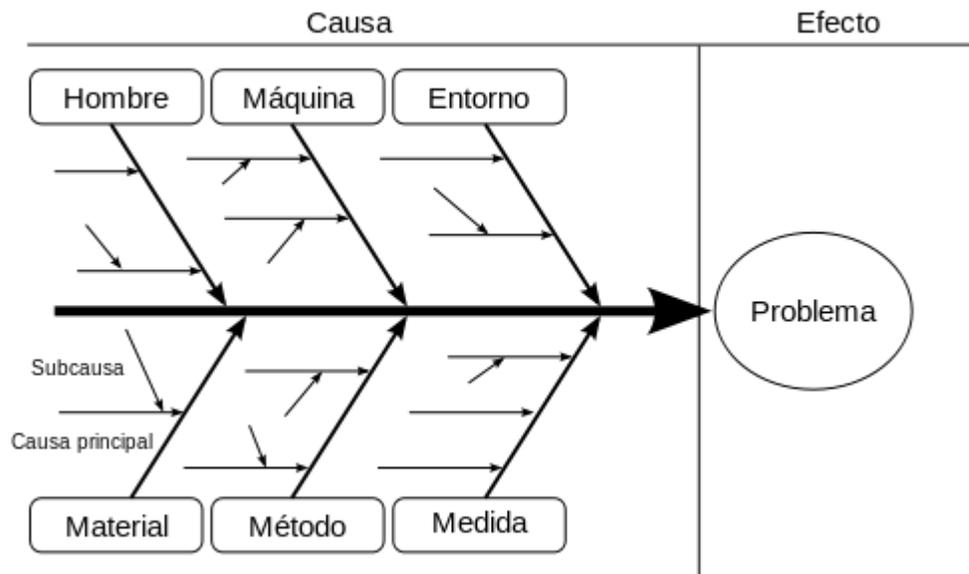


Figura 7. Ejemplo de diagrama Causa - Efecto.

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_Ishikawa

3.10.1 CARACTERÍSTICA DE UN DIAGRAMA ISHIKAWA

- ✓ Las causas del problema se buscan activamente y los resultados quedan plasmados en el diagrama.
- ✓ Un DI muestra el nivel de conocimientos técnicos que se han logrado sobre el proceso.
- ✓ Un DI sirve para señalar todas las posibles causas de un problema y cómo se relacionan entre sí, con lo cual la solución del problema se vuelve un reto y se motiva así el trabajo por la calidad.

3.11 ANÁLISIS FODA

Es una herramienta que permite conformar una matriz de la situación actual de la organización, permitiendo así obtener un diagnóstico preciso que

permita en función de ello tomar decisiones acordes con los objetivos y políticas formulados. Es decir, re-mirar el contexto interno y externo, a la luz de la misión y las necesidades, determinando qué elementos constituyen un apoyo y cuáles una desventaja en relación con los propósitos de la organización.

El término FODA, (en inglés SWOT), es una sigla conformada por las primeras letras de las palabras Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas, son las siglas usadas para referirse a una herramienta analítica que permite a los empresarios trabajar la información que poseen sobre su negocio, con miras a determinar su capacidad competitiva en un período dado.

A través de esta Metodología, se puede articular una estrategia global con certeza de su cumplimiento. Requiere de un análisis riguroso y desprejuiciado de las verdaderas posibilidades de la empresa en el mercado. Tanto de la perspectiva de su fundamento (Fortalezas y Debilidades) como de su posición y proyección en el mercado (Oportunidades y Amenazas).

3.11.1 IMPORTANCIA DEL ANÁLISIS FODA

Este análisis representa un esfuerzo para examinar la interacción entre las características particulares del negocio y el entorno en el cual éste compite. Mediante este análisis, los empresarios pueden obtener muchas conclusiones de una gran utilidad para estar al tanto de la situación de su propia institución y del mercado en el que ésta se desenvuelve, lo que mejorará la competitividad de las estrategias de mercadeo y ventas que se diseñen.

3.11.2 ÁREAS DE ACCIÓN DEL ANÁLISIS FODA

El análisis FODA debe enfocarse solamente hacia los factores claves para el éxito de toda organización, ya sea militar, de servicio, gubernamental, manufacturera, servicio o deportiva y estas debe tener y poner en práctica buenas estrategia si quieren triunfar en un mercado altamente competitivo. Donde se debe resaltar las fortalezas y las debilidades diferenciales internas al compararlo de manera objetiva y realista con la competencia y con las oportunidades y amenazas claves del entorno, puede ser usado por todos los niveles de jerárquicos de la organización, incluyendo en las diferentes funciones o departamentos (unidades de análisis) tales como producto, mercado, empresa, fabricación, divisiones, sucursales, distribución, administración, finanzas y otros. Con esto logramos conocer las posibilidades futuras de la organización, este análisis debe incluir todas las condiciones internas y externas que puedan afectar o condicionar su desarrollo en el corto, mediano y largo plazo. Lo anterior significa que el análisis FODA consta de dos partes: una interna y otra externa.

✓ Parte Interna

La parte interna tiene que ver con las Fortalezas y las Debilidades de la organización, aspectos sobre los cuales la organización tiene o debe tener algún grado de control, por lo que resulta posible actuar directamente sobre ellas.

Fortalezas: son los recursos y capacidades especiales con que cuenta la empresa, y por los que cuenta con una posición privilegiada frente a la competencia.

Oportunidades: son aquellas posibilidades favorables que se deben reconocer o descubrir en el entorno en el que actúa la empresa, y que permiten obtener ventajas competitivas.

✓ Parte Externa

Esta parte se refiere a las oportunidades que ofrece el mercado y las amenazas que la empresa o institución debe enfrentar para permanecer compitiendo en el sector. La empresa tendrá que desarrollar toda su capacidad y habilidad para aprovechar esas oportunidades y minimizar o anular esas amenazas, circunstancias sobre las cuales por lo general se tiene poco o ningún control directo.

Debilidades: son aquellos factores que provocan una posición desfavorable frente a la competencia.

Amenazas: son aquellas situaciones que provienen del entorno y que pueden llegar a atentar incluso contra la permanencia de la organización.

3.12 DIAGRAMA DE PARETO

El Diagrama de Pareto, es una herramienta técnica de alto reconocimiento en el área de la Calidad, éste se utiliza para priorizar los problemas o las causas que lo generan, lo cual permite un mejor planteamiento de soluciones y mejoras, concentrándose en los focos que presentan mayor problemática, es decir, permite establecer el curso de acción más benéfico para la organización o el ente evaluador.

3.12.1 PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN DEL DIAGRAMA DE PARETO

- 1) Definir la situación a analizar.
- 2) Relacionar todos los factores a considerar.
- 3) Se define el periodo de tiempo considerado para el análisis.
- 4) Se recopila la información de cada uno de los factores y se vacían los datos en una hoja de recolección de información.
- 5) Se ordenan los factores de acuerdo con su frecuencia, presentándolos de mayor a menor.
- 6) Se obtiene el porcentaje que representa cada una de las causas y se ordena de mayor a menor grado de frecuencia.
- 7) Se obtienen los porcentajes acumulados.
- 8) Se elabora una representación gráfica de barras con los datos como se indica a continuación:
 - a) En el eje vertical izquierdo se indica la frecuencia de ocurrencia de las causas.
 - b) En el eje horizontal se ubican las causas, ordenadas de mayor a menor por su frecuencia de ocurrencia.
 - c) En el eje vertical derecho se traza una escala del 0% al 100%.
 - d) Se traza una gráfica representando el porcentaje acumulado de cada factor, con referencia al eje derecho.
- 9) Se resaltan en la gráfica los datos de identificación.
- 10) Analizar los resultados.

3.13 PROCESO ANALITICO JERARQUICO

El **Proceso Analítico Jerárquico** (PAJ) es una técnica estructurada para tratar con decisiones complejas. En vez de prescribir la decisión

“correcta”, el PAJ ayuda a los decisores a encontrar la solución que mejor se ajusta a sus necesidades y a su comprensión del problema.

3.13.1 PROCEDIMIENTO PARA EL PROCESO ANALÍTICO JERÁRQUICO.

Modelar el Problema como una Jerarquía: El primer paso en el Proceso Analítico Jerárquico es modelar el problema como una jerarquía. De este modo, los participantes pueden explorar los aspectos del problema en niveles que pueden ir desde el general hasta el detallado, luego expresarlos en la forma multinivel que el PAJ requiere.

Definición de Jerarquías: Una jerarquía es un sistema de clasificación y organización de personas, cosas, ideas, etc., donde cada elemento del sistema, excepto por el de la parte superior, es subordinado por uno o más de los otros elementos. Diagramas de jerarquías son a menudo presentados, más o menos, en forma de pirámide, pero aparte de tener un solo elemento en la parte superior, no hay nada necesariamente en forma de pirámide relacionado con una jerarquía.

Explicación de las jerarquías del PAJ: Una jerarquía del PAJ es una forma estructurada de modelar el problema en cuestión. Está conformada por un objetivo general, un grupo de opciones o alternativas para alcanzar el objetivo, y un grupo de factores o criterios que relacionan las alternativas al objetivo. Los subcriterios pueden ser subdivididos en subcriterios, así sucesivamente, en tantos niveles como el problema requiera.

Definición y explicación de las prioridades: Las prioridades son números asignados a los nodos de una jerarquía PAJ. Representan los pesos relativos de los nodos en cualquier grupo. Por definición, la prioridad del objetivo es

1.000. Las prioridades de los Criterios siempre sumaran en total 1.000. Lo mismo es verdad para las Alternativas.

3.14 GLOSARIO DE TERMINOS

ALMA: Parte del riel, de pequeño espesor que une la cabeza con el patín.

APARATO DE VÍA: Un aparato de vía es un dispositivo que permite la ramificación y el cruce de diferentes vías de ferrocarril. Los aparatos de vía están formados por dos elementos básicos: desvíos y travesías.

BALASTO FERROVIARIO: Es la piedra que se usa para construir los piedraplenes ferroviarios, sobre los que se colocan los durmientes y los rieles.

CABEZA U HONGO: Parte superior de riel, que se utiliza como elemento de rodadura.

CLAVOS DE VÍA: son pequeñas barras de acero de bajo carbono de forma rectangular que terminan en forma de cuña, y que se interceptan en el durmiente de madera a través de las planchuelas para fijar el riel.

CÁMARA DE EXPANSIÓN: espacio dejado entre los rieles para permitir la expansión cuando sube la temperatura.

DESVÍO: Es una vía auxiliar de la vía principal, destinada al encuentro o paso de los trenes y conectadas en dos puntos.

DURMIENTES: Se llaman durmientes o traviesas a las piezas que se colocan transversalmente sobre el balasto para proporcionar a los rieles de la vía un soporte adecuado.

DURMIENTES DE CONCRETO: son elementos que se colocan en dirección transversal al eje de la vía. Sobre ellos se colocan los rieles y constituyen a través de las fijaciones, una unión entre riel y balasto.

DURMIENTES DE MADERA: son piezas de madera de longitud determinada, con muescas o entallado que se le colocan en ángulo recto con la vía férrea. Los durmientes reposan en un lecho de balasto para cumplir su función principal: soportar los rieles, conjuntamente con las planchuelas o placas de asiento, teniendo como fijación los clavos de vía.

ECLISA: es una pieza gruesa de acero al carbono, que tiene cuatro (4) o seis (6) perforaciones según sea el calibre del riel, se usa para unir los rieles y formar unidades muy largas.

ESCARPIA: pieza metálica curvada utilizada para conectar la almohadilla de la placa de asiento al riel.

INFRAESTRUCTURA: se conoce como infraestructura de una vía férrea al terraplén que cumple con las normas de ingeniería civil, es decir, compactación, nivelación, ángulo de escurrimiento, alcantarillas, etc.

PATÍN: Base del riel, de anchura mayor que la cabeza, cuya superficie inferior es plana para su apoyo en la traviesa.

PATIO: Un sistema de vía dentro de los límites definidos, destinados a la formación de trenes, almacenamiento de carros u otros fines.

PERNO DE EMPATE: pieza de acero con una cabeza en extremo y un tornillo en el otro, destinada a alojar una tuerca para conectar los rieles de una vía férrea por medio de las eclisas.

PLACA DE ASIENTO: son planchas de acero de forma cuadrada o rectangular, que sirven de base al patín del riel, para cada capacidad de riel hay una planchuela o placa de asiento.

PUNTA DE AGUJA: Parte de la punta que se presenta afilada para ceñirse al riel exterior, que se llama riel de apoyo.

RIEL: Se denomina riel, carril, raíl o trillo a cada una de las barras metálicas sobre las que se desplazan las ruedas de los trenes y tranvías. Los rieles se disponen como una de las partes fundamentales de las vías férreas y actúan como soporte, dispositivo de guiado y elemento conductor de la corriente eléctrica.

RIEL LIGERO: Es aquél cuyo peso no excede de los 40 kg por metro lineal. Se usa en líneas por las que circulan trenes sin excesivo peso o que transportan cargas ligeras, y cuya velocidad no es alta. Por ejemplo, en los ferrocarriles mineros o los tranvías.

RIEL PESADO: Su peso oscila entre los 40 y los 60 kg por metro lineal. Se utilizan cuando aumentan los requerimientos de velocidad, seguridad y carga máxima a transportar. Principalmente se emplea en ferrocarriles de mercancías o pasajeros y metropolitanos, así como líneas de alta velocidad.

SEÑAL DE FERROCARRIL: una señal de ferrocarril es un dispositivo vertical situado junto a la vía que indica al maquinista las condiciones de la vía que se va a encontrar por delante.

SUPERESTRUCTURA: es el conjunto de elementos que reposan sobre el terraplén o infraestructura: durmientes, rieles, fijaciones, balasto, etc.

TROCHA: Se denomina trocha o ancho de vía a la separación entre los carriles, la cual debe coincidir con la separación entre ruedas del material rodante.

TUERCA: pieza metálica para mantener ajustado a un perno de vía.

VÍA CLÁSICA: es aquella vía férrea que está compuesta de durmientes de madera y rieles 39', unidos por eclisas o empates que son fijados a los

durmientes con clavos a través de planchuelas o placas de asiento para que el tren pueda desplazarse.

VIDA ELÁSTICA: está compuesta por tramos de largos rieles soldados (LRS), convenientemente fijados a durmientes de concreto mediante un sistema adecuado de fijación doblemente elástica que evita el deslizamiento de los rieles y permitir la flexión de los mismos, disminuyendo las vibraciones y los impactos al paso de los trenes.

VÍA FÉRREA: Se denomina vía férrea a la parte de la infraestructura ferroviaria formada por el conjunto de elementos que conforman el sitio por el cual se desplazan los trenes.

VÍA PRINCIPAL: Una vía que se extiende a través de patios y entre estaciones sobre la cual operan los trenes.

CAPITULO IV

MARCO METODOLÓGICO

Este capítulo contiene toda la información referente a la metodología que se utilizó para llevar a cabo el proyecto. Además, incluye el tipo y diseño de investigación que se aplicó así como las técnicas para recolectar la información y su respectivo procedimiento.

4.1 DISEÑO Y TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio se desarrolló con la aplicación de un diseño no experimental, dentro de la modalidad de investigación del tipo descriptiva, evaluativa y de campo.

Según Fideas G. Arias (2006), una investigación experimental se define como un “proceso que consiste someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)” (pág. 23), por este motivo esta investigación es de diseño no experimental porque no se somete a ningún cambio o modificación.

Según Fideas G. Arias (2006), una investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (pág. 24). Por esta razón esta investigación se define dentro del tipo descriptiva.

Según Briones (1991), el término evaluación se utiliza para referirse “al acto de juzgar o apreciar la importancia de un determinado objeto, situación o proceso en relación con ciertas funciones que deberían cumplirse, o con ciertos procesos de valoración, explícitos o no” (Pág. 26), en este sentido esta investigación es de tipo evaluativo porque permite comparar las alternativas del sistema de cambio de vías de vía clásica y vía elástica.

Según Fideas G. Arias (2006) la investigación de campo es aquella que consiste en la “recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos, sin manipular o controlar variable alguna” (pág. 25), en este sentido, la investigación es realizada directamente en la Gerencia de Ferrocarril, a través de una observación directa de las actividades e inspecciones que se realizan sobre todos los cambios de vías de la línea principal de CVG Ferrominera Orinoco.

4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

Según G. Frías (2006) la población es el conjunto de elementos de referencia sobre el que se realizan las observaciones, por lo que a este estudio respecta, está conformada por todo el sistema de cambiavías de la línea principal, desde el km 2.8 al km 128, resultando un total de 12 cambiavías. Este autor también define la muestra como, un conjunto representativo y finito que se extrae de la población accesible, siendo coincidente esta con la población, por lo que se toma como muestra los mismos 12 cambiavías, que servirán para realizar las comparaciones correspondientes en cuanto a especificaciones técnicas y costos.

4.3 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

- ✓ Observación directa no participativa: del estado actual del área de estudio, desde un punto de vista físico para constatar las condiciones en las que se encuentra el sistema de cambia vías de vía clásica, así como también, realización de inspecciones para conocer la estructura, funcionamiento y especificaciones técnicas que estos poseen.

- ✓ Entrevistas informales: se realizaron entrevistas no estructuradas al personal que labora directamente en la Gerencia de Ferrocarril, con el fin de recabar información relevante, opiniones, referencias y conocimientos técnicos del área de estudio. De la misma manera a conservadores de vías, especialistas en sistemas, infraestructuras y superestructuras ferroviarias.

4.4 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información se procesara por medio de tablas y gráficas, realizadas en un paquete de Microsoft office 2007 (Project, Excel, Visio y Word) cuyos datos se vaciaron mecánicamente, es decir, por computador. Estas tablas y gráficos explican de forma clara y detallada, las especificaciones y nuevas prestaciones que ofrecerá el nuevo sistema de cambia vías, así como los costos que conlleva este, y los respectivos beneficios que este puede ofrecer a largo plazo.

4.5 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Para analizar la información fue necesaria la aplicación de herramientas de diagrama Ishikawa, para que de esta manera, se actualizara

y se representara de una manera concreta, simple y gráfica la problemática que se intenta estudiar. Esto a su vez se realizó bajo la supervisión del personal de la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras, tomando en cuenta sus opiniones y experiencia en el área para un mejor análisis de la información recolectada.

4.6 PROCEDIMIENTO DE INVESTIGACIÓN

1. Diagnosticar el estado actual del sistema de cambiavías de la línea principal.
 - ✓ Se realizará una visita al área para observar las condiciones actuales de los equipos del sistema de cambiavías, de forma, que se puedan verificar sus partes, funcionamiento y mantenimiento, planteándolas en forma de layout.
 - ✓ Mediante entrevistas no estructuradas y conversaciones con el personal de mantenimiento de vías y estructuras, se determinara cuáles pueden ser las posibles consecuencias, si se llega a mantener este actual sistema.

2. Realizar un análisis de fallas para el sistema de cambiavías actual.
 - ✓ Periódicamente se harán inspecciones bajo el formato 4501 (inspección de cambiavías), para verificar su estado y detectar fallas en sus principales componentes: agujas, ranas, durmientes y fijaciones, para de esta forma aplicar un diagrama de Pareto donde se identifiquen cuáles son los componentes que presentan mayor recurrencia de falla y así plantear las posibles causas que estén generando estos problemas.

3. Diseñar estrategias de mejora en base al análisis FODA, para el sistema de cambiavías actual.
 - ✓ Determinar las fortalezas, debilidades, oportunidades y amenazas del sistema de cambiavías de durmientes de madera, para desarrollar estrategias de mejora FO, FA, DO y DA.
4. Determinar las alternativas técnicas para la adecuación tecnológica, mediante el proceso analítico jerárquico
 - ✓ Consultar manuales, bibliografías e informes de nuevas tecnológicas surgidas en materia de sistemas de cambia vías, con el fin de obtener la información teórica y técnica necesaria para la realización del estudio.
 - ✓ Realizar entrevistas informales a expertos en vía férrea, donde se les pedirá dar una puntuación sobre qué sistema de cambias favorece a CVG Ferrominera Orinoco.
5. Determinar los costos asociados, en función de la alternativa técnica del sistema de cambiavías.
 - ✓ Una vez obtenida la información sobre la nueva adecuación tecnológica, se realizara una evaluación económica para los dos tipos de cambiavías, estableciendo una comparación entre ambos para verificar cual alternativa es más económica.
6. Elaborar una programación para la ejecución del nuevo sistema de cambiavías.
 - ✓ Una vez seleccionada la alternativa tecnológica, se estimara la mano de obra, actividades, maquinaria, equipos y los tiempos de ejecución para dicho proyecto.

4.6.1 RECURSOS MATERIALES

- ✓ Planos del sistema ferroviario.
- ✓ Metro.
- ✓ Tabla con gancho.
- ✓ Radio walkie-talkie.
- ✓ Papel.
- ✓ Lápices y bolígrafos.
- ✓ Computadora.
- ✓ Impresora.
- ✓ Software Microsoft Office 2007.
- ✓ Software Microsoft office Visio 2010.
- ✓ Software Microsoft Project 2007.

4.6.2 RECURSOS HUMANOS

- ✓ Tutor Industrial.
- ✓ Tutor Académico.
- ✓ Personal de la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras.

CAPÍTULO V

SITUACIÓN ACTUAL

En el desarrollo de este capítulo se expone la situación actual que presenta el sistema de cambiavías y el área en estudio, todo esto expresado mediante un diagrama Ishikawa, donde se plasman cada una de las causas del problema planteado.

5.1 SITUACION ACTUAL DEL SISTEMA DE CAMBIAVIAS DE VIA CLASICA.

El sistema de cambiavías de la empresa CVG Ferrominera Orinoco está conformado por 6 cambiavías principales, distribuidos desde el kilómetro 2.8 hasta el kilómetro 128, formando parte importante del traslado seguro y oportuno del mineral de hierro.

Este se encuentra en mal estado, debido a que es tecnología obsoleta y a diversos factores internos y externos a la empresa que han afectado en el cumplimiento de mantenimiento de los cambiavías de durmientes de madera, para tener una mejor idea y visualizar los aspectos que inciden en dicho sistema se realizó un diagrama Ishikawa mediante información recopilada mediante entrevistas informales a técnicos y conservadores de vías adscritos al área de Mantenimiento de Vías y Estructuras.

Debido a que este sistema es de vía clásica, un tipo de vía que se ha venido sustituyendo desde hace algún tiempo por la vía elástica, los cambiavías presentan un progresivo y rápido deterioramiento, ya que, se ve sometida a trabajos severos por el constante paso de los trenes y equipo rodantes, los cuales de igual forma sufren un desgaste. Todo esto ocasiona que se generen nuevos sitios críticos a lo largo de line principal, aumentando costos de mantenimiento tanto de vía ferrea, como de locomotoras, vagones y equipos rodantes.

En la figura 8 se muestra el resultado de lo que se consideran las causas más representativas del mal estado del sistema de cambiavías.

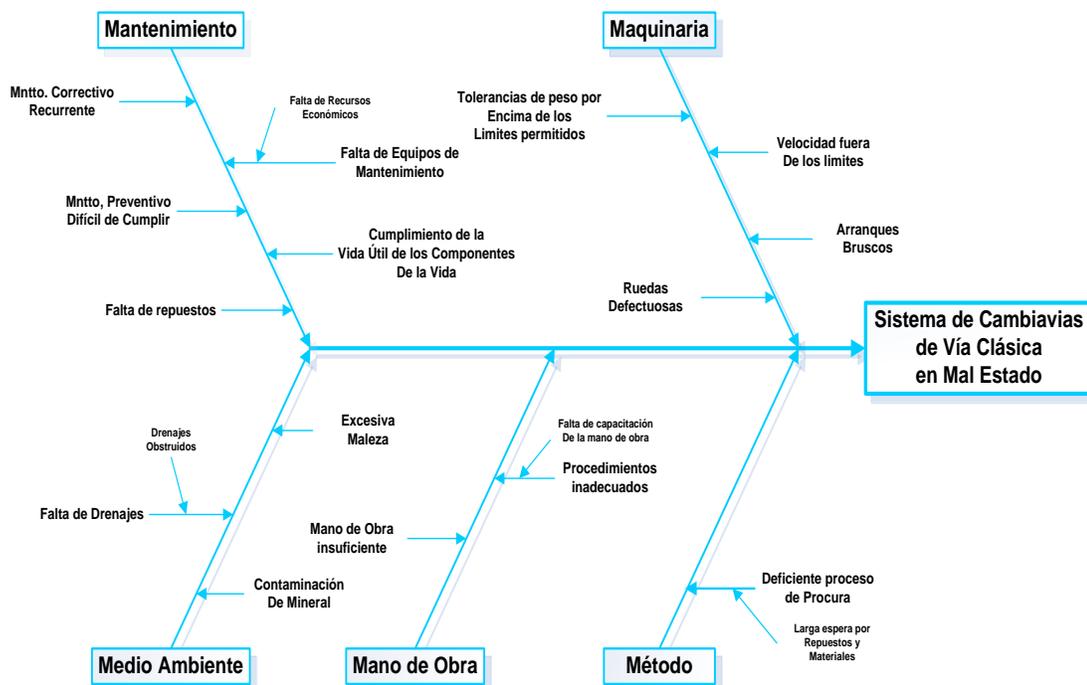


Figura 8. Diagrama Ishikawa. Sistema de Cambiavías.

Fuente: Elaboración Propia (2013).

5.1.1 ANÁLISIS DE LAS CAUSAS

✓ Maquinaria

En muchas oportunidades por no poseer un correcto procedimiento de pesaje y carga de mineral, se suele sobre pasar el peso permitido por vagón, sometiendo al sistema de cambiavías a esfuerzos y cargas transversales de mayor magnitud. Al mismo tiempo los operarios no ponen en marcha los trenes de manera adecuada, exceden los límites de velocidad permitidos y al estos poseer ruedas defectuosas, generando golpeteos y ocasionando las mismas causas antes expuestas.

✓ Método

La logística y planificación necesaria para realizar la compra de repuestos y materiales de los cambiavías es engorrosa, deficiente y demora mucho tiempo en ser completada, por esta razón, La planificación de mantenimiento también se ve comprometida.

✓ Mantenimiento

Debido a la falta de repuestos y materiales, por lo antes expuesto, se hace muy difícil llevar a cabo el mantenimiento preventivo del sistema de cambia vías y, por consiguiente, se cae en un recurrente mantenimiento correctivo, en gran parte porque no se realiza el cambio oportuno de los componentes de la vía, lo cual no es lo más recomendable. De igual manera, este plan de mantenimiento preventivo no se puede ejecutar en su totalidad, debido a que, no se cuenta con la totalidad de equipos que realizan dicho mantenimiento.

✓ Mano de Obra

Uno de los factores que influyen en el no cumplimiento de los planes de mantenimiento y la reparación de maquinarias y equipos, es la falta de personal, puesto que muchas superintendencias y jefaturas cuentan con solo dos o tres cuadrillas, cuando en realidad deberían ser cuatro, para poder cubrir los tres turnos establecidos por la empresa. Sin mencionar que muchas veces este personal por no contar con las herramientas, materiales y equipos necesarios, realizan improvisaciones y procedimientos inadecuados para poder cumplir con la planificación implantada.

✓ Medio Ambiente

Por las altas velocidades de los trenes, mal estado de la vía y sobrecarga de vagones, el mineral tiende a caer sobre esta, contaminándola y al no poseer un sistema de drenaje, al momento de caer precipitaciones, este mineral se compacta, anulando las propiedades de amortiguación y distribución de las cargas, haciendo que el deterioro de los cambiavías sea más rápido y progresivo. Así mismo, la excesiva maleza no permite una buena visualización de los elementos críticos, los cuales no son reportados y corregidos de manera inmediata.

5.2 INSPECCIÓN DE CAMBIAVÍAS

Para verificar el correcto funcionamiento de los cambiavías de la línea principal, semanalmente se realizan inspecciones sobre estos, donde se procede de la siguiente manera:

1. Ubicación del cambiavía.



Figura 9. Cambiavías.

Fuente. Elaboración propia (2013).

2. Medición de la abertura de la barra de conexión.



Figura 10. Abertura en la Barra de Conexión.

Fuente. Elaboración propia (2013).

3. Medición de la separación en el talón de la aguja.



Figura 11. Separación en el Talón de la Aguja.

Fuente. Elaboración propia (2013).

4. Medición de la abertura de trocha en desvío.



Figura 12. Abertura de Trocha en Desvío.

Fuente. Elaboración propia (2013).

5. Medición de la trocha de lado izquierdo de la rana.



Figura 13. Trocha de lado izquierdo de la rana.

Fuente: Elaboración propia (2013)

6. Medición de la profundidad de la punta de rana.



Figura 14. Vista frontal de a punta de Rana.

Fuente. Elaboración propia (2013)

5.3 DESCRIPCION EL SISTEMA DE CAMBIAVIAS ACTUAL

Actualmente el sistema cambiavías de la línea principal del tramo ferrocarrilero del km 2,8 al 128 de CVG Ferrominera es de vía clásica, la cual se refiere que ese tramo de la vía está constituido por durmientes de madera con placas de asientos metálicos y sujeción vertical por medio de clavos de vía, para conservar la trocha de la vía, son unidos al riel por medio de eclisas con tornillos. Esta tecnología ocasiona mayor gasto de conservación de la superestructura, debido a que las ruedas de los equipos rodantes chocan bruscamente los extremos de los rieles dando deformaciones en la parte superior del riel y a las juntas que los sujetan. Debido a que la vía férrea está sometida a trabajos severos y su condición pueden presentar un riesgo para el tráfico de los trenes, es prescindible evaluar este cambio de tecnología en los cambiavías ya que son elementos que sufren desgastes y su reemplazo prematuro representa altos gastos y pagos adicionales.

Es importante resaltar una particularidad específica de las líneas férreas es su carácter de guiar el equipo rodante a recorrer un camino prefijado y establecido. Esta situación genera ciertos inconvenientes, cuando se presenta la necesidad realizar cruces y otras operaciones. De allí el surgimiento de lo que conocemos como cambiavías, el mismo nos permite asegurar la continuidad de la vía y da el paso a los trenes de una vía a otra. Estos cambiavías están compuestos por tres elementos: agujas, rieles de unión y cruzamientos, los cuales se pueden visualizar en la figura 15:

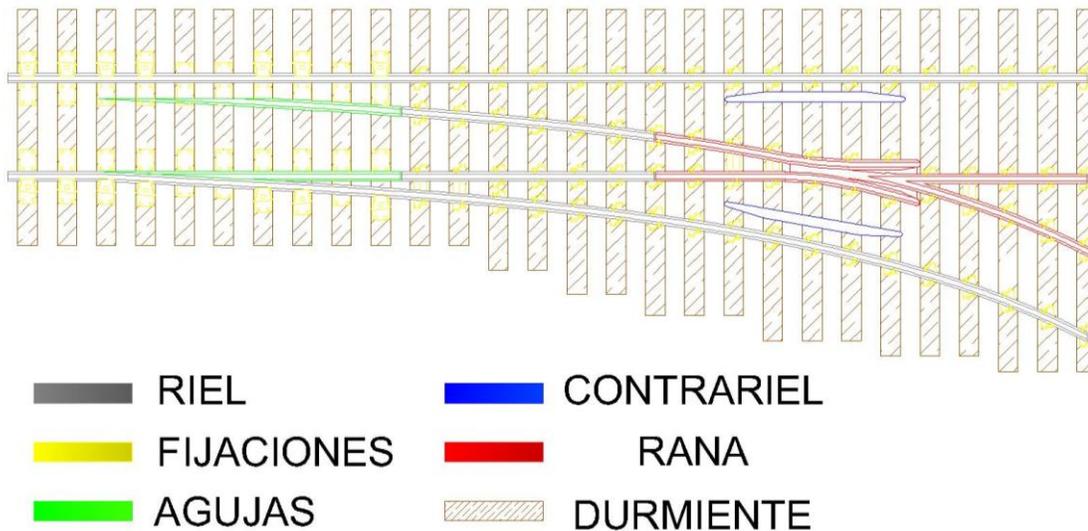


Figura 15. Cambiavía actual.

Fuente. Elaboración propia (2013).

Los componentes mencionados anteriormente se deben encontrar en su mayor totalidad en perfecto estado ya que la seguridad y velocidad de los trenes está constituida por la calidad de los cambiavías, lo que hace necesario exigir a estos unas determinadas características, que puedan situarse en el marco geométrico.

En los cambiavías de CVG Ferrominera el cruzamiento es la parte más delicada, debido a la punta de la rana, que puede estar formada por los extremos de los rieles convergentes unidos por pernos o bien fundidos en una sola pieza; la punta de la rana suele estar rebajada para conseguir un ascenso suave de la rueda sobre ella. Esta es la parte del cruzamiento que trabaja en condiciones desfavorables por los repetidos golpes que recibe, esto se debe al aumento progresivo de las cargas y la velocidad de los trenes originando el deterioro y los consiguientes problemas de mantenimiento, también se refleja el desgaste de las caras y patas de la

rana, lo cual si se permite que el mismo llegue por debajo de los límites mínimos de tolerancia establecidos, se corre el riesgo que la rueda del tren se descarrile por no tener el canal especificado por la norma, lo que genera pérdidas enormes a la administración ferroviaria, ocasionando que su mantenimientos se aún más prolongando.

Esta situación ha ocasionado descarrilamientos de los trenes que transitan diariamente por la misma, que posteriormente producen desgastes mecánicos a los rieles, al balasto y terraplenes, que necesitan ser inspeccionados y reparados periódicamente por la Gerencia De Ferrocarril. Es por ello que el presente proyecto se orienta a realizar un estudio del impacto económico que tendrá el cambio de tecnología de los cambiavías de vía clásica a vía elástica para garantizar que todos los acontecimientos mencionados anteriormente sean reducidos o eliminados por completo.

5.3.1 UBICACIÓN DE LOS CAMBIAVÍAS

La vía principal está conformada por 6 desvíos principales, los cuales son los siguientes: matanzas ubicado en km 14, margarita en el km 28, lindero en km 53, tocoma en el km 74, pilar en el km 94 y el cerrito km 112. En estos los trenes hacen encuentros para cambios de tripulación o para darle paso a tren cargado o vacío, según la prioridad del momento. Cada desvío está compuesto por dos cambiavías en los extremos, los cuales permiten el cruce de trenes.

En la figura 16, se muestra un bosquejo del sitio donde se encuentran ubicados cada uno de estos desvíos, para tener una mejor visualización de cómo están conformados cada uno de ellos.

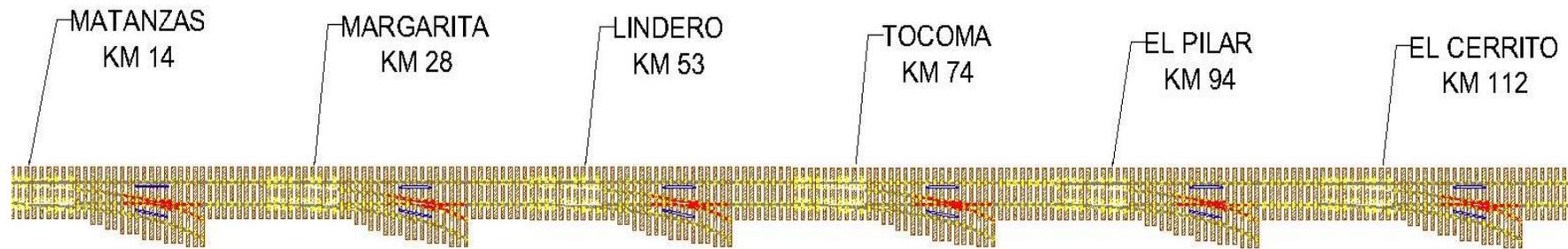


Figura 16. Sistema de cambiavías lineal principal.

Fuente. Elaboración propia (2013).

5.4 ANÁLISIS DE FALLAS PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS ACTUAL

Para corroborar el estado de los cambiavías, semanalmente se realiza la inspección de cada uno de estos, bajo el formato 4501 (*Ver anexo 1*) de CVG Ferrominera Orinoco, donde se realiza el procedimiento explicado previamente en la situación actual, todo esto para dar un reporte de los elementos del cambiavías que sufren mayor impacto y corroborar que la abertura de trocha (separación entre rieles), se encuentre entro los límites permitidos por las normas internas.

Durante la realización de este proyecto, se realizaron varias inspecciones donde se pudo evidenciar varios cambiavías, entre los que destacan por su criticidad, los que están ubicados en los km 14, 16, 28, 53, 55, 74, 94, cuyos elementos más importantes, como lo son: ranas, agujas, durmientes y fijaciones, se encuentran en mal estado; es por ello que se considera necesaria la aplicación del análisis de Pareto, el cual permite la identificación de aquellos elementos los cuales son la fuente de la mayor cantidad de fallas reportadas para el sistema de cambia vías de durmientes de madera.

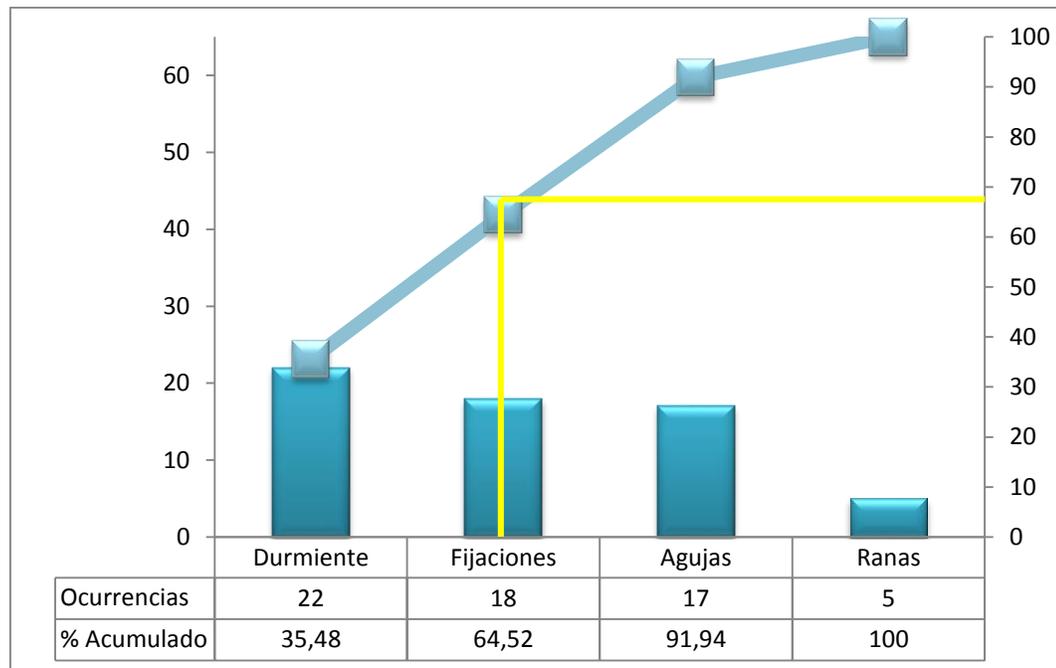
Para ello se utilizan los datos presentados en la tabla posterior, donde se reflejan la frecuencia total de fallas y el porcentaje representativo de éstas, se presentan en orden descendente debido a la particularidad que representa la ordenación del gráfico para el análisis (*Ver tabla 1*).

Tabla 1. Frecuencia de fallas.

Tipo de Falla	Frecuencia	% de Ocurrencia de Falla	% de Ocurrencia Acumulada
Durmientes	22	35.48	35.48
Fijaciones	18	29.03	64.52
Agujas	17	27.42	91.94
Ranas	5	8.06	100
TOTAL	62		

Fuente: Anexo 1.

Basándonos en la tabla anterior, fue posible utilizar el diagrama de Pareto para asignar un orden de prioridades a las causas que originan el efecto. Este diagrama nos permite la visualización de los factores que originan el 80% de los efectos o problemas, para determinar los aspectos prioritarios que se tienen que tratar e identificar las oportunidades de mejora. Primeramente, fue necesario calcular los porcentajes individuales y acumulados de cada una de las fallas, para poder construir la siguiente gráfica (*ver gráfico 1*).



Gráfica 1. Diagrama de Pareto.

Fuente: Tabla 1.

Entre la tabla y el gráfico mostrados previamente se puede deducir lo siguiente:

- 1) Los durmientes de madera representa un aproximado de 35,5% de las fallas totales del sistema de cambiavías, lo cual sustenta lo visualizado en el diagnóstico y hace presumir que éste es el elemento más crítico que presentan dichos cambiavías.
- 2) Entre los 2 primeros elementos del cambiavías (Durmientes y Fijaciones) se contabiliza más del 50% de las fallas, lo que sectoriza en 2 de los 4 componentes, la atención en cuanto a la frecuencia de fallas.

- 3) El gráfico de Pareto, en oportunidad de su sugerencia de pocos vitales y muchos triviales, mejor conocida como el 80-20, indica que se debe centrar la atención en 2 de los 4 componentes principales del cambiavías, (Durmientes y Fijaciones), sin embargo, esta consideración no debe ser ratificada como exacta, dado que, sólo evalúa un aspecto de los inherentes al comportamiento de los equipos (frecuencia de fallas).
- 4) La línea amarilla, en el gráfico de Pareto indican a los pocos vitales y muchos triviales, respectivamente, en correspondencia a la intersección de la poligonal abierta con una perpendicular al 80%, como se mencionó previamente en el Marco Teórico en su Ítem 3.12.1.

Una vez determinadas cuales son las fallas del sistema que presentan mayor recurrencia, es necesario evaluar cuáles son las causas, que generan que tanto durmiente de madera y fijaciones se encuentren en tan mal estado, para ello se procede a realizar un diagrama de Ishikawa, de los componentes del cambiavías mencionados anteriormente (*Ver figura 17 y 18*).

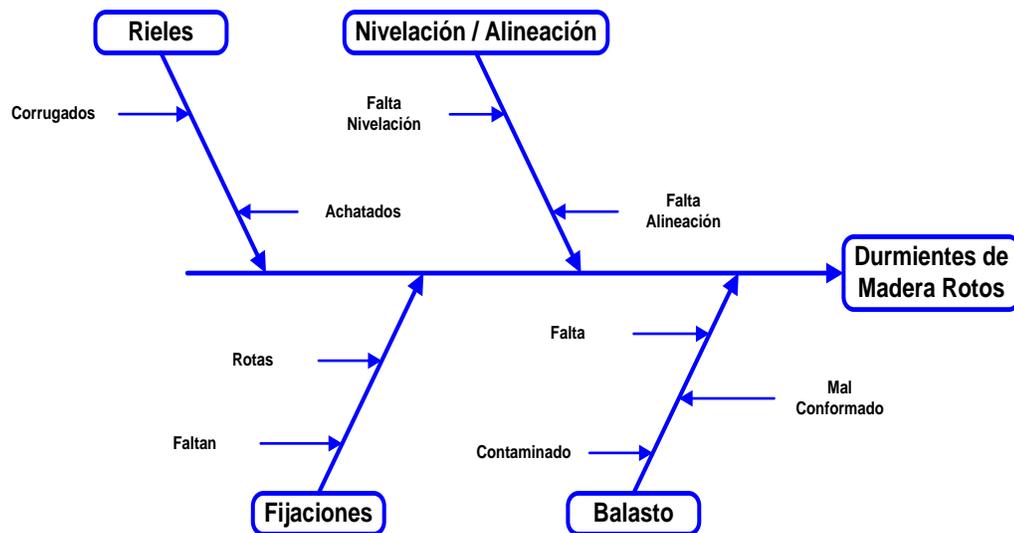


Figura 17. Diagrama de Ishikawa Durmientes.

Fuente: Elaboración propia (2013).

En el diagrama de Ishikawa presentado anteriormente, se puede observar que los rieles corrugados y achatados, son factor importante para el mal estado de los durmientes, ya que, con el paso de los trenes a altas velocidades genera fuertes choques, denominados “golpeteos” entre rueda y riel, ocasionando que se agudicen los esfuerzos en esta zona, deteriorando progresivamente el durmiente.

Existe desnivelación de la vía, cuando hay hundimiento de esta, muy por debajo de los niveles normales permitidos, produciéndose así ciertos baches que conllevan a que se genere altos impactos con el paso de los trenes, y por consiguiente el daño de los durmientes, de igual forma existe desalineación cuando la vía presenta un desvío pronunciado, con respecto a los parámetros de trocha establecidos (1435 mm), produciendo los mismos efectos explicados anteriormente.

Sabemos que el balasto es el sostén de toda la superestructura ferroviaria, por lo tanto si existe deficiencia de este, los durmientes no poseen un buen soporte, sufriendo en gran manera las cargas ejercidas sobre estos. Cuando no hay un buen conformado de balasto, este no se encuentra bien compactado por debajo de los durmientes y no ejerce una de sus principales funciones, que es la de distribuir los esfuerzos por el peso de los trenes, Por último la contaminación de este con mineral de hierro, permite que se forme a la hora de las precipitaciones una mezcla que al secar forma una superficie dura anulando las propiedades de distribución de esfuerzos y desagüe que permiten al agua filtrarse.

Para finalizar, si las fijaciones no están presentes o están fallando, no hay una sujeción firme entre riel y durmiente, creando movimientos bruscos de los rieles sobre estos, deformando e inhibiendo sus propiedades elásticas.

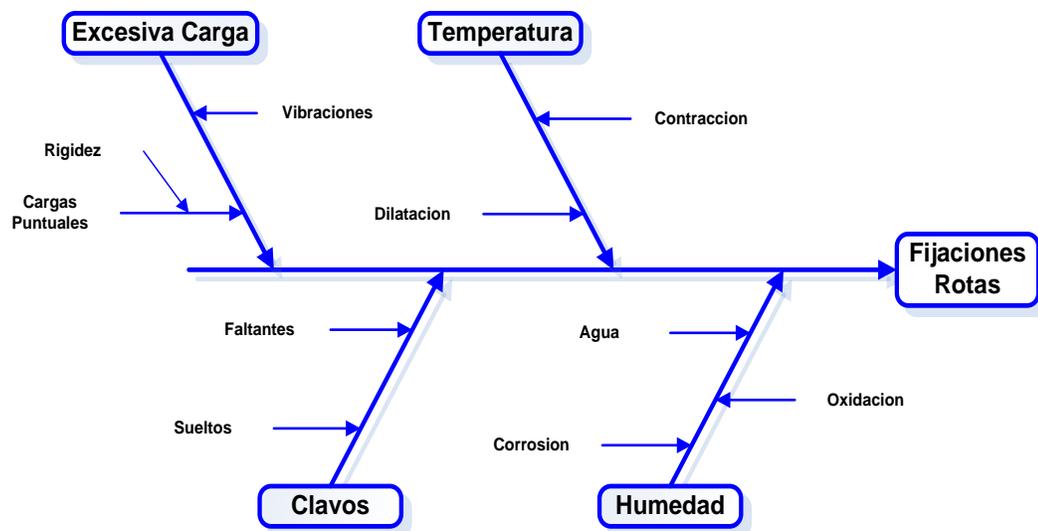


Figura 18. Diagrama de Ishikawa Fijaciones.

Fuente: Elaboración propia (2013).

Una de las razones más determinantes para que la súper estructura ferroviaria sufra, en especial las fijaciones, es la excesiva carga de los trenes, en muchas oportunidades estos parten desde el cerro Bolívar con exceso de mineral de hierro en sus vagones, pues no existe un control exacto en cuando a la cantidad de mineral que estos deben cargar, formando a la hora del traslado grandes vibraciones, donde las fijaciones por ser de sujeción rígida, sin ningún tipo de material elástico o amortiguador concentran el 100% del peso, cargas y esfuerzos hacia la súper estructura ferroviaria.

Dos factores ambientales como lo son temperatura y humedad, son influyentes para el deterioro de las fijaciones. La temperatura genera la dilatación y contracción de los rieles, al acontecer esto, las fijaciones sufren por la constante presión ocasionada por los rieles, por otra parte, la humedad influye directamente sobre estas, pues por ser estructuras metálicas sin ningún tipo de recubrimiento y al estar a la intemperie, los efectos de oxidación y corrosión son mucho más veloces, debilitando entonces sus funciones de sujeción entre durmiente riel.

Siendo los clavos de vías, el elemento que mantiene la fijación durmiente - riel, es que sufre más al momento del paso de los trenes, produciendo roturas y debilitamiento que conlleva a la perdida de los mismos y acelerando el deterioro de los otros componentes (placas de asiento y de sujeción).

5.5 ANALISIS FODA PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS ACTUAL.

Para la realización de dicho análisis es ineludible plasmar las Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas que presenta el sistema de cambiavías, las cuales se presentan a continuación.

Fortalezas

- ✓ Fácil transporte y sustitución de los durmientes, debido a su bajo peso.
- ✓ Buen comportamiento de los durmientes en descarrilamientos, pues no se parten fácilmente.
- ✓ Los durmientes presentan una buena elasticidad.
- ✓ Los durmientes presentan un buen aislamiento eléctrico.
- ✓ Personal calificado para realizar el mantenimiento.
- ✓ Se dispone de las herramientas y equipos para realizar los mantenimientos correctivos.

Debilidades

- ✓ Los durmientes de madera suponen un gasto creciente, debido a su escasez.
- ✓ La vida útil de los durmientes de madera es menor.
- ✓ Los durmientes de madera suponen un mayor impacto ambiental, por ser un recurso natural ecológico y la tala descontrolada está prohibida mundialmente por el efecto invernadero que provoca.
- ✓ La fijación por medio de clavos de vía con el tiempo pierde su efectividad, esto provoca un mal comportamiento en la conservación del ancho de vía.
- ✓ Las fijaciones por ser rígidas, transmiten el 100% de las cargas y esfuerzos hacia la superestructura ferroviaria.
- ✓ En la instalación de las fijaciones, se emplea mucho tiempo y esfuerzo por parte de los trabajadores.
- ✓ Los durmientes por ser de madera Absorben el agua, generando pudrición, cultivo de hongos y bacterias.
- ✓ Unión de rieles de apoyo y curvos por medio de eclisas.

- ✓ No se dispone de suficiente rotación de las cuadrillas de mantenimiento.

Amenazas

- ✓ Excesiva maleza.
- ✓ Contaminación de mineral.
- ✓ Condiciones ambientales extremas (temperatura, humedad, precipitaciones).
- ✓ Alta inseguridad.
- ✓ Falta de iluminación.
- ✓ Poca disponibilidad de los equipos.
- ✓ No hay gestión oportuna en el pedido de repuestos y materiales.

Oportunidades

- ✓ Fijaciones elásticas.
- ✓ Durmientes de hormigón.
- ✓ Soldadura aluminotermica.
- ✓ Disponibilidad de servicio de empresas foráneas.
- ✓ Disposición de los cuerpos de seguridad del estado.

CAPÍTULO VI

ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el marco de este capítulo se exponen las técnicas aplicadas para la evaluación del actual sistema de cambiavías, en base a las fallas y la representación de un layout del mismo. Como consecuencia, se desarrollan estrategias de mejora para este sistema mediante el análisis FODA, para posteriormente determinar una nueva alternativa tecnológica y realizar una comparación entre ambas. En la culminación del capítulo, se presenta el plan de ejecución de la alternativa seleccionada, el cual describe cómo debe ser su implementación y adecuación a la línea principal de la vía férrea.

6.1 ESTRATEGIAS DE MEJORA PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVÍAS ACTUAL.

Para la formulación de las estrategias de mejora, se utilizara en esta oportunidad el análisis FODA. Las estrategias FO, DO, FA y DA se desarrollan al realizar una comparación de las Fortalezas, Debilidades, Oportunidades y Amenazas, formuladas en el ítem 5.5 del capítulo anterior y se procederá como se explicó anteriormente en el ítem 3.2 del marco teórico, es por ello que cada una de estas se presentan a continuación en la siguiente tabla (Ver tabla 2).

Tabla 2. Análisis FODA

<p style="text-align: center;">FODA Sistema de Cambiavías de Vía Clásica</p>	<p style="text-align: center;">Fortalezas (F)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fácil transporte y sustitución de los durmientes, debido a su bajo peso. ➤ Buen comportamiento de los durmientes en descarrilamientos, pues no se parten fácilmente. ➤ Los durmientes presentan una buena elasticidad. ➤ Los durmientes presentan un buen aislamiento eléctrico. ➤ Personal calificado para realizar el mantenimiento. ➤ Se poseen las herramientas y equipos para realizar los mantenimientos correctivos 	<p style="text-align: center;">Debilidades (D)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Los durmientes de madera suponen un gasto creciente, debido a su escasez. ➤ La vida útil de los durmientes de madera es menor. ➤ Los durmientes de madera suponen un mayor impacto ambiental, por ser un recurso natural ecológico y la tala descontrolada está prohibida mundialmente por el efecto invernadero que provoca. ➤ La fijación por medio de clavos de vía con el tiempo pierde su efectividad, esto provoca un mal comportamiento en la conservación del ancho de vía. ➤ Las fijaciones por ser rígidas, transmiten el 100% de las cargas y esfuerzos hacia la superestructura ferroviaria. ➤ En la instalación de las fijaciones, se emplea mucho tiempo y esfuerzo por parte de los trabajadores. ➤ Los durmientes por ser de madera Absorben el agua, generando pudrición, cultivo de hongos y bacterias. ➤ Unión de rieles de apoyo y curvos por medio de eclisas. ➤ No se dispone de suficiente rotación de las cuadrillas de mantenimiento.
<p style="text-align: center;">Oportunidades (O)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Fijaciones elásticas. ➤ Durmientes de hormigón. ➤ Soldadura aluminotermica. ➤ Disponibilidad de servicio de empresas foráneas. ➤ Disposición de los cuerpos de seguridad del estado. 	<p style="text-align: center;">Estrategias (FO)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Aprovechar la buena elasticidad de los durmientes de madera y su resistencia a los descarrilamientos, combinándolos con fijaciones elásticas para una mejor distribución de esfuerzos. ➤ Contratar empresas foráneas para operar la mayor cantidad de herramientas y equipos al mismo tiempo, y de esta manera poder atacar y corregir los cambiavías en estado crítico de manera rápida y oportuna. ➤ Aprovechar el bajo peso de los durmientes, realizando alianzas con empresas foráneas para que se haga un traslado rápido y seguro de estos y de esta manera se lleve a cabo el mantenimiento correctivo. 	<p style="text-align: center;">Estrategias (DO)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Implementar durmientes de hormigón, pues presentan el doble de vida útil y menor impacto ambiental que los durmientes de madera. ➤ Implementar fijaciones elásticas, ya que estas a diferencia de las fijaciones por medio de clavos de vías, disipan el 60% de los esfuerzos hacia afuera y solo el 40 hacia la súper estructura ferroviaria. ➤ Realizar la unión de rieles de apoyo y curvos por medio de la soldadura aluminotermica. ➤ Incluir obreros de empresas foráneas y contratistas en las cuadrillas de mantenimiento de la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras, para de esta manera cubrir el déficit de personal.
<p style="text-align: center;">Amenazas (A)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Excesiva maleza ➤ Contaminación de mineral. ➤ Condiciones ambientales extremas (temperatura, humedad, precipitaciones). ➤ Alta inseguridad. ➤ Falta de iluminación. ➤ Poca disponibilidad de los equipos. ➤ No hay gestión oportuna en el pedido de repuestos y materiales 	<p style="text-align: center;">Estrategias (FA)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Aplicar de forma correcta los planes de mantenimiento preventivo y correctivo sobre las maquinarias y equipos, para que de esta manera estos posean un alto porcentaje de disponibilidad, y puedan ser utilizados el mayor tiempo posible en las correcciones de los cambiavías afectados. ➤ Efectuar los pedidos de repuestos y materiales en tiempo y forma oportuna, de modo que siempre se tenga disposición de estos en el almacén, y así no se generen retrasos a la hora de utilizar estos componentes en el mantenimiento de los cambiavías. 	<p style="text-align: center;">Estrategias (DA)</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Iluminar la vía férrea para que se puedan realizar mantenimientos correctivos en cualquier horario. ➤ En horas nocturnas, prestar cuerpos de seguridad, de manera que se pueda trabajar de manera segura y tranquila. ➤ Utilizar periódicamente anticorrosivos y recubrimientos sobre fijaciones y durmientes, para que no se genere pudrición, oxidación, hongos y bacterias sobre estos. ➤ Contratar cuadrillas de mantenimiento para el desmalezamiento de los cambiavías y de esta manera poder visualizar los desperfectos de estos presentan, reportándose de manera inmediata para su pronta corrección.

Fuente: Elaboración propia (2013).

Este análisis se hizo con la finalidad de elaborar estrategias para optimizar la gestión de mantenimiento del sistema de cambiavías, del cual se pudo de deducir las siguientes:

Estrategias (FO)

- ✓ Aprovechar la buena elasticidad de los durmientes de madera y su resistencia a los descarrilamientos, combinándolos con fijaciones elásticas para una mejor distribución de esfuerzos.
- ✓ Contratar empresas foráneas para operar la mayor cantidad de herramientas y equipos al mismo tiempo, y de esta manera poder atacar y corregir los cambiavías en estado crítico de manera rápida y oportuna.
- ✓ Aprovechar el bajo peso de los durmientes, realizando alianzas con empresas foráneas para que se haga un traslado rápido y seguro de estos y de esta manera se lleve a cabo el mantenimiento correctivo.

Estrategias (DO)

- ✓ Implementar durmientes de hormigón, pues presentan el doble de vida útil y menor impacto ambiental que los durmientes de madera.
- ✓ Implementar fijaciones elásticas, ya que estas a diferencia de las fijaciones por medio de clavos de vías, disipan el 60% de los esfuerzos hacia afuera y solo el 40 hacia la súper estructura ferroviaria.
- ✓ Realizar la unión de rieles de apoyo y curvos por medio de la soldadura aluminotermica.

- ✓ Incluir obreros de empresas foráneas y contratistas en las cuadrillas de mantenimiento de la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras, para de esta manera cubrir el déficit de personal.

Estrategias (FA)

- ✓ Aplicar de forma correcta los planes de mantenimiento preventivo y correctivo sobre las maquinarias y equipos, para que de esta manera estos posean un alto porcentaje de disponibilidad, y puedan ser utilizados el mayor tiempo posible en las correcciones de los cambiavías afectados.
- ✓ Efectuar los pedidos de repuestos y materiales en tiempo y forma oportuna, de modo que siempre se tenga disposición de estos en el almacén, y así no se generen retrasos a la hora de utilizar estos componentes en el mantenimiento de los cambiavías.

Estrategias (DA)

- ✓ Iluminar la vía férrea para que se puedan realizar mantenimientos correctivos en cualquier horario.
- ✓ Tener vigilancia de los cuerpos de seguridad, de manera que se pueda trabajar de manera segura y tranquila en horas nocturnas.
- ✓ Utilizar periódicamente anticorrosivos y recubrimientos sobre fijaciones y durmientes, para que no se genere pudrición, oxidación, hongos y bacterias sobre estos.
- ✓ Contratar cuadrillas de mantenimiento para el desmalezamiento de los cambiavías y de esta manera poder visualizar los desperfectos de estos presentan, reportándose de manera inmediata para su pronta corrección.

6.2 DETERMINAR LA NUEVA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA

De acuerdo a los aspectos estudiados en la situación actual del sistema de cambiavías de durmientes de madera, se requiere un sistema que garantice en primera, que la infraestructura ferroviaria realice una mejor distribución de esfuerzos y cargas transversales, segundo al minimizar estos esfuerzos, los trenes y equipos rodantes sufren menos, disminuyendo su tiempo de mantenimiento y de fallas.

Para lograr el objetivo general de este proyecto es necesario realizar una serie de modificaciones al sistema de cambiavías, debido a que se deben adquirir nuevos implementos y materiales que cumplan con los requerimientos actuales de los cambiavías, que contengan elementos de amortiguación y distribución que alarguen la vida útil de la vía férrea.

Si bien a los durmientes de madera y fijaciones, no se le hicieron pruebas de ningún tipo en este proyecto, físicamente se pudo determinar que su estado no es adecuado, ni el apropiado para un sistema de cambiavías.

La propuesta radica en la instalación de tecnología que permita realizar una buena distribución de cargas transversales y longitudinales, generadas por el constante paso de trenes cargados con mineral, permitiendo así, poseer el 100% de los cambiavías, y por consiguiente, la vía férrea de CVG Ferrominera Orinoco de vía elástica, para ello se tiene planteado la adecuación de los implementos de soporte y fijación, mediante la *instalación de durmientes de hormigón, fijaciones elásticas y sistema de rodillos para el pie de la aguja* que mejoren el funcionamiento, lubricación, mantenimiento y alargaran la vida útil de cada uno de los componentes del cambiavías.

Para la alternativa planteada, se sugiere instalar durmientes de hormigón, fijaciones elásticas Vossloh y resbaladeras de rodillos para el pie

de la aguja, que permitirían disipar el 60% de las cargas hacia afuera y solo el 40% restante hacia la infraestructura ferroviaria, desgastando mucho menos la vía, trenes y equipos rodantes, así como una mejor lubricación, disminuyendo los desgastes de todos los elementos.

A continuación se explica la a propuesta de adecuación tecnológica una vez analizado los resultados de los estudios, tomando en cuenta los requerimientos por parte de CVG Ferrominera Orinoco.

6.2.1 EVALUACIÓN DE LA NUEVA ALTERNATIVA TÉCNICA: INSTALACION DE DURMIENTES DE HORMIGON, FIJACIONES VOSSLOH Y REBALADERAS DE RODILLO.

✓ DURMIENTES DE HORMIGON MONOBLOQUE ITISA

Descripción:

Los durmientes son elementos utilizados en las líneas de ferrocarril, los cuales se colocan sobre una capa de material granular conocido como balastro y sirven de apoyo para los rieles de acero. La función principal de los durmientes consiste en transmitir las cargas al balastro, producto del paso del ferrocarril.

El durmiente mono bloque está formado por una sola pieza de concreto con pre esfuerzo de acero, son un tipo de durmientes que aparece ante la necesidad de buscar elementos más baratos y abundantes que la madera. Todo lo expuesto anteriormente se puede visualizar de mejor manera en la figura 19 que se muestra a continuación (*Ver Figura 19*).



Figura 19. Durmientes de hormigón.

Fuente: <http://es.made-in-china.com/>

Especificaciones técnicas:

Para conocer cada una de las propiedades del durmiente de hormigón se presenta la siguiente tabla, que permitirá corroborar que se seleccionó el tipo de durmiente apropiado y que presenta los requerimientos mínimos exigidos por la empresa, de manera que se pueda realizar una correcta instalación para la adecuación. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Especificaciones técnicas durmientes de hormigón.

ESPECIFICACIONES GENERALES	
CARGA POR EJE	32.6 t
DURMIENTE TIPO	POSTENSADO
DURMIENTE USADO	EN VÍA PRINCIPAL DE FERROCARRIL
INCLINACIÓN EN EL ASIENTO DEL RIEL	1:40
PESO APROX. DEL DURMIENTE	310 KG.
SECCIÓN DEL RIEL	115 RE Y 136 RE
SEPARACIÓN ENTRE DURMIENTE	60 CM
TIPO DE FIJACIÓN	VOSSLOH
ESCONTILLÓN DE VÍA	1435 mm

Fuente: <http://www.itisa.mx/>

En la tabla planteada anteriormente se puede observar aspectos importantes como: la carga por eje que resisten estos durmientes es de 32.6 toneladas, estando dentro de los parámetros establecidos por CVG Ferrominera Orinoco, puesto que los trenes de carga ejercen una presión de 32 toneladas por eje.

Otro aspecto importante de este durmiente, es que es de tipo postensado, siendo el más recomendable por los expertos, ya que presenta una mayor resistencia a las cargas ejercidas por los trenes; adapta rieles tipo 115 RE y 136 RE, siendo el 115 RE el utilizado por la empresa y usa fijaciones tipo Vossloh, que forman parte de la propuesta para esta adecuación.

Para su instalación hay que tomar en cuenta que la separación de los durmientes es de unos 60 cm y el escantillón de la vía (ancho de trocha), que es la separación de riel a riel, es de 1435 mm o que es lo mismo que 56 ¼ de pulgada, todo esto dentro de los parámetros establecidos por CVG

Ferrominera Orinoco. A continuación se presenta el layout del durmiente de hormigón, donde se puede apreciar largo, ancho, altura, así como los diferentes cortes transversales de dichos durmientes (Ver Figura 20).

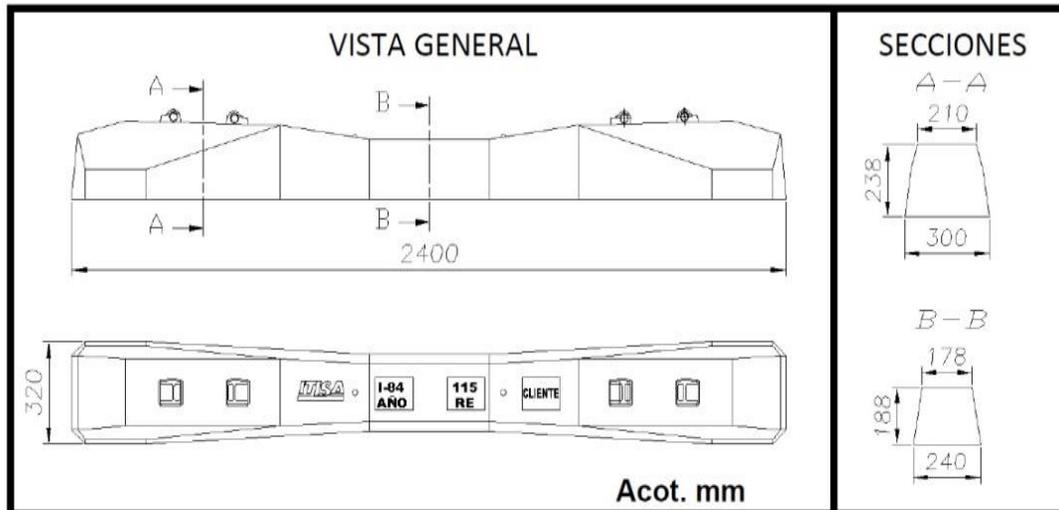


Figura 20. Layout durmiente de hormigón.

Fuente: <http://www.itisa.mx/>

En la figura 20 se puede apreciar que el durmiente presenta, largo de 2400 y ancho de 320. En la sección A-A, siendo esta la sección más gruesa, presenta ancho inferior de 300, ancho superior de 210 y altura de 238, por otra parte, la sección B-B, que es la sección más delgada, muestra ancho inferior de 240, ancho superior de 178 y altura de 188. Todas estas dimensiones han sido acotadas en milímetros.

Características:

1. Los durmientes de hormigón son más duraderos debido a la naturaleza de su material inorgánico, constituido por cemento, grava y arena, pero son más susceptibles a los impactos.
2. El durmiente de hormigón ha tenido una amplia aceptación en todas las redes ferroviarias del mundo y de Venezuela.

3. La instalación de durmientes de hormigón se encuentra en su mayoría con edades entre 20 y 40 años de servicio y muestran condiciones físicas muy favorables como para pensar que su servicio se pueda extender a unos 20 años más para las más antiguas. En general asumir 50 años de vida útil es razonable y conservador.
4. Esta tecnología también nos presenta grandes ventajas con respecto al medio ambiente, ya que, no se constituye principalmente de madera.
5. El apriete periódico de las fijaciones y la conservación geométrica del trazado permiten que la vida útil esperada para el durmiente de hormigón, sobrepase los 50 años.
6. A su vez, es importante destacar que los descarrilamientos causan daños muy severos a los durmientes hormigón, los cuales se comportan de manera más quebradiza que los durmientes de madera. Sin embargo, la vía se diseña para ser mantenida dentro de ciertos parámetros de seguridad, y no para resistir los grandes esfuerzos de tensión que se producen por una rueda descarrilada.

✓ **FIJACIONES VOSSLOH**

Descripción:

Las fijaciones se implementan para vías sobre balasto y sobre concreto, para todas las zonas climáticas y perfiles de carga, para tránsito pesado, de alta velocidad, así como vías urbanas.

Basándose en sus soluciones probadas y verificadas, Vossloh está desarrollando sistemas de fijaciones para responder a requerimientos especiales, por ejemplo líneas de carga pesada sujetas a altas fluctuaciones de temperatura – en Rusia, América del Norte y Sur o Australia, las

temperaturas que van desde -60°C a $+50^{\circ}\text{C}$ tienen un impacto desgastante en las vías.

Los sistemas Vossloh aseguran que las vías mantengan constantemente las mismas propiedades. Los clips W combinan una excepcional fuerza de sujeción, una superior resistencia dinámica a la fatiga y poderosa resistencia al arrastre, todo en uno. Esto asegura una operación segura aún bajo condiciones extremas, con un mínimo de remanente de desgaste y bajos costos de mantenimiento y operación. Para una mejor comprensión de la estructura e instalación de las fijaciones VOSSLOH, se presentan las siguientes imágenes (*Ver figura 21, 22 y 23*).

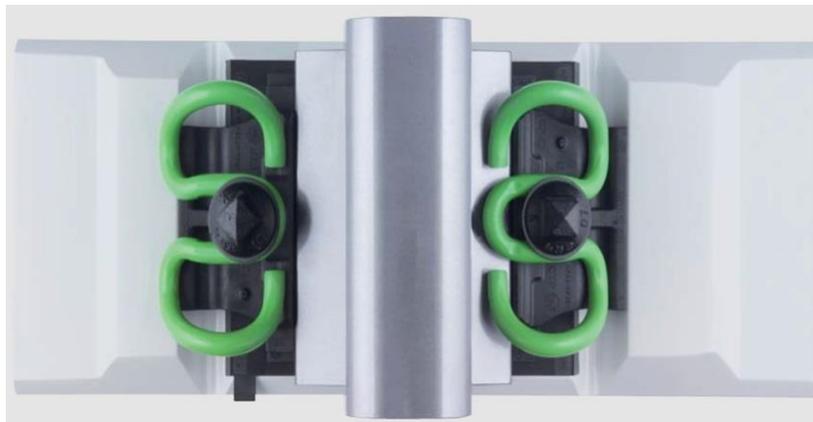


Figura 21. Vista superior fijaciones Vossloh.

Fuente: <http://www.vossloh-latin-america.com/>



Figura 22. Vista frontal fijaciones Vossloh.

Fuente: <http://www.vossloh-latin-america.com/>

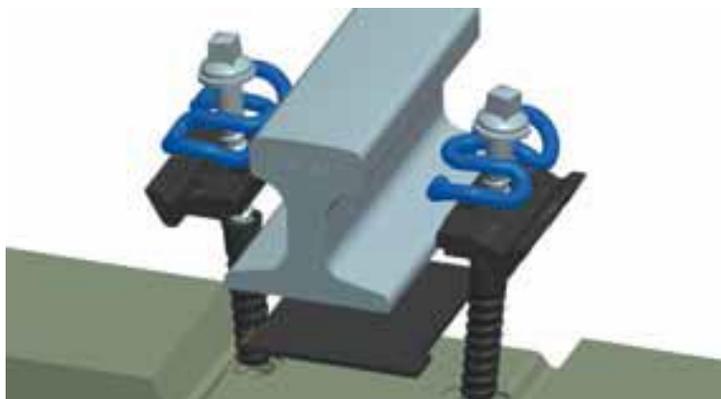


Figura 23. Ensamblaje de fijaciones Vossloh.

Fuente: <http://www.vossloh-latin-america.com/>

Características:

1. Clip elástico Skl 14 R con refuerzo a la fatiga de 1.8 mm.
2. Protección contra la inclinación de la vía a través de la parte central del clip y el diseño especial de la placa guía.

3. Reducción de costos de mantenimiento de la vía gracias a la tensión elástica permanente de los clips. (2 x 12 kN al pie del riel)
4. Ajuste de la trocha ± 10 mm en pasos de 2.5 mm.
5. Sistema cautivo, no hay pérdida de piezas durante el ensamblado.
6. Gran superficie aislante lateral para reducir el desgaste de la placa guía.
7. Almohadilla anti desgaste para reducir el desgaste del apoyo del riel.
8. Adherencia del pie del riel a la almohadilla sin influencia por la carga del riel.
9. Dos brazos tensionadores independientes para aplicar la sujeción del riel.
10. No hay aislador extra ni nada entre el clip y el pie del riel.
11. No se requiere componentes de desarme para el desestresado del riel.
12. La parte central del clip trabaja como un dispositivo anti vuelco que evita la pérdida de sujeción del riel por sobrecargas.
13. Descarrilamientos: Todos los componentes son intercambiables.

✓ **DISPOSITIVOS DE RODILLOS SCHWIHAG**

Descripción:

Las resbaladeras SCHWIHAG es un sistema de rodillos, que permite desvíos libres de engrase en el pie de las agujas. Cada uno de estos rodillos se puede ajustar individualmente en altura, es muy fácil de montar y se puede utilizar en desvíos nuevos y antiguos. Su fijación es directamente sobre el durmiente, obteniendo de esta manera un movimiento de aguja sin rozamiento y reducción de la fuerza de accionamiento, sin mencionar el libre

mantenimiento, fácil inspección, protección del medio ambiente y reducción de costos.

Para una mejor comprensión del funcionamiento, partes, beneficios y prestaciones que ofrecen las resbaladeras SCHWIHAG, se presentan las siguientes imágenes (Ver figura 24 y 25).



Figura 24. Dispositivos de rodillos SchwiHag.

Fuente: <http://www.schwihag.com/>

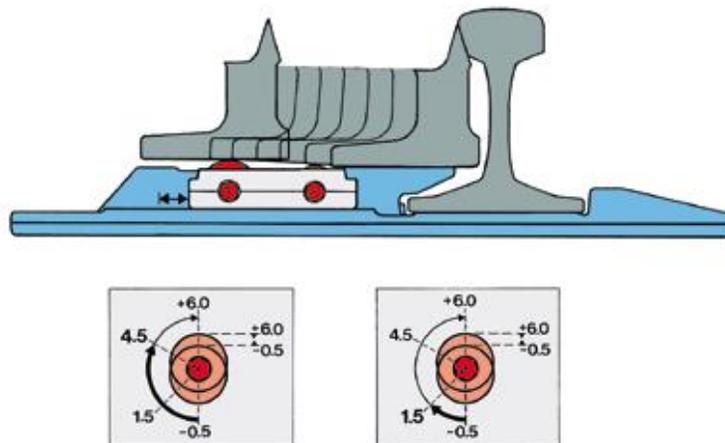


Figura 25. Funcionamiento de rodillos SchwiHag.

Fuente: <http://www.schwihag.com/>

Características:

1. Desplazamiento suave y continuo del carril de espadín debido al ajuste en altura de forma continua e individual de los rodillos entre -0,5 y +6,0 mm
2. El ajuste en altura de los rodillos hasta máx. +6,0 mm permite mayores distancias entre las traviesas con placas de rodillos.
3. La colocación combinada de las placas con rodillos IBAV en las traviesas no dificulta los trabajos de bateo.
4. En el resto del cambio se recomienda utilizar resbaladeras con plantillas libres de engrase y resistentes de corrosión o con un recubrimiento de molibdeno y sellado con cera lubricante.
5. Se pueden suministrar para todo tipo de carriles y perfiles de aguja.

6.2.2 PROCESO ANALITICO DE JERARQUIZACION

Para la selección de la nueva alternativa tecnológica, se hace necesaria una representación porcentual de esta y de su contraparte, es por ello que se calcularon cada uno de los porcentajes de peso de cada uno de los criterios y alternativas. Para la realización de dichos cálculos, se utilizó el método conocido como Proceso Analítico de Jerarquización (PAJ); el cual consiste en modelar el proceso en una jerarquía para establecer prioridades de los elementos de esta, haciendo una serie de juicios basados en comparaciones por pares de elementos, de modo que se pueda llegar a una decisión final basada en los resultados de este proceso.

En la primera etapa del proceso se requiere representar el problema mediante la construcción de un arreglo jerárquico, llamado árbol de decisión, como el que se muestra a continuación (*Ver figura 26*). En este caso, para seleccionar la alternativa deseada.

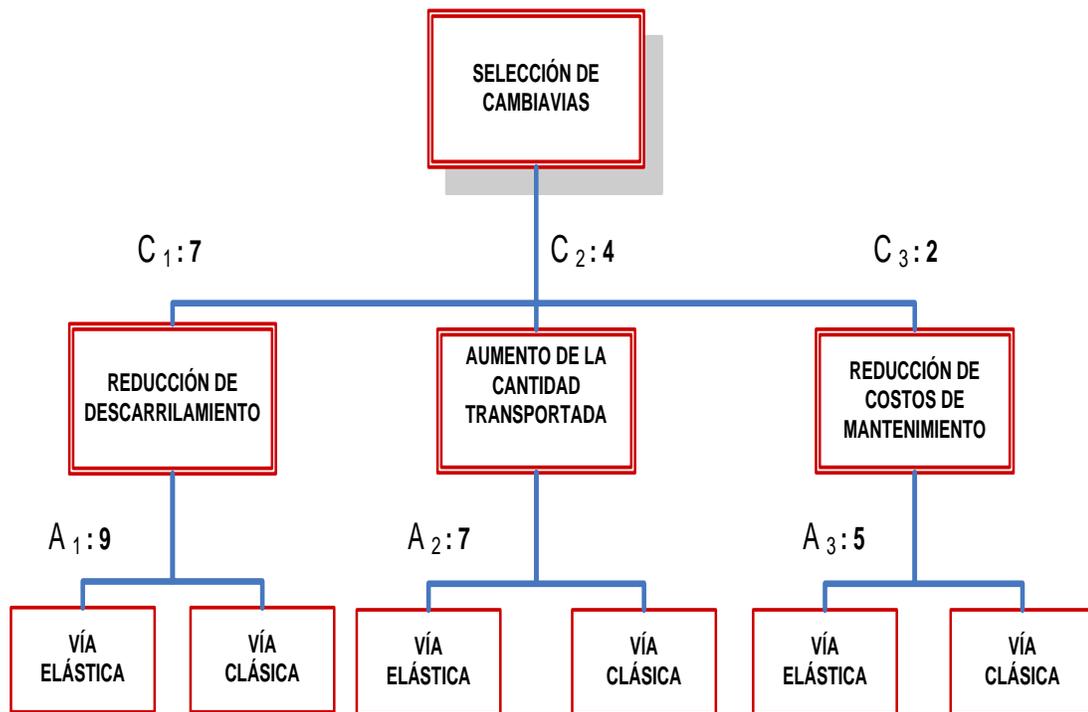


Figura 26. Diagrama de árbol del Proceso Analítico Jerárquico.

Fuente: Elaboración propia (2013).

Como se observa en la figura 26 el primer nivel del diagrama se refiere a la selección del tipo de cambiavías, seguidamente en el segundo los tres criterios a evaluar, donde tenemos, criterio uno (C_1): reducción de descarrilamiento, con una puntuación de 7, criterio dos (C_2): aumento de la cantidad transportada, con una puntuación de 4 y criterio tres (C_3): reducción de costos de mantenimiento, con una puntuación de 2. Posteriormente en el tercer y último nivel están las dos alternativas de tipo de cambiavías, encontrándose, la vía elástica (A_1) con 9 puntos y de igual forma A_2 con 7 y A_3 con 5, para su respectivo criterio.

Para la asignación de puntuaciones en el proceso analítico jerárquico, se realizaron entrevistas informales a 12 conservadores de vías, de la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y estructuras, a los cuales se les realizó las siguientes preguntas: ¿Cuál de los tres criterios (C_1 , C_2 , C_3) considera más importante?, ¿Para la reducción de descarrilamiento (C_1), que tipo de cambio es más importante?, ¿Para aumentar la cantidad transportada (C_2), que tipo de cambio es más importante? Y por último ¿Para reducir los costos de mantenimiento (C_3), que tipo de cambio es más importante?, solicitando que se diera una puntuación de acuerdo a la escala de Saaty (*ver anexo 2*), luego de haber recibido sus repuestas, estas se promediaron para obtener las puntuaciones anteriormente expuestas.

Con todos estos datos obtenidos, en la segunda etapa del proceso se procede a construir la matriz A, a partir de la comparación y grado de importancia, de cada uno de los criterios y alternativas. Las celdas dónde se cruzan elementos idénticos se les asigna el valor de 1, ya que, Método vs Método (por ejemplo) no es comparable porque son el mismo elemento. En la tabla 4 se muestra la matriz A que representa nuestro caso de estudio. (*Ver tabla 4*).

Tabla 4. Matriz de comparación A.

COMPARACIÓN DE CRITERIOS	Reducción de descarrilamiento	Aumento de la cantidad transportada	Reducción de costo de mantenimiento
Reducción de descarrilamiento	1	2	7
Aumento de la cantidad transportada	1/2	1	4
Reducción de costo de mantenimiento	1/7	1/4	1
SUMA	1.64	3.25	12.00

Fuente: Figura 26.

Avanzando con las siguientes etapas de construcción del Proceso Analítico Jerárquico, se realiza la normalización de la matriz, dividiendo cada uno de los términos de las columnas de la matriz entre el vector suma previamente calculado, y se halla los pesos relativos; para simplificar se presenta en una sola matriz el resultado de la normalización y de los pesos relativos, los cuales se calculan promediando las filas. (Ver tabla 5).

Tabla 5. Matriz de comparación A “normalizada”.

COMPARACIÓN DE CRITERIOS	Reducción de descarrilamiento	Aumento de la cantidad transportada	Reducción de costo de mantenimiento	PESOS W
Reducción de descarrilamiento	0.609	0.615	0.583	0.60
Aumento de la cantidad transportada	0.304	0.308	0.333	0.32
Reducción de costo de mantenimiento	0.087	0.077	0.083	0.08

Fuente: Tabla 4.

$$RI = 0$$

En la tabla 5 se puede observar los pesos relativos de cada uno de los criterios planteados para la selección de cambiavías: la reducción de descarrilamientos obtuvo el mayor peso (0.60), ésta es la razón que los expertos consideran más importante para el cambio de vía, seguida por el aumento de la cantidad transportada con 0,32 siendo el segundo criterio con mayor peso y en tercer lugar la reducción de costos de mantenimiento con un peso de 0,08 respectivamente.

Se puede notar que el valor de la Razón de Inconsistencia es 0 y como el valor obtenido está dentro del límite establecido que es menor o igual a 0.10, entonces la consistencia de la matriz es aceptable.

En el Apéndice A, se encuentran reflejados los cálculos de la Razón de Inconsistencia RI , la cual indica el grado de incoherencia que se cometió al calificar la importancia relativa de cada criterio para mayor comprensión de los cálculos (ver apéndice A).

Para continuar con el proceso de análisis, se calculan los pesos de las alternativas A_1 , A_2 y A_3 , con respecto a los criterios ya mencionados realizando el mismo procedimiento que se expuso anteriormente. A continuación se presentan cada uno de los cálculos realizados (Ver tabla 6, 7, 8, 9, 10 y 11).

Tabla 6. Matriz de comparación A1 de C1.

COMPARACION DE ALTERNATIVAS	Vía Elástica	Vía Clásica
	Vía Elástica	1
Vía Clásica	1/9	1
Suma	1.11	10

Fuente: Figura 26.

Tabla 7. Matriz de comparación A1 de C1 “normalizada”.

COMPARACION DE ALTERNATIVAS	Vía Elástica	Vía Clásica	Pesos
	Vía Elástica	0.9	
Vía Clásica	0.1	0.1	0.1

Fuente: Tabla 6.

Como se puede apreciar en la tabla 7, los expertos consideran que para la reducción de descarrilamientos, es mucho más importante el cambiavías de vía elástica (durmientes de hormigón) con un peso relativo (0.9) y su contraparte presenta uno de (0.1). Hay que tomar en cuenta que para esta matriz no se calcula razón de inconsistencia, pues de las entrevistas solo se obtuvo una calificación, por lo que no hay una fluctuación de datos, formándose una matriz dos por dos la cual se considera aceptable.

Tabla 8. Matriz de comparación A2 de C2.

COMPARACION DE ALTERNATIVAS	Vía Elástica	Vía Clásica
	Vía Elástica	1
Vía Clásica	1/7	1
Suma	1.14	8

Fuente: Figura 26.

Tabla 9. Matriz de comparación A2 de C2 “normalizada”.

COMPARACION DE ALTERNATIVAS	Vía Elástica		Vía Clásica	Pesos
	Vía Elástica	0.9	0.7	
Vía Clásica	0.13	0.1		0.11

Fuente: Tabla 8.

En esta oportunidad para la selección del tipo de cambiavías, los entrevistados consideran que para que se aumente la cantidad transportada es necesario que se implementen los cambiavías de durmientes de hormigón, pues presentan un peso mayor de 0.8, con respecto a los de vía clásica que presentan uno de 0.11.

Tabla 10. Matriz de comparación A3 de C3.

COMPARACION DE ALTERNATIVAS	Vía Elástica		Vía Clásica
	Vía Elástica	1	5
Vía Clásica	1/5	1	
Suma	1.20	6	

Fuente: Figura 26.

Tabla 11. Matriz de comparación A3 de C3 “normalizada”.

COMPARACION DE ALTERNATIVAS	Vía Elástica		Vía Clásica	Pesos
	Vía Elástica	0.9	0.5	
Vía Clásica	0.18	0.1		0.14

Fuente: Tabla 10.

Para la alternativa A₃, nuevamente el peso de vía elástica es mayor que la vía clásica, con 0.7 contra 0.14, sabiendo esto podemos decir que el primer tipo de cambiavías mencionado tiene mayor relevancia para reducir los costos de mantenimiento en el sistema que estamos trabajando.

Para finalizar, todos los pesos calculados anteriormente se colocaron en diagrama de árbol del análisis jerárquico, correspondientes a cada criterio y cada alternativa planteada como se muestra en la figura (Ver figura 27).

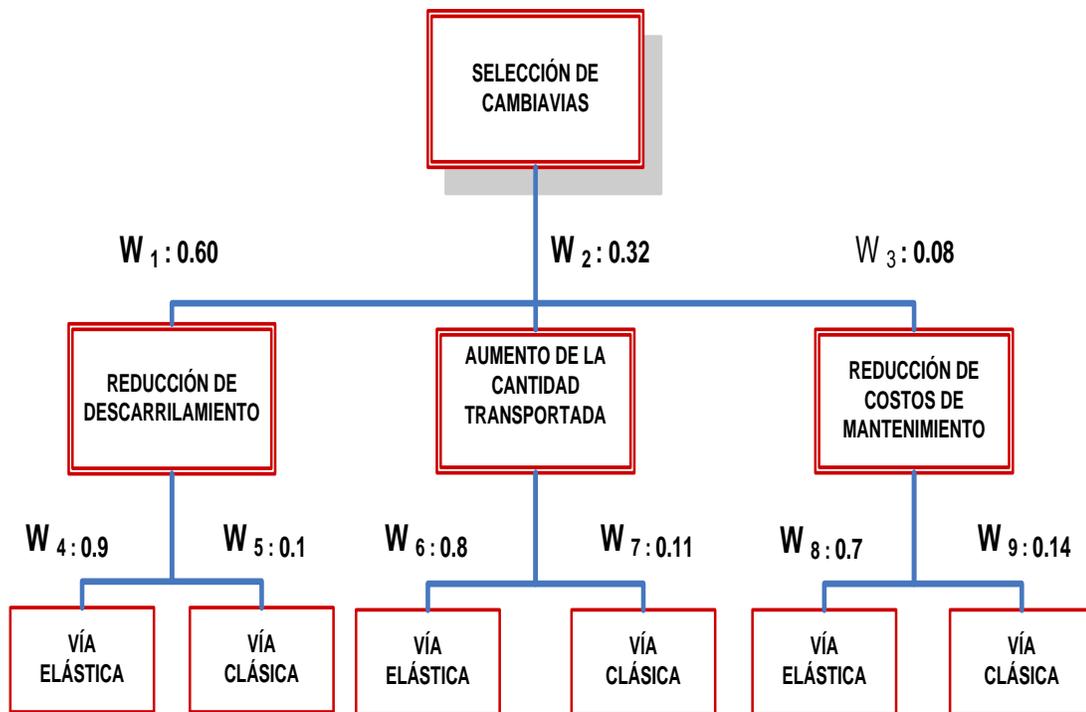


Figura 27. Pesos del diagrama de árbol del Proceso Analítico Jerárquico.

Fuente: Tablas 5, 7,9 y 11.

En esta oportunidad denominaremos los pesos con la letra W, luego de calcular y plasmar los pesos relativos en el diagrama de árbol, se realiza el cálculo de los pesos totales para los cambiavías de vía elástica y de vía

clásica respectivamente, esto permitirá que se tome una decisión en cuanto a que tipo de sistema se debe implementar, basado en la opinión de los expertos antes mencionados.

Para el cálculo de estos pesos totales, se multiplican los pesos de las alternativas por los pesos de los criterios correspondientes, y finalmente se suman entre sí, vía elástica y vía clásica respectivamente. Para una mejor visualización de lo explicado anteriormente se plantean las siguientes ecuaciones.

$$W_{via\ elastica} = (W_4 \times W_1) + (W_6 \times W_2) + (W_8 \times W_3)$$

$$W_{via\ elastica} = (0.9 \times 0.60) + (0.8 \times 0.32) + (0.7 \times 0.08) = 0.85$$

Por medio de la relación anterior se puede calcular el peso total que tiene la alternativa de cambiavías de vía elástica, el cual será el valor para comparar con el peso total de la otra alternativa, el cambiavía de vía clásica, cuya determinación se logra de manera similar, como se muestra a continuación.

$$W_{via\ clasica} = (W_5 \times W_1) + (W_7 \times W_2) + (W_9 \times W_3)$$

$$W_{via\ clasica} = (0.1 \times 0.60) + (0.11 \times 0.32) + (0.14 \times 0.08) = 0.10$$

Una vez calculados estos pesos, se procede a realizar una comparación de los mismos (*Ver tabla 12*), estableciendo que la alternativa que presente el mayor valor, es la que se debe seleccionar para realizar la

adecuación tecnológica, pues los expertos son los que diariamente realizan las actividades de inspección, verificación y mantenimiento.

Tabla 12. Pesos totales.

Peso total cambiavías de vía elástica	0.85
Peso total cambiavías de vía clásica	0.10

Fuente: Elaboración propia (2013).

Según los pesos totales, se debería implementar el sistema de cambia vías de vía elástica (durmientes de hormigón), pues arroja un valor de 0.85, muy superior a su contraparte que solo presenta 0.10 de peso total. En otras palabras, los expertos consideran que el sistema de durmientes de hormigón, fijaciones VOSSLOH y resbaladeras SCHWIHAG, puede contribuir en gran manera a reducir los descarrilamientos, aumentar la cantidad transportada y reducir los costos de mantenimiento.

6.3 CALCULO DE COSTOS ASOCIADOS

6.3.1 EVALUACION ECONOMICA PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVIAS DE VIA CLASICA.

Para la realización de la evaluación económica al sistema de cambiavías actual de CVG Ferrominera Orinoco, se logró obtener los costos anuales de operación y mantenimiento para el mes de junio de 2013, pues debido a la antigüedad y obsolescencia de este sistema no se consiguió su inversión inicial. Estos costos están estipulados para el mes de junio, es por eso que es necesario estimar cuanto será su incremento para los 6 meses restantes del año, desde julio hasta diciembre,

Para efectuar esto, es necesario conseguir el incremento intermensual de la inflación para los meses de julio, agosto, septiembre, octubre, noviembre y diciembre (Ver anexo 3). Primeramente se procede a multiplicar el incremento intermensual del mes de julio por los costos suministrados por la empresa, y al sumar el resultado obtenido con estos, conseguir los costos de operación y mantenimiento del mes siguiente y así sucesivamente hasta el mes de diciembre.

Para el sistema de cambiavías actual, es necesario realizar una proyección a futuro desde hoy, hasta unos 15 años, que corresponden a la vida útil del sistema de cambiavías de durmientes de madera. Todo esto para que se permita realizar una comparación acertada con el sistema propuesto de durmientes de hormigón.

Pero primeramente, para ejecutar lo expuesto anteriormente, se deben llevar los costos de operación y mantenimiento del año 2013 calculado anteriormente a un valor futuro (VF), específicamente al año 2014, pues es en el año uno que este sistema presentara costos de operación y mantenimiento. En la figura y calculados presentados a continuación e puede corroborar esto (Ver Figura 28).

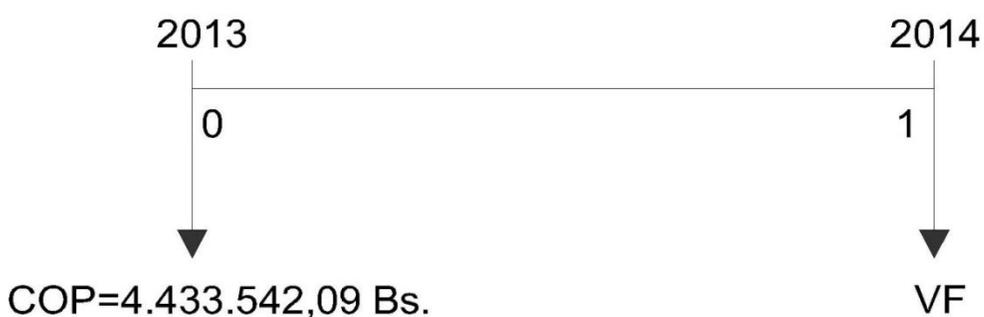


Figura 28. Flujo de caja para calcular valor futuro del sistema de cambiavías de vía clásica.

Fuente: Elaboración propia (2013).

✓ CALCULO DE VALOR FUTURO (VF).

1. $F = P(F/p, i\%, n)$
2. $VF_{(2014)} = COP_{(2013)} \times (F/p, 2\%, 1)$
3. $VF_{(2013)} = 4.433.542,09 \text{ Bs.} \times (1,0200)$

$$VF_{(2014)} = 4.522.212,93 \text{ Bs.}$$

En el ítem número uno se plantea la ecuación general para calcular el valor futuro, en base a esta en el número dos se realiza la ecuación para determinar nuestro valor futuro, donde se multiplican cada uno de los costos de operación y mantenimiento de 2013 calculados anteriormente con su respectivo factor, tomando en cuenta que se utiliza el incremento interanual de la inflación que tendrán estos costos ($i\%$) de 2 % y un n igual a uno, pues es en este donde se calcula el valor futuro.

Para finalizar se sustituyen los valores como se muestra en el ítem 3, donde los costos de operación y mantenimiento se extraen de la tabla mostrada en el anexo 3 y el factor $(F/p, i\%, n)$ de la tabla de flujo de efectivo discreto, factores de interés compuesto 2 % (Ver anexo 4).

Obtenido el valor futuro, se realizara la proyección que tendrán estos costos desde el año uno (2014) hasta el año 15 (2028), como se observa en el diagrama de flujo de caja (Ver figura 29) y posteriormente se calculara el valor presente neto (VPN) de estos, para saber cuánto es su valor hoy en día. Finalmente este valor presente se anualizara calculando el costo anual

equivalente (CAE), pues el sistema de cambiavías actual y el propuesto presentan vidas útiles diferentes y se deben comparar por el indicador anteriormente mencionado.

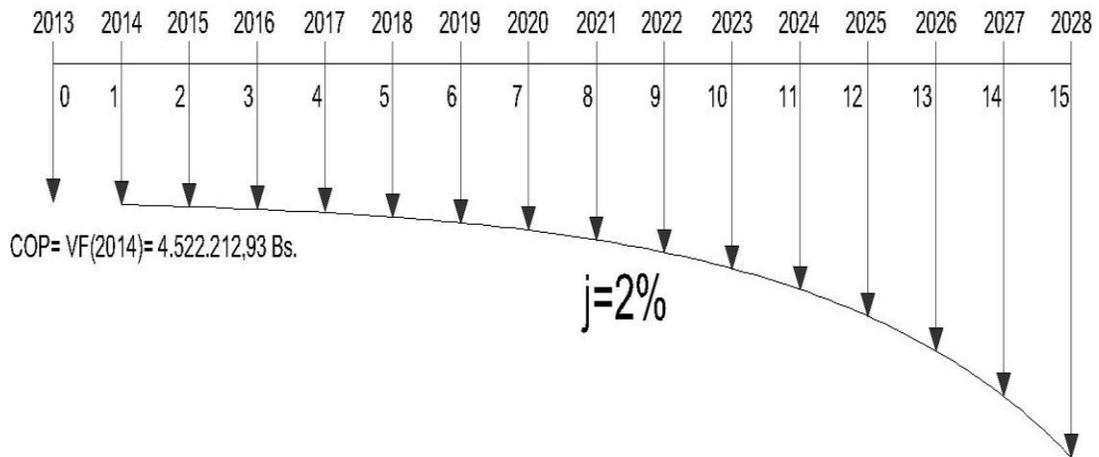


Figura 29. Flujo de caja para calcular valor presente de sistema de cambiavías de vía clásica.

Fuente: Elaboración propia (2013).

✓ CALCULO DE VALOR PRESENTE (VP)

$$1. P = B_{(j)} \times \left[\frac{1 - \left(\frac{1+j}{1+i}\right)^n}{i - j} \right]$$

$$2. VP = VF_{(2014)} \times \left[\frac{1 - \left(\frac{1+j}{1+i}\right)^n}{i - j} \right]$$

$$3. VP = 4.522.212,93 Bs. \times \left[\frac{1 - \left(\frac{1+0,02}{1+0,15} \right)^{15}}{0,15 - 0,02} \right]$$

$$VP = 29.011.735,26 Bs.$$

✓ CALCULO DE COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)

$$1. A = P(A/p, i\%, n)$$

$$2. VA = VP(A/p, 15\%, 15)$$

$$3. VA = 29.011.735,26 Bs. \times (0,17102)$$

$$VA = 4.961.586,96 Bs.$$

En la tabla que se muestra a continuación (*Ver tabla 13*) se muestra los índices utilizados para la evaluación y sus respectivos resultados.

Tabla 13. Resumen de resultados para los índices económicos calculados para el sistema de cambiavías de vía clásica.

Índice	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	29.011.735,26 Bs.
Costo Anual Equivalente (CAE)	4.961.586,96 Bs.

Fuente: Elaboración propia (2013).

Para realizar la evaluación económica se tomaron en cuenta las siguientes premisas:

- Costo de capital utilizado fue de 15% de acuerdo a los lineamientos de la evaluación de proyectos seguidos por la empresa.
- Los indicadores económicos a utilizar para evaluar la alternativa actual, con la alternativa planteada son Valor Presente Neto (VPN) y el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).
- El horizonte económico es de 15 años, pues esa es la vida útil aproximada de los cambiavías de durmientes de madera.
- En el cálculo de valor presente neto (VPN), el valor de n es 15, puesto que se emplea la siguiente fórmula para su determinación: $n = t_f - t_i + 1$, donde, $t_f = \text{tiempo final}$ y $t_i = \text{tiempo inicial}$.
- El costo de operación y mantenimiento para la situación actual es el valor futuro calculado anteriormente.

- También se estimó que los costos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo sufre de un incremento anual de 2 % en base a la tasa de Inflación Promedio de Venezuela, este valor es representado por j (Ver anexo 5).
- El factor $(A/p, 15\%, 15)$ para el cálculo del costo anual equivalente fue extraído de la tabla de Flujo de Efectivo Discreto, Factores de interés Compuesto 15% (Ver Anexo 6).

6.3.2 EVALUACION ECONOMICA PARA EL SISTEMA DE CAMBIAVIAS DE VIA ELASTICA.

Para la obtención de los costos de los implementos planteados para la adecuación tecnológica, se realizaron solicitudes de ofertas a algunas empresas proveedoras de dichos componentes. Los costos de los elementos propuestos, necesarios para la adecuación tecnológica del sistema de cambiavías de CVG Ferrominera Orinoco, se muestran en el apéndice B.

Primeramente obtenemos la inversión inicial para la instalación de un cambiavía de durmientes de hormigón, ya que así están estipulados los costos, entonces se suman los costos de materiales, mano de obra y equipos y posteriormente se realiza la conversión a moneda local, puesto que las empresas que enviaron las cotizaciones manejan moneda extranjera, específicamente el dólar, es por ello que esta inversión inicial es multiplicada por 6,30 Bs. que es la tasa de cambio oficial. De esta manera se logra calcular cual es la inversión inicial para un cambiavías.

Tenemos que destacar que nuestro estudio es delimitado en la línea principal de la vía férrea, donde se encuentra distribuidos 12 cambiavías, es

por ello que la inversión inicial calculada anteriormente se de multiplicar por esta cantidad para de esta manera finalmente estimar la inversión inicial para el sistema de cambiavías, que se visualizara de mejor manera en el diagrama de flujo de caja presentado a continuación (Ver figura 30).

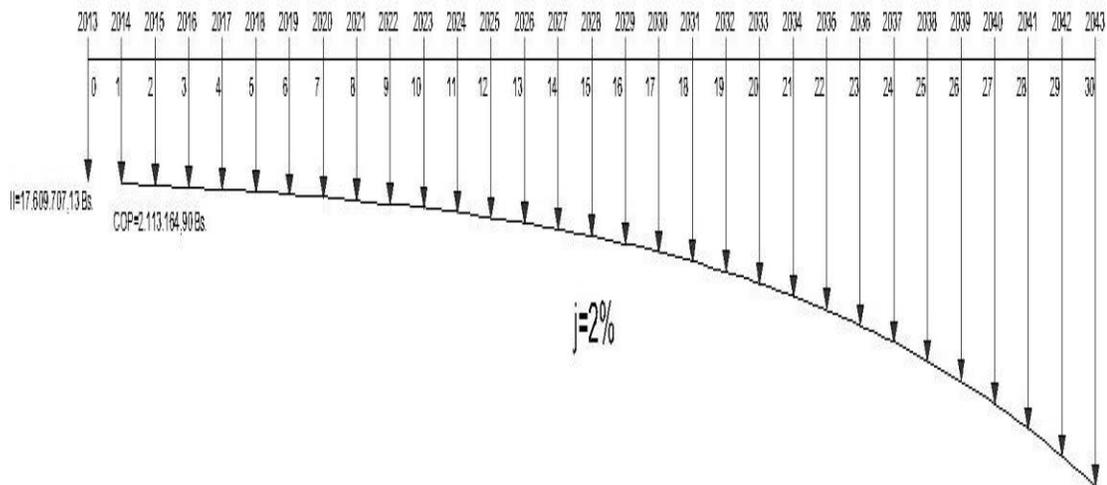


Figura 30. Flujo de caja para calcular valor presente de sistema de cambiavías de vía elástica.

Fuente: Elaboración propia (2013).

✓ CALCULO DE VALOR PRESENTE (VP)

$$1. P = B_{(j)} \times \left[\frac{1 - \left(\frac{1+j}{1+i}\right)^n}{i-j} \right]$$

$$2. VP = II_{sistema\ de\ cambivias} + COP \times \left[\frac{1 - \left(\frac{1+j}{1+i}\right)^n}{i-j} \right]$$

$$3. VP = 17.609.707,13 Bs. + 2.113.164,90 \times \left[\frac{1 - \left(\frac{1+0,02}{1+0,15} \right)^{30}}{0,15 - 0,02} \right]$$

$$VP = 33.376.030,88 Bs.$$

✓ CALCULO DE COSTO ANUAL EQUIVALENTE (CAE)

$$1. A = P(A/p, i\%, n)$$

$$2. VA = VP(A/p, 15\%, 15)$$

$$3. VA = 33.376.030,88 Bs. \times (0,15230)$$

$$VA = 5.083.169,50 Bs.$$

En la tabla que se muestra a continuación (*Ver tabla 14*) se muestra los índices utilizados para la evaluación y sus respectivos resultados.

Tabla 14. Resumen de resultados para los índices económicos calculados para el sistema de cambiavías de vía elástica.

Índice	Valor
Valor Presente Neto (VPN)	33.376.030,88 Bs.
Costo Anual Equivalente (CAE)	5.083.169,50 Bs.

Fuente: Elaboración propia (2013).

Para realizar la evaluación económica se tomaron en cuenta las siguientes premisas:

- Costo de capital utilizado fue de 15% de acuerdo a los lineamientos de la evaluación de proyectos seguidos por la empresa.
- Los indicadores económicos a utilizar para evaluar la alternativa propuesta, con la alternativa actual son Valor Presente Neto (VPN) y el Costo Anual Uniforme Equivalente (CAUE).
- El horizonte económico es de 30 años, pues esa es la vida útil aproximada de los cambiavías de durmientes de madera.
- En el cálculo de valor presente neto (VPN), el valor de n es 30, puesto que se emplea la siguiente fórmula para su determinación: $n = t_f - t_i + 1$, donde, $t_f = \text{tiempo final}$ y $t_i = \text{tiempo inicial}$.
- La inversión inicial requerida es de 17.609.707,13 Bs.
- El costo de operación y mantenimiento para la situación propuesta fue un estimado en un 12 % de la inversión inicial lo cual equivale a 2.113.164,90 Bsf/año.
- También se estimó que los costos de operación y mantenimiento a lo largo del tiempo sufre de un incremento anual de 2 % en base a la tasa de Inflación Promedio de Venezuela, este valor es representado por j .

- El factor $(A/p, 15\%, 15)$ para el cálculo del costo anual equivalente fue extraído de la tabla de Flujo de Efectivo Discreto, Factores de interés Compuesto 15%

A continuación se presenta en Tabla 15, los resultados obtenidos a través de la evaluación para las dos alternativas:

Tabla 15. Resumen de Índices Para la Alternativa de vía clásica y vía elástica.

Alternativa	VPN	CAE
Vía Clásica	29.011.735,26 Bs.	4.961.586,96 Bs.
Vía Elástica	33.376.030,88 Bs.	5.083.169,50 Bs.

Fuente: Elaboración propia (2013).

De acuerdo a los resultados de valor presente y costo anual uniforme equivalente para las alternativas evaluadas, y partiendo de la premisa de minimizar costos, se debe optar por la alternativa que presente menor valor en sus indicadores aplicados, como se observa en la tabla anterior resulta factible la continuar con la alternativa actual, es decir, continuar un sistema de cambiavías de vía clásica, desde el punto de vista económico.

Pero desde el punto de vista técnico, continuar con la alternativa actual no es lo más conveniente, primeramente porque el sistema de cambiavías de durmientes de madera es muy antiguo y obsoleto, actualmente a nivel mundial la tendencia es utilizar vía elástica, es por ello que el 80 % del sistema ferroviario de CVG Ferrominera Orinoco es de este tipo, por otra parte el sistema de vía clásica concentra los esfuerzos y cargas transversales de forma puntual, transmitiendo el 100 % de estas hacia

durmientes y fijaciones, lo que ocasiona un rápido y progresivo deterioro de estos componentes, agravando la situación de los cambiavías y generando nuevos sitios críticos en la línea principal.

Al ocasionarse esto también se generan desperfectos para los y trenes y material rodante debido a que si los componentes de la vía no se encuentran en óptimas condiciones, con el paso de estos se producen choques, vibraciones y golpeteos que dañan sistema de amortiguación, ruedas, entre otros mecanismos.

En cambio la alternativa propuesta, presenta mayores ventajas y prestaciones, ya que, los durmientes de hormigón y fijaciones Vossloh realizan una mejor distribución de cargas y esfuerzos, pues disipan el 60 % de estas hacia afuera y solo el 40 % hacia la infraestructura ferroviaria. Esta alternativa, es la más conveniente pues como se expuso anteriormente los expertos consideran que un sistema de cambiavías de durmientes de hormigón disminuye los descarrilamientos, costos de mantenimiento y aumenta la cantidad transportada. Es por ello que el plan de ejecución que se presenta a continuación es el de esta alternativa.

6.4 PLAN DE EJECUCION PARA LA NUEVA ALTERNATIVA TECNOLÓGICA

El plan de ejecución para el sistema de cambiavías, es un tipo de esquema que prioriza las actividades más importantes para cumplir con ciertos objetivos y metas. De esta manera, este plan constituye como una especie de guía que brinda un marco o una estructura a la hora de llevar a cabo un proyecto. Dentro de una empresa, puede involucrar a distintos

departamentos y áreas. El plan establece quiénes serán los responsables que se encargaran de su cumplimiento en tiempo y forma.

Una vez determinados cuales son los elementos necesarios para implementar el sistema de cambiavías de vía elástica, como lo son: durmientes de hormigón, fijaciones VOSSLOH y sistema de rodillos SCHWIHAG y cuáles son los costos asociados para la instalación de estos, es ineludible que se realice un plan de ejecución que se presenta a continuación (*Ver tabla 16*). Este contendrá especificado todas las actividades que hay que ejecutar para la instalación, los recursos que se utilizaran: mano de obra, maquinaria, herramientas, el tiempo estimado en que podrían realizarse y el responsable de que esto se lleve a cabo.

Tabla 16. Plan de ejecución.

		Plan de Ejecución					
Objetivo	Actividades	Materiales	Mano de obra	Maquinaria y Equipos	Tiempo	Responsable	
Instalar cambiavías de vía elástica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Colocación de durmientes. ✓ Colocación de riel de apoyo recto de la vía principal. ✓ Colocación de contra-riel. ✓ Colocación de riel de apoyo curvo. ✓ Colocación de riel guía recto y aguja. ✓ Colocación de riel guía curvo y aguja 	9 Rieles de 132 RE, 9 Soldaduras Elec. Fusión a tope, 1 Árbol de cambio M 23ª, 1 Herraje (Switch Pack), 115 Durmientes de concreto, 115 Conjunto de Fijaciones VOSSLOH, 1 Sistema de rodillos SCHWIHAG, 328 Anclas de riel, 6 Eclisas de 36" y 6 huecos, 60 Conjunto de pernos/ eclisas/ arandelas, 90 m ³ de Balasto N° 4	1 Sup de mantto. de vías, 2 Téc. de Mantto. de vías, 3 Op. de Eq. Ferroviarios, 15 Rieleros, 1 Mecánico.	1 Grúa de 5 t, 1 Gandola de 40 t, 1 Niveladora/ Alineadora, 1 Regulador de balasto, 1 Tren de trabajo, 8 Vagones balasteros, 4 Vagones plataforma, 1 Camión de soldadura autógena, 1 Camión de transporte.	7 días	Jefe de área de Mantenimiento y Conservación de Vías, Supervisor de Mantenimiento de Vías.	

Fuente: Elaboración propia (2013).

El plan de ejecución presentado anteriormente, se encuentra dividido en siete secciones, primeramente se posiciona el objetivo que se debe alcanzar, donde se refiere a la instalación del cambiavías de vía elástica, este plan solo especifica la implementación de un solo cambiavías, pues todos los cambiavías del sistema son idénticos en estructura y funcionamiento por lo que se puede aplicar para todos ellos; luego cada una de las actividades que se deben ejecutar, donde se especifica paso a paso lo que se debe realizar.

Seguidamente se encuentran todos los materiales que se deben utilizar, donde encontramos: 9 Rieles de 132 RE, 9 soldaduras de electro fusión a tope que servirán para la unión de los rieles mencionados anteriormente, 1 Árbol de cambio M 23^a o también denominada máquina de cambio vital para el accionamiento de los elementos móviles, 1 Herraje (Switch Pack) se refiere a las ranas, agujas, contraríeles y barras de conexión, 115 Durmientes de concreto, 115 Conjunto de Fijaciones VOSSLOH al decir conjunto nos referimos a pares de fijaciones, pues cada durmiente necesita dos de estas, 1 Sistema de rodillos SCHWIHAG cada sistema presenta dos pares de rodillos, 328 Anclas de riel, 6 Eclisas de 36" y 6 huecos que permiten la unión de los elementos móviles (agujas), 60 Conjunto de pernos/ eclisas/ arandelas que permiten la unión de las eclisas y 90 m³ de Balasto N^o 4 siendo el especificado por las normas A.R.E.A.

Posteriormente a esto, la mano de obra necesaria conformada por: 1 supervisor de mantenimiento de vías encargado de que todas las actividades se realicen de manera correcta, 2 técnicos de mantenimiento de vías quienes darán las instrucciones de cómo se deben ejecutar las actividades y apoyaran en la instalación, 3 operadores de equipos pesados, 15 rieleros que realizaran la instalación de todos los elementos y un mecánico como previsión si se presenta algún desperfecto en las maquinarias y equipos.

A continuación se presentan las maquinarias y equipos que estos deben utilizar, los cuales son: 1 Grúa de 5 t para la carga de los componentes, 1 Gandola de 40 t para el transporte de los elementos de menor peso (fijaciones, eclisas, pernos), 1 Niveladora/ Alineadora, 1 Regulador de balasto, 1 Tren de trabajo encargado llevar los, 8 Vagones balasteros que permiten el regado de balasto una vez terminada la construcción y 4 Vagones plataforma que transportan los elementos de mayor peso (durmientes, rieles, ranas, agujas), 1 Camión de soldadura autógena, 1 Camión para el transporte del personal.

Consecutivamente se hace una estimación del tiempo que podría llevar realizar cada una de las correcciones. Como se mencionó, este tiempo es un estimado, por lo cual estas recuperaciones se podrían finalizar posterior a este periodo o con mucha antelación. Para finalizar se menciona las personas a cargo de que los objetivos sean alcanzados.

CONCLUSIONES

Por medio de la aplicación de las técnicas de ingeniería descritas en toda la estructura del estudio se pudieron evaluar todos los aspectos relacionados a la implementación de un sistema de cambiavías de durmientes de hormigón en CVG Ferrominera Orinoco. Las conclusiones obtenidas a partir del análisis de los resultados son las siguientes:

1. Los componentes más importantes de los cambiavías de CVG Ferrominera Orinoco son: agujas, durmientes de madera, ranas, contra riel, rieles de apoyo recto y curvo y fijaciones, y el sistema de la línea principal está conformado por 12 de estos, distribuidos de la siguiente manera: matanzas km 14, margarita km 28, lindero km 53, tocoma km 74, pilar km 94 y el cerrito km 112.
2. La frecuencia de fallas del sistema de cambiavías presenta un comportamiento de crecimiento progresivo, que sugiere una tendencia creciente de dicho parámetro, lo cual es una situación alarmante para la superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras, dado que indica que no se están cumpliendo con los planes o estos no se encuentran en la plenitud de su efectividad. Individualmente se observa que los durmientes son los que mayor frecuencia de fallas presentan con 22, seguido por 18 fijaciones rotas, 17 agujas y 5 ranas careadas, corrugadas o achatadas.
3. El análisis de Pareto indica que se debe centrar la atención en dos de los 4 componentes inspeccionados en el Sistema de cambiavías estudiado. El Pareto demostró que entre durmientes y fijaciones se

encuentra más del 50% de las fallas, destacando el 35,48% asociado a las fallas de durmientes.

4. Las causas más representativas de que exista esta cantidad de durmientes rotos son las siguientes: falta de nivelación y alineación, rieles corrugados y achatados, fijaciones rotas o faltantes y balasto mal conformado, contaminado o la falta del mismo. De igual forma las causas para el mal estado de las fijaciones son: excesiva carga en el transporte de mineral, variaciones bruscas de temperatura, humedad y la falta o debilidad de los clavos de vías.
5. La matriz FODA, arroja como estrategias (FO) Aprovechar la buena elasticidad de los durmientes de madera y su resistencia a los descarrilamientos, combinándolos con fijaciones elásticas para una mejor distribución de esfuerzos. Contratar empresas foráneas para operar la mayor cantidad de herramientas y equipos al mismo tiempo, y de esta manera poder atacar y corregir los cambiavías en estado crítico de manera rápida y oportuna. Aprovechar el bajo peso de los durmientes, realizando alianzas con empresas foráneas para que se haga un traslado rápido y seguro de estos y de esta manera se lleve a cabo el mantenimiento correctivo.
6. Estrategias (DO), Implementar durmientes de hormigón, pues presentan el doble de vida útil y menor impacto ambiental que los durmientes de madera. Utilizar fijaciones elásticas, ya que estas a diferencia de las fijaciones por medio de clavos de vías, disipan el 60% de los esfuerzos hacia afuera y solo el 40 hacia la súper estructura ferroviaria. Realizar la unión de rieles de apoyo y curvos por medio de la soldadura aluminotermica.

7. Estrategias (FA), Aplicar de forma correcta los planes de mantenimiento preventivo y correctivo sobre las maquinarias y equipos, para que de esta manera estos posean un alto porcentaje de disponibilidad, y puedan ser utilizados el mayor tiempo posible en las correcciones de los cambiavías afectados. Efectuar los pedidos de repuestos y materiales en tiempo y forma oportuna, de modo que siempre se tenga disposición de estos en el almacén, y así no se generen retrasos a la hora de utilizar estos componentes en el mantenimiento de los cambiavías.

8. Estrategias (DA), Iluminar la vía férrea para que se puedan realizar mantenimientos correctivos en cualquier horario. Tener vigilancia de los cuerpos de seguridad, de manera que se pueda trabajar de manera segura y tranquila en horas nocturnas. Utilizar periódicamente anticorrosivos y recubrimientos sobre fijaciones y durmientes, para que no se genere pudrición, oxidación, hongos y bacterias sobre estos. Contratar cuadrillas de mantenimiento para el desmalezamiento de los cambiavías y de esta manera poder visualizar los desperfectos de

9. Los nuevos componentes para adaptar los cambiavías a un sistema de vía elástica son: durmientes de hormigón mono bloques, fijaciones Vossloh y sistema de rodillos Schwihag, a los cuales los expertos coincidieron que la implementación reduciría los descarrilamientos, disminuirá los costos de mantenimiento y por consiguiente aumentaría la cantidad transportada por año.

10. La evaluación económica de las alternativa actual y la planteada arrojaron los siguientes indicadores Alternativa de Vía Clásica: VPN= 29.011.735,26 Bs., CAUE= 4.961.586,96 Bs., Alternativa de Vía Elástica: VPN= 33.376.030,88 Bs., CAUE= 5.083.169,50 Bs., lo cual quiere decir que es más rentable desde el punto de vista económico, continuar con la alternativa de Vía clásica.
11. Del punto de vista técnico, resulta viable para la empresa, optar por la propuesta de la alternativa vía elástica, instalación de durmientes de hormigón, fijaciones Vossloh y sistema de rodillos Schwihag, ya que representaría mayores ventajas y beneficios desde el punto de vista tecnológico, debido a que formaría un sistema de cambiavías de mejor amortiguación, deterioro más lento y con una mayor vida útil.
12. El plan de ejecución especifica las actividades, mano de obra, maquinarias y equipos, tiempo y responsable para la instalación de un cambiavía de durmientes de vía elástica.

RECOMENDACIONES

En función de los resultados y conclusiones que se obtuvieron con el desarrollo del estudio y el cumplimiento de los objetivos, se recomiendan las siguientes acciones:

1. Implementar el sistema de cambiavías de durmientes de hormigón, a pesar de que representa un mayor gasto pues representa desde el punto de vista económico, pero su vez presenta un mejor rendimiento y mejores prestaciones desde el punto de vista técnico.
2. Recuperar y corregir las fallas detectadas, aplicando las estrategias desarrolladas mediante el análisis FODA.
3. Contratar mano de obra calificada y no calificada para formar nuevas cuadrillas de mantenimiento, logrando completar las rotaciones y por consiguiente el aumento de la fuerza laboral.
4. Desarrollar planes de mantenimientos rutinarios y preventivos, que permitan tener en óptimas condiciones el sistema de cambiavías actual.
5. Disponer de mano de obra, maquinaria, equipos y materiales al momento de emplear el plan de ejecución, de igual forma, no superar en demasía el tiempo estimado para la construcción del cambiavía.

REFERENCIAS

1. Alvarez L y R. Russotto. (1996). **Como Mejora la Redacción del Ensayo Escolar; “Investigación y Postgrado”**. Madrid, España: Editorial Escuela Española (2^a. ed.).
2. Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación; “Introducción a la Metodología Científica”**. Caracas, Venezuela: Editorial Episteme. (5^a. ed.).
3. Rojas De Narváez, Rosa. (1997). **Orientaciones Prácticas para la Elaboración de Informes de Investigación**. Ciudad Guayana Estado-Bolívar: Editorial UNEXPO. (2^a.ed.).
4. BASANTA, Y. (2003). **Determinación de la Fuerza Laboral de la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras en CVG Ferrominera Orinoco, C.A.**
5. FERROCARRILES NACIONALES DE MÉXICO, (2009). **Manuales de Vías Férreas**.
6. GODAD, Y. (2002). **Evaluación Técnico – Económica para Adquirir Equipos de Mantenimiento de Vías en la Gerencia de Ferrocarril de CVG Ferrominera Orinoco, C.A.**
7. JIMÉNEZ, M. (2008). **Estructuras De Vías**.
8. MÉNDEZ, P. (2002). **Metodología de la Investigación**.

9. PINO, O. (2008). **Construcción de Vía Férrea.**
10. SECTRA, D. (2003). **Recomendaciones de Diseño para Proyectos de Infraestructura Ferroviaria.** Santiago de Chile.
11. VALECILLO, A. (2012). **Elaboración de una Práctica de Trabajo Seguro (PTS) de la Máquina de Bateo, Nivelación y Alineación de Vías Férreas, Marca PLASSER & THEURER, Modelo 08-3S, Adscrita en la Superintendencia de Mantenimiento de Vías y Estructuras, Gerencia de Ferrocarril de la Empresa CVG Ferrominera Orinoco.**
12. Martínez, K. **Como Elaborar un Diagrama de Causa y Efecto.** (Documento en Línea). Consultado el 23 de Junio del 2013 en: <http://www.herramientasparapymes.com/%C2%BFcomo-elaborar-un-diagrama-de-causa-efecto>.
13. Red Intranet perteneciente a CVG FERROMINERA ORINOCO C.A. [Documento en Línea]. Disponible en: <http://www.ferrominera.com>

ANEXOS

Anexo 1. Ferros 4501.

Documentos utilizados para la inspección de cambiavías. Documento de Microsoft Word.

[Ver CD adjunto carpeta 1. Ferros 4505](#)

Anexo 2. Escala de Saaty.

Escala propuesta por el Profesor Thomas L. Saaty, en la década de los setenta (70s). Inventor, arquitecto y teórico principal del Proceso Analítico Jerárquico (PAJ).

Intensidad de Importancia	Descripción
1	Ambos criterios o elementos son de igual importancia.
3	Débil o moderada importancia de uno sobre el otro.
5	Importancia esencial o fuerte de un criterio sobre otro.
7	Importancia demostrada de un criterio sobre otro (muy fuerte).
9	Importancia absoluta de un criterio sobre otro.
2,4,6,8	Valores intermedios entre dos juicios adyacentes, se emplea cuando es necesario un término medio entre dos de las intensidades anteriores

Nota: cuando al elemento i se le asigna una calificación respecto a j, el valor de j respecto a i será el valor recíproco de dicho valor.

Anexo 3. Costos de operación y mantenimiento anuales del sistema de cambiavías.

Mes	COP (Bs.)	Incremento intermensual de la inflación (%)	TOTAL (Bs.)
Junio	3.441.321,67	-	3.441.321,67
Julio	3.441.321,67	3,2	3.551.443,96
Agosto	3.551.443,96	3	3.657.987,27
Septiembre	3.657.987,27.	4,4	3.818.938,71
Octubre	3.818.938,71	5,1	4.013.704,58
Noviembre	4.013.704,58	5,1	4.218.403,51
Diciembre	4.218.403,51	5,1	4.433.542,09

Anexo 4. Tabla de Flujo de Efectivo Discreto, Factores de interés Compuesto 2 %.

2,00%		TABLA 1 Flujo de efectivo discreto: Factores de interés compuesto							2,00%	
n	Pagos Únicos		Pagos de serie uniforme				Gradientes aritméticos			
	Cantidad compuesta F/P	Valor presente P/F	Factor de amortización A/F	Cantidad compuesta F/A	Recuperación de capital A/P	Valor Presente P/A	Gradiente de valor presente P/G	Gradiente de serie anual A/G		
1	1,0200	0,9804	1,00000	1,0000	1,02000	0,9804				
2	1,0404	0,9612	0,49505	2,0200	0,51505	1,9416	0,9612	0,4950		
3	1,0612	0,9423	0,32675	3,0604	0,34675	2,8839	2,8458	0,9868		
4	1,0824	0,9238	0,24262	4,1216	0,26262	3,8077	5,6173	1,4752		
5	1,1041	0,9057	0,19216	5,2040	0,21216	4,7135	9,2403	1,9604		
6	1,1262	0,8880	0,15853	6,3081	0,17853	5,6014	13,6801	2,4423		
7	1,1487	0,8706	0,13451	7,4343	0,15451	6,4720	18,9035	2,9208		
8	1,1717	0,8535	0,11651	8,5830	0,13651	7,3255	24,8779	3,3961		
9	1,1951	0,8368	0,10252	9,7546	0,12252	8,1622	31,5720	3,8681		
10	1,2190	0,8203	0,09133	10,9497	0,11133	8,9826	38,9551	4,3367		
11	1,2434	0,8043	0,08218	12,1687	0,10218	9,7868	46,9977	4,8021		
12	1,2682	0,7885	0,07456	13,4121	0,09456	10,5753	55,6712	5,2642		
13	1,2936	0,7730	0,06812	14,6803	0,08812	11,3484	64,9475	5,7231		
14	1,3195	0,7579	0,06260	15,9739	0,08260	12,1062	74,7999	6,1786		
15	1,3459	0,7430	0,05783	17,2934	0,07783	12,8493	85,2021	6,6309		
16	1,3728	0,7284	0,05365	18,6393	0,07365	13,5777	96,1288	7,0799		
17	1,4002	0,7142	0,04997	20,0121	0,06997	14,2919	107,5554	7,5256		
18	1,4282	0,7002	0,04670	21,4123	0,06670	14,9920	119,4581	7,9681		
19	1,4568	0,6864	0,04378	22,8406	0,06378	15,6785	131,8139	8,4073		
20	1,4859	0,6730	0,04116	24,2974	0,06116	16,3514	144,6003	8,8433		
21	1,5157	0,6598	0,03878	25,7833	0,05878	17,0112	157,7959	9,2760		
22	1,5460	0,6468	0,03663	27,2990	0,05663	17,6580	171,3795	9,7055		
23	1,5769	0,6342	0,03467	28,8450	0,05467	18,2922	185,3309	10,1317		
24	1,6084	0,6217	0,03287	30,4219	0,05287	18,9139	199,6305	10,5547		
25	1,6406	0,6095	0,03122	32,0303	0,05122	19,5235	214,2592	10,9745		
26	1,6734	0,5976	0,02970	33,6709	0,04970	20,1210	229,1987	11,3910		
27	1,7069	0,5859	0,02829	35,3443	0,04829	20,7069	244,4311	11,8043		
28	1,7410	0,5744	0,02699	37,0512	0,04699	21,2813	259,9392	12,2145		
29	1,7758	0,5631	0,02578	38,7922	0,04578	21,8444	275,7064	12,6214		
30	1,8114	0,5521	0,02465	40,5681	0,04465	22,3965	291,7164	13,0251		
36	2,0399	0,4902	0,01923	51,9944	0,03923	25,4888	392,0405	15,3809		
40	2,2080	0,4529	0,01656	60,4020	0,03656	27,3555	461,9931	16,8885		
48	2,5871	0,3865	0,01260	79,3535	0,03260	30,6731	605,9657	19,7556		
50	2,6916	0,3715	0,01182	84,5794	0,03182	31,4236	642,3606	20,4420		
52	2,8003	0,3571	0,01111	90,0164	0,03111	32,1449	678,7849	21,1164		
55	2,9717	0,3365	0,01014	98,5865	0,03014	33,1748	733,3527	22,1057		
60	3,2810	0,3048	0,00877	114,0515	0,02877	34,7609	823,6975	23,6961		
72	4,1611	0,2403	0,00633	158,0570	0,02633	37,9841	1,034,0557	27,2234		
75	4,4158	0,2265	0,00586	170,7918	0,02586	38,6771	1,084,6393	28,0434		
84	5,2773	0,1895	0,00468	213,8666	0,02468	40,5255	1,230,4191	30,3616		
90	5,9431	0,1683	0,00405	247,1567	0,02405	41,5869	1,322,1701	31,7929		
96	6,6929	0,1494	0,00351	284,6467	0,02351	42,5294	1,409,2973	33,1370		
100	7,2446	0,1380	0,00320	312,2323	0,02320	43,0984	1,464,7527	33,9863		
108	8,4883	0,1178	0,00267	374,4129	0,02267	44,1095	1,569,3025	35,5774		
120	10,7652	0,0929	0,00205	488,2582	0,02205	45,3554	1,710,4160	37,7114		
132	13,6528	0,0732	0,00158	632,6415	0,02158	46,3378	1,833,4715	39,5676		
144	17,3151	0,0578	0,00123	815,7545	0,02123	47,1123	1,939,7950	41,1738		
240	115,8887	0,0086	0,00017	5,744,4368	0,02017	49,5686	2,374,8800	47,9110		
360	1,247,5611	0,0008	0,00002	62,328,0564	0,02002	49,9599	2,483,5679	49,7112		
480	13,430,1989	0,0001	0,00000	671,459,9468	0,02000	49,9963	2,498,0268	49,9643		

Anexo 5. Tabla de Flujo de Efectivo Discreto, Factores de interés Compuesto 15%.

15,00%		TABLA 1 Flujo de efectivo discreto: Factores de interés compuesto							15,00%
n	Pagos Únicos		Pagos de serie uniforme				Gradientes aritméticos		
	Cantidad compuesta F/P	Valor presente P/F	Factor de amortización A/F	Cantidad compuesta F/A	Recuperación de capital A/P	Valor Presente P/A	Gradiente de valor presente P/G	Gradiente de serie anual A/G	
1	1,1500	0,8696	1,00000	1,0000	1,15000	0,8696			
2	1,3225	0,7561	0,46512	2,1500	0,61512	1,6257	0,7561	0,4651	
3	1,5209	0,6575	0,28798	3,4725	0,43798	2,2832	2,0712	0,9071	
4	1,7490	0,5718	0,20027	4,9934	0,35027	2,8550	3,7864	1,3263	
5	2,0114	0,4972	0,14832	6,7424	0,29832	3,3522	5,7751	1,7228	
6	2,3131	0,4323	0,11424	8,7537	0,26424	3,7845	7,9368	2,0972	
7	2,6600	0,3759	0,09036	11,0668	0,24036	4,1604	10,1924	2,4498	
8	3,0590	0,3269	0,07285	13,7268	0,22285	4,4873	12,4807	2,7813	
9	3,5179	0,2843	0,05957	16,7858	0,20957	4,7716	14,7548	3,0922	
10	4,0456	0,2472	0,04925	20,3037	0,19925	5,0188	16,9795	3,3832	
11	4,6524	0,2149	0,04107	24,3493	0,19107	5,2337	19,1289	3,6549	
12	5,3503	0,1869	0,03448	29,0017	0,18448	5,4206	21,1849	3,9082	
13	6,1528	0,1625	0,02911	34,3519	0,17911	5,5831	23,1352	4,1438	
14	7,0757	0,1413	0,02469	40,5047	0,17469	5,7245	24,9725	4,3624	
15	8,1371	0,1229	0,02102	47,5804	0,17102	5,8474	26,6930	4,5650	
16	9,3576	0,1069	0,01795	55,7175	0,16795	5,9542	28,2960	4,7522	
17	10,7613	0,0929	0,01537	65,0751	0,16537	6,0472	29,7828	4,9251	
18	12,3755	0,0808	0,01319	75,8364	0,16319	6,1280	31,1565	5,0843	
19	14,2318	0,0703	0,01134	88,2118	0,16134	6,1982	32,4213	5,2307	
20	16,3665	0,0611	0,00976	102,4436	0,15976	6,2593	33,5822	5,3651	
21	18,8215	0,0531	0,00842	118,8101	0,15842	6,3125	34,6448	5,4883	
22	21,6447	0,0462	0,00727	137,6316	0,15727	6,3587	35,6150	5,6010	
23	24,8915	0,0402	0,00628	159,2764	0,15628	6,3988	36,4988	5,7040	
24	28,6252	0,0349	0,00543	184,1678	0,15543	6,4338	37,3023	5,7979	
25	32,9190	0,0304	0,00470	212,7930	0,15470	6,4641	38,0314	5,8834	
26	37,8568	0,0264	0,00407	245,7120	0,15407	6,4906	38,6918	5,9612	
27	43,5353	0,0230	0,00353	283,5688	0,15353	6,5135	39,2890	6,0319	
28	50,0656	0,0200	0,00306	327,1041	0,15306	6,5335	39,8283	6,0960	
29	57,5755	0,0174	0,00265	377,1697	0,15265	6,5509	40,3146	6,1541	
30	66,2118	0,0151	0,00230	434,7451	0,15230	6,5660	40,7526	6,2066	
31	76,1435	0,0131	0,00200	500,9569	0,15200	6,5791	41,1466	6,2541	
32	87,5651	0,0114	0,00173	577,1005	0,15173	6,5905	41,5006	6,2970	
33	100,6998	0,0099	0,00150	664,6655	0,15150	6,6005	41,8184	6,3357	
34	115,8048	0,0086	0,00131	765,3654	0,15131	6,6091	42,1033	6,3705	
35	133,1755	0,0075	0,00113	881,1702	0,15113	6,6166	42,3586	6,4019	
40	267,8635	0,0037	0,00056	1.779,0903	0,15056	6,6418	43,2830	6,5168	
45	538,7693	0,0019	0,00028	3.585,1285	0,15028	6,6543	43,8051	6,5830	
50	1.083,6574	0,0009	0,00014	7.217,7163	0,15014	6,6605	44,0958	6,6205	
55	2.179,6222	0,0005	0,00007	14.524,1479	0,15007	6,6636	44,2558	6,6414	
60	4.383,9987	0,0002	0,00003	29.219,9916	0,15003	6,6651	44,3431	6,6530	
65	8.817,7874	0,0001	0,00002	58.778,5826	0,15002	6,6659	44,3903	6,6593	
70	17.735,7200	0,0001	0,00001	118.231	0,15001	6,6663	44,4156	6,6627	
75	35.672,8680			237.812	0,15000	6,6665	44,4292	6,6646	
80	71.750,8794			478.333	0,15000	6,6666	44,4364	6,6656	
85	144.316,6470			962.104	0,15000	6,6666	44,4402	6,6661	
90	290.272,325			1.935.142	0,15000	6,6666	44,4422	6,6664	
95	583.841,328			3.892.269	0,15000	6,6667	44,4433	6,6665	
96	671.417,527			4.476.110	0,15000	6,6667	44,4434	6,6665	
98	887.949,679			5.919.658	0,15000	6,6667	44,4437	6,6666	
100	1.174.313,451			7.828.750	0,15000	6,6667	44,4438	6,6666	

Anexo 6. Promedio del incremento interanual de la inflación.

Año	Inflación (%)	Variación (%)
2000	13,4	-
2001	12,28	-1,12
2002	31,21	18,93
2003	27,08	-4,13
2004	19,19	-7,89
2005	14,36	-4,83
2006	16,97	2,61
2007	22,46	5,49
2008	31,9	9,44
2009	26,91	-4,99
2010	27,4	0,49
2011	29,8	1,72
2012	31,3	2,22
2013	38,7	11
Promedio del incremento interanual de la inflación		2 %

Anexo 7. Ficha técnica fijaciones Vossloh.

Documento en PDF con imágenes, partes, estructura y especificaciones de dichas fijaciones.

[Ver CD adjunto carpeta 6. Ficha técnica fijaciones Vossloh.](#)

Anexo 8. Ficha técnica sistema de rodillos Schwihaq.

Documento en PDF con imágenes, partes, estructura, funcionamiento y especificaciones de este sistema.

[Ver CD adjunto carpeta 7. Ficha técnica sistema de rodillos Schiwhag.](#)

APÉNDICES

Apéndice A. Cálculo del peso de las causas (W) y de la Razón de Inconsistencia (RI).

Documento Microsoft Excel que contiene la plantilla de resolución de Proceso Analítico Jerárquico (PAJ).

[Ver CD adjunto carpeta A. Proceso Analítico Jerárquico \(PAJ\).](#)

Apéndice B. Inversión inicial del sistema de cambiavía.

Documento que incluye costos de materiales, equipos y mano de obra para la instalación de un cambiavía de durmiente de hormigón, de la misma manera la inversión inicial para este y para el sistema completo. Documento de Microsoft Word.

[Ver CD adjunto carpeta B. Inversión inicial del sistema de cambiavía.](#)