

---

**SOPORTE ADMINISTRATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE  
PRODUCCION - SUPERINTENDENCIA DE MOVICAR Y CAMIONES  
MECANICOS  
CARBONES DEL CERREJON LIMITED**

**YERELYS EVELIN ACOSTA MEDINA**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2014**

---

**SOPORTE ADMINISTRATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE  
PRODUCCION - SUPERINTENDENCIA DE MOVICAR Y CAMIONES  
MECANICOS  
CARBONES DEL CERREJON LIMITED**

**YERELYS EVELIN ACOSTA MEDINA**

**Proyecto de grado presentado como requisito para optar al título de  
Ingeniera Civil**

**SUPERVISOR**

**MSc. NORMA SOLARTE VANEGAS**

**ASESOR PRÁCTICA EMPRESARIAL**

**ING. JIMMY ARAMENDIZ EBERLEIN**

**UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA  
ESCUELA DE INGENIERIAS Y ADMINISTRACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL  
BUCARAMANGA**

**2014**

---

## NOTA DE ACEPTACIÓN

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del Jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bucaramanga, Julio 2014



*“A Dios quien es ese motor de cada uno de mis pasos y a la vez la luz que me permite seguir por el camino correcto, a mis padres y hermanos, mi ejemplo a seguir y la inspiración para culminar este sueño”*

---

## AGRADECIMIENTOS

*“Mi más grande agradecimiento es para ese ser que siempre ha estado presente guiándome, haciéndome fuerte, protegiéndome y brindándome las oportunidades para cumplir con cada una de mis metas, y quien estoy segura, seguirá estando presente en cada nueva etapa de la vida que venga de aquí en adelante, ese es Dios.*

*También quiero agradecerle a mi familia, mis padres y hermanos, los cuales han sido mi modelo a seguir en cada situación de la vida, quienes me enseñaron que la disciplina y la constancia era la mejor base para alcanzar los sueños y el éxito y que con su apoyo incondicional me ayudaron a salir de las dificultades que mi formación profesional pudo traer consigo.*

*A mis amigos que a pesar de sus diferentes personalidades me ayudaron a hacer más sencillo este proceso y que siempre toleraron mi forma de ser.*

*A la ingeniera Norma Cristina Solarte por su colaboración y su tiempo en la culminación de mi formación profesional.*

*Por ultimo a la empresa Carbones del Cerrejón Limited, por darme la oportunidad de plasmar allí mis conocimientos y confiar en mis capacidades.*

## Tabla de contenido

1.	OBJETIVOS.....	15
	General.....	15
	Específicos.....	15
2.	GENERALIDADES DE LA EMPRESA “CARBONES DEL CERREJON” .....	16
2.1.	VISION CORPORATIVA.....	18
2.2.	MISION.....	19
2.2.1.	Departamento de Producción.....	19
2.3.	ESTILO CERREJON .....	20
2.3.1.	VALORES.....	20
2.3.2.	PRINCIPIOS DEL ESTILO CERREJON .....	21
3.	PROCESO DE PRODUCCION .....	22
3.1.	EXPLICACION DEL PROCESO.....	24
<input type="checkbox"/>	Preparación de la superficie: .....	25
<input type="checkbox"/>	Perforación: .....	25
<input type="checkbox"/>	Voladura: .....	25
<input type="checkbox"/>	Remoción de Material Estéril:.....	26
<input type="checkbox"/>	Extracción de carbón: .....	26
<input type="checkbox"/>	Transporte de material:.....	27
<input type="checkbox"/>	Transporte de carbón hasta el Puerto: .....	27
<input type="checkbox"/>	Descargue de Carbón en el puerto y comercialización: .....	27
<input type="checkbox"/>	Cargue de Buques:.....	28
4.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	29
5.	MARCO TEORICO .....	30

---

6. RESUMEN DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN CARBONES DEL CERREJON LIMITED .....	35
6.1. INDUCCION .....	36
6.2. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO .....	37
6.3. ESTUDIO DE ANTECEDENTES AL PROYECTO .....	39
6.4. OBSERVACIONES PRELIMINARES .....	40
6.4.1. DISEÑO DEL FORMATO DE OBSERVACION .....	40
6.5. DIAGNOSTICO DEL ESTADO DE LAS VIAS EN EL AREA DE ESTUDIO .....	45
6.6. DETERMINAR FRECUENCIA DE CAMIONES EN LA ZONA EN HORAS DETERMINADAS .....	47
6.7. TOMA DE MUESTRAS PARA DETERMINAR GRADO DE DETERIORO DEL SUELO EN EL AREA DE ESTUDIO .....	47
6.7.1. DISEÑO DE FORMATO LECTURA DE ESTACAS .....	47
6.8. ELABORACION DE DIAGRAMA CON RANGO DE PUNTOS CRITICOS DE VIAS E INTERSECCIONES .....	50
6.9. DETERMINACION DE FRECUENCIA DE LA REPARACION DE VIAS BASADO EN EL FLUJO VEHICULAR Y EN EL DETERIORO DE LA VIA.....	53
6.10. CALCULO DE LA CAPA DE AFIRMADO.....	55
6.10.1. TIPO DE REGION CLIMATICA .....	55
6.10.2. CALIDAD RELATIVA DEL SUELO DE LA SUBRASANTE .....	56
6.10.3. NIVEL DEL TRANSITO .....	57
6.11. REPORTE DE DISPONIBILIDAD Y USO DE UNIDADES DE ACARREO	60
6.12. ANALISIS DE PRODUCTIVIDAD DE UNIDADES DE ACARREO .....	61
6.13. ANALISIS DE HABITOS OPERACIONALES .....	62

---

6.14.	REPORTE DE UBICACIÓN DE CARGA.....	62
6.15.	PROYECTO COMPLEMENTARIO AL PROCESO DE PRÁCTICAS ....	63
<input type="checkbox"/>	ALCANCE .....	64
<input type="checkbox"/>	EVENTOS RALENTI DE ENFOQUE .....	64
<input type="checkbox"/>	LINEA BASE .....	65
<input type="checkbox"/>	MEDIDAS DE MEJORAMIENTO .....	67
<input type="checkbox"/>	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	69
7.	APORTE AL CONOCIMIENTO.....	71
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
9.	BIBLIOGRAFIA.....	75



## Lista de Figuras

Figura 1. Localización de Cerrejón .....	18
Figura 2. Cargue de carbón en los silos. Nivelación de la carga .....	19
Figura 3. Proceso productivo del carbón .....	24
Figura 4. Pala removiendo material estéril.....	26
Figura 5. Cargue de carbón con cargador. ....	27
Figura 6. Dimensiones berma estándar en vías para equipo pesado .....	32
Figura 7. Corte transversal de un canal en las vías mineras. ....	34
Figura 8. Plano en planta de pilas de carbón.....	38
Figura 9. Formato de estado de vías .....	42
Figura 10. Camiones 190T y 240T.....	43
Figura 11. Reparación de vías con material estéril. ....	44
Figura 12. Plano de las pilas con ubicación de puntos críticos.....	46
Figura 13. Formato de lectura de estacas .....	49
Figura 14. Diagrama de ubicación de puntos críticos de acuerdo a la importancia. .....	52
Figura 15. Tractor de oruga extendiendo material de reparación. ....	53
Figura 16. Motoniveladora nivelando material de la vía.....	54
Figura 17. Frecuencia de reparación de vía en puntos críticos en la zona de estudio. ....	54
Figura 18. Tipos de regiones climáticas ASHTO.....	56
Figura 19. Tabla de calidad del suelo de la subrasante. ....	56
Figura 20. Determinación del factor equivalencia de carga .....	57
Figura 21. Fórmula para determinar número de ejes equivalentes de 80 kN. ....	58
Figura 22. Correlación de número de ejes equivalentes de 80 kN y nivel de tránsito.....	59
Figura 23. Espesor de afirmado según método AASHTO.....	59
Figura 24. Uso acumulado por grupo 201404 Vs 201406.....	61

---

Figura 25. Objetivos del proyecto .....	64
Figura 26. Horas ralenti enfoque .....	65
Figura 27. Línea base proyecto. Horas ralenti en cada una de las flotas. ....	66
Figura 28. Costo por consumo en horas ralenti .....	66
Figura 29. Línea Base ralenti enfoque en cada una de las flotas .....	67
Figura 30. Tendencia de índice ralenti en la flota de acarreo de carbón, Cam 190T, tomada a partir de los eventos de enfoque .....	68
Figura 31. Tendencia de índice ralenti en la flota de acarreo de estéril, Cam 240T y 320T, tomada a partir de los eventos de enfoque .....	69

---

## RESUMEN GENERAL DEL TRABAJO DE GRADO

**TITULO:** SOPORTE ADMINISTRATIVO EN EL DEPARTAMENTO DE PRODUCCION - SUPERINTENDENCIA DE MOVICAR Y CAMIONES MECANICOS, CARBONES DEL CERREJON LIMITED

**AUTOR:** YERELYS EVELIN ACOSTA MEDINA

**FACULTAD:** INGENIERIA CIVIL

**DIRECTOR:** NORMA SOLARTE VANEGAS

### RESUMEN

La práctica empresarial se basó en brindar soporte a la superintendencia de movicar y camiones mecánicos en la empresa Carbones del Cerrejón Limited, ubicada en el departamento de La Guajira, con un enfoque a la reparación de las vías por donde transitan los camiones de acarreo de carbón y de material estéril, buscando mejorar la productividad de estos a partir de la disminución de tiempos de recorrido por transitar por vías en buen estado.

También se mostraran las actividades complementarias que fueron un aporte más a la mejora y optimización de los procesos de la superintendencia.

**PALABRAS CLAVES:** Vías, mantenimiento, transito, camiones, productividad, optimización.

---

## GENERAL SUMMARY OF THE UNDERGRADUATE THESIS

**TITLE:** ADMINISTRATIVE SUPPORT IN THE DEPARTMENT OF PRODUCTION - SUPERINTENDENCY OF MOVICAR AND TRUCK MECHANIC – CARBONES DEL CERREJON LIMITED

**AUTHOR:** YERELYS EVELIN ACOSTA MEDINA

**FACULTY:** CIVIL ENGINEERING

**DIRECTOR:** NORMA SOLARTE VANEGAS

### ABSTRACT

The Work placement was based on supporting the superintendence of MOVICAR and mechanical truck Cerrejón Company Limited, located in the department of La Guajira, with a focus on repair of roads on which transit trucks hauling coal and sterile material, seeking to improve the productivity of these, as from the decrease in travel time for transit through roads in good condition.

In addition, this contemplates complementary activities, which were another contribution to the improvement and optimization of the processes of the superintendence.

**KEYWORDS:** Roads, maintenance, transit, trucks, productivity optimization.

---

## INTRODUCCIÓN

Cerrejón es un complejo carbonífero de explotación de carbón a cielo abierto de gran escala, que para lograr sus metas y satisfacer las necesidades de los clientes utiliza procesos normalizados como lo son el cumplimiento de los estándares de calidad.

Para el almacenamiento del carbón en Cerrejón se utilizan patios que están expuestos a la intemperie. Los patios sobre los cuales se conforman las pilas de carbón tienen dimensiones, diseños y condiciones físicas que varían entre cada una de ellas y almacenan tipos de carbón con diferentes especificaciones de calidad de acuerdo a las necesidades y/o requerimientos de operación.

Las pilas se encuentran distanciadas una de la otra y por consiguiente se necesitan canales de comunicación entre ellas, es decir, existen vías que comunican una pila con otra, así como también que conducen a otros lugares de la mina y que son utilizadas por vehículos livianos, medianos y pesados.

El mal estado de las vías afecta la productividad y eficiencia de la operación minera en general, especialmente en el área de las pilas que es el área que alimenta las trituradoras que a la vez alimentan el tren que transporta el carbón que se va a comercializar.

En este informe se muestra de manera general una visión a cerca de la empresa donde se desarrolló la práctica empresarial, un referente teórico a cerca de aspectos relacionados con el objetivo del proyecto, y un resumen de cada una de las actividades que se llevaron a cabo durante el periodo de la práctica, y así como el proceso llevado a cabo para determinar la frecuencia de la reparación de estas vías, así como la relación de otras actividades que ayudan a mejorar los

---

indicadores mencionados, actividades realizadas y por realizar y los aportes al conocimiento adquiridos durante el desarrollo del proyecto.

---

## 1. OBJETIVOS

### **General**

Aportar conocimientos sobre ingeniería civil a la empresa, mediante la determinación de la frecuencia de la reparación de vías en el área llamada “Pilas de Carbón” basado en la densidad vehicular de esta zona.

### **Específicos**

- ✓ Realizar informes sobre el estado de vías de acarreo en el área de las pilas dependiendo del nivel de flujo vehicular.
- ✓ Generar diagramas donde se evidencien los puntos más críticos en intersecciones viales.
- ✓ Conocer sobre las características de los equipos mineros que se movilizan sobre las vías en estudio.
- ✓ Mostrar las actividades desarrolladas durante la práctica profesional en Carbones del Cerrejón Limited.

---

## **2. GENERALIDADES DE LA EMPRESA “CARBONES DEL CERREJON”**

Carbones del Cerrejón es un complejo de minería y transporte integrado en el departamento de La Guajira, como se aprecia en la figura 1, dicho complejo tiene una extensión aproximada de 80.000 hectáreas en la misma. El principal producto de la explotación llevada a cabo aquí es el carbón térmico, siendo la mina de carbón a cielo abierto más grande del país, debido a que se producen aproximadamente 34 millones de toneladas por año, las cuales son comercializadas a nivel internacional.

El carbón antes de ser comercializado, es transportado desde la mina hasta el propio puerto del Cerrejón ubicado en el mar caribe y el cual lleva por nombre Puerto Bolívar, por vía férrea con una extensión de 150 km aproximadamente. Ya estando en el puerto es cargado en buques que le permite salir a las diferentes partes del mundo donde es solicitado.

Gracias a que la mayoría de los empleados de Cerrejón son guajiros, este se convierte en la principal fuente económica del departamento.

Como medida para lograr un mayor desarrollo sostenible para las comunidades que se encuentran cercanas al área de explotación y por ende son las afectadas por el proceso, la compañía ha diseñado sistema de fundaciones las cuales trabajan de la mano con la comunidad para un mejor progreso.

Cerrejón es propiedad de tres empresas extranjeras: BHP Billinton, Anglo American y Glencore Xstrata.



---

El área de explotación está dividida en dos zonas. Las cuales llevan su nombre de acuerdo a la ubicación dentro del área, la zona norte y la zona centro que se extiende desde el centro hasta el sur, cada una de estas está conformada de la siguiente manera:

- ✓ **ZONA NORTE:** Compuesta por el tajo Tabacos y tajo La Puente, a las cuales se les llama también Nuevas Áreas Mineras 1 y 2, respectivamente (NAMs)
  
- ✓ **ZONA CENTRO:** Conformada por tajo Patilla, tajo comuneros, tajo Oregal y tajo 100.

El área de explotación del mineral está delimitada por los municipios de Maicao en el norte del departamento y Barrancas en el sur. Esta área está comprendida por el 48% del área total del complejo.

Figura 1. Localización de Cerrejón



Fuente: Disco Privado Carbones del Cerrejón, Disco I/prod/mina/desemp/empresa.

## 2.1. VISION CORPORATIVA<sup>1</sup>

*Ser reconocido en el mercado internacional del carbón térmico y en Colombia como el productor y exportador de clase mundial más eficiente y confiable, como un socio excelente que cumple con los estándares más altos en seguridad, salud, medio ambiente y desarrollo sostenible, y como una empresa de comportamiento ético ejemplar, respetuosa de los derechos humanos, y contribuyente efectiva al bienestar y desarrollo de las comunidades en que*

<sup>1</sup> CARBONES DEL CERREJON. Quienes somos <<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/quienes-somos.aspx>> [citado mayo 22 de 2014]

*opera y del país, que promueve la participación, el desarrollo y la excelencia de su gente, y logra la mejor rentabilidad para sus accionistas.*

**Figura 2. Cargue de carbón en los silos. Nivelación de la carga**



Fuente: <http://www.cerrejon.com/site/sala-de-prensa/galeria-multimedia/ferrocarril.aspx>

## **2.2. MISION<sup>2</sup>**

*Cerrejón no posee una visión general, esta se establece en cada departamento.*

### **2.2.1. Departamento de Producción.**

*Producir carbón al menor costo unitario posible, dentro de los siguientes lineamientos:*

- ✓ *Estricto cumplimiento de los objetivos de Integridad Operacional (Seguridad, Salud, Medio Ambiente, Protección y comunidades).*
- ✓ *Lograr los volúmenes establecidos en el plan (mensual y anual).*
- ✓ *Adhesión a la secuencia de minería establecida por el plan.*
- ✓ *Costo unitario por tonelada por debajo de lo planeado (en el Departamento de Producción).*
- ✓ *Satisfacción de los requerimientos de carbón (volumen, calidad) definidos por la función de Manejo de Carbón.*

---

<sup>2</sup> Disco Privado Cerrejón. Disco I/Prod/mina/gener/

---

## 2.3. ESTILO CERREJON

### 2.3.1. VALORES

Como lo dice el estilo Cerrejón<sup>3</sup>, en la compañía existen valores que permiten desarrollar actividades seguras y responsables con la comunidad y el medio ambiente y que permite continuar con procesos que vayan en busca del progreso en general.

Estos comportamientos se convierten en la clave para tener una estructura organizacional sólida, tal como lo hace cerrejón:

- **Seguridad, Salud y Medio Ambiente:** Cerrejón vela porque la seguridad y la salud de las personas que trabajan dentro de la compañía siempre vayan de la mano con los excelentes procesos que allí se dan. Además se preocupa por la preservación del medio ambiente. Por esto estos tres ítems se convierten en los principales pilares de la operación.
- **Respeto:** Para la convivencia en Cerrejón es importante que no exista distinción de ningún tipo. Además se exige el respeto por las demás personas, incluso quienes no pertenecen a la compañía. Se resalta el valor de la mujer como pilar fundamental dentro de la sociedad.
- **Responsabilidad:** Existe dos maneras de ser responsables dentro de Cerrejón, cumpliendo con los derechos y los deberes, en varias dimensiones como lo son el medio ambiente, las comunidades, proveedores, empresas contratistas y demás grupos de interés.

---

<sup>3</sup> CARBONES DEL CERREJON. Estilo Cerrejón. <<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/estilo-cerrejon/valores.aspx>> [Citado mayo 24 de 2014]

- **Ética:** Los procesos de operación deben ser éticos, basados en los más altos estándares de rectitud, tanto individual como colectivamente, convirtiéndose esto en la clave del éxito de todo lo que se hace en la compañía.
- **Transparencia:** Cerrejón está abierto a recibir siempre las críticas y opiniones que tanto los empleados como los demás grupos de intereses están dispuestos a dar, mediante una comunicación concreta y transparente.
- **Integridad:** Las palabras siempre debe ir de la mano con las acciones, hacer lo que se dice.
- **Empoderamiento:** Cerrejón tiene las mismas condiciones para toda la comunidad, brindado siempre un ambiente igualitario en oportunidades. Se valoran las capacidades de todas las personas, las nuevas ideas, se apoya el talento de la región, buscando siempre el desarrollo corporativo para que los empleados sientan que hacen parte de este crecimiento.

### 2.3.2. PRINCIPIOS DEL ESTILO CERREJON<sup>4</sup>

- *Nos proponemos operar el negocio incrementando nuestro foco externo y nuestra sensibilidad hacia el mundo exterior.*
- *Aspiramos a que las comunidades estén complacidas de que seamos parte de su entorno y que continuemos siéndolo.*
- *Nos apoyaremos en referentes externos para buscar mejoramiento y validar qué tan alineados estamos con los estándares internacionales.*

---

<sup>4</sup> CARBONES DEL CERREJON. 11 principios del estilo Cerrejón. <<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/estilo-cerrejon/principios-del-estilo-cerrejon.aspx>> [Citado mayo 24 de 2014]

- *Trabajaremos en dirección a hacer sostenible la vida de las comunidades de nuestro entorno. Además de ser un imperativo moral, reconocemos que Cerrejón es sostenible en la medida en que el desarrollo de La Guajira lo sea.*
- *Particularmente en el contexto de la responsabilidad social el paradigma de sólo el cumplimiento de la ley no es suficiente. Por eso buscamos “hacer lo máximo posible y no lo mínimo necesario”.*
- *Reconocemos que la transparencia es fundamental en nuestras relaciones con las comunidades.*
- *Nos proponemos siempre construir confianza con nuestros grupos de interés.*
- *Aspiramos y nos comprometemos a estar a la vanguardia de una minería responsable en Colombia y en el mundo.*
- *Trabajaremos por ser más innovadores, más abiertos al cambio, más participativos, tanto en nuestras relaciones internas como externas.*
- *Trabajaremos para generar más confianza en nuestra relación con empleados.*
- *Trabajaremos para generar una cultura de mayor empoderamiento, autocontrol y autonomía de nuestros empleados.*

### 3. PROCESO DE PRODUCCION<sup>5</sup>

La operación desarrolla e implementa planes para cumplir con los requerimientos de las exportaciones de carbón.

Aproximadamente el 70% del carbón minado es triturado inmediatamente y despachado en tren, en tanto que el 30% restante es almacenado de acuerdo con

---

<sup>5</sup> CARBONES DEL CERREJON. Calidad del producto. <<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/calidad-del-producto.aspx>> [Citado mayo 25 de 2014]



---

su poder calorífico, contenido de cenizas y azufre. Este carbón es luego triturado e incorporado al flujo normal con el fin de ajustar la calidad del carbón despachado en un momento dado. En La Mina, la calidad del carbón triturado se mide mediante el análisis de muestras tomadas por un muestreador automático. Antes de cargar el carbón en el tren, y en un lapso de tiempo inferior a dos horas, se determina la calidad del carbón por medio de análisis rápidos de laboratorio.

Una vez en el puerto, el carbón es apilado y reclamado de tal forma que se minimice la variabilidad de la calidad del carbón en cada embarque. Una estación certificada de muestreo, operada por un inspector independiente, es utilizada para certificar la calidad de cada embarque. Puerto Bolívar tiene capacidad para cargar buques graneleros entre 25 mil y 175 mil toneladas de mineral, sujeto a la aprobación de las autoridades portuarias.

El carbón de Cerrejón es un producto en su mayor parte no lavado que proviene de una variedad de mantos. La mayoría de este se utiliza en la generación de energía eléctrica, mientras que una proporción menor se utiliza en ámbitos industriales y en la calefacción doméstica. El alto rendimiento de nuestro carbón en varios procesos de combustión lo ha colocado en una posición de excelencia tanto en Europa como en América del Norte durante más de 20 años.

Figura 3. Proceso productivo del carbón



Fuente: <http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/operacion-integrada.aspx>

### 3.1. EXPLICACION DEL PROCESO

Como lo aclara la compañía en uno de sus documentos privados<sup>6</sup>: En Cerrejón debido a que el mineral se comienza a encontrar a pocos metros de la superficie la minería que se hace es a cielo abierto, evitando la construcción de túneles para extraerlo. La explotación del carbón se lleva a cabo bajo las siguientes etapas:

<sup>6</sup> CARBONES DEL CERREJON. Documentos en discos privados. Disco I/Prod/mina/infgen



✓ **Preparación de la superficie:**

Se hace un descapote de la superficie, además se remueve la capa de suelo que se encuentre. Todo este material es llevado a los retrollenados, es decir a los tajos que no se están utilizando y se están rehabilitando.

✓ **Perforación:**

Para perforar la superficie se utilizan equipos llamados taladros, que son los encargados de hacer los pozos o barrenos donde se colocara el material explosivo para la voladura.

✓ **Voladura:**

Lo primero que se debe hacer para la voladura es un estudio del área a intervenir, en los que se incluye un estudio general del material que se volara, es decir, donde se muestren las características de este. Posteriormente se determina la cantidad de pozos que se deben hacer y la distribución para que la voladura sea efectiva y además el intervalo de tiempo en la explosión de los pozos. La técnica de voladura sobre manto, que es la que se practica en la compañía vuela únicamente la roca sin afectar el material, teóricamente. Debido a que los mantos en esta zona son irregulares, se debe colocar material explosivo en espacios donde se encuentra el mineral, para evitar que este se afecte con la voladura se coloca una herramienta llamada Paraplug que crea una cámara de aire, evitando que el carbón se vea afectado por la combustión de la emulsión con la que se realiza la voladura.

La voladura se hace con un agente explosivo llamado emulsión, que se produce en una planta propia de la compañía con asesoramiento de Indumil. Esta se lleva hasta los sitios donde se requiere en camiones especiales que permiten conservar las propiedades específicas de la emulsión, además están dotados con un sistema de mangueras especiales que ayudan a de depositar esta, en los barrenos.

✓ **Remoción de Material Estéril:**

La remoción se hace en bancos de 10 metros de alturas mediante palas retroexcavadoras y frontales tal como se aprecia en la figura 4.

**Figura 4. Pala removiendo material estéril**



**Fuente:** <http://www.cerrejon.com/site/sala-de-prensa/galeria-multimedia/ubicacion-y-tajos.aspx>

✓ **Extracción de carbón:**

Cuando el estéril es removido, el manto de carbón debe quedar limpio para poder ser cargado en camiones carboneros mediante la utilización de equipos llamados cargadores, los cuales tiene una capacidad por cada cucharón de aproximadamente 40 toneladas (ver figura 5). El carbón es bajado hasta el nivel del suelo mediante tractores o palas frontales llamadas Liebherr.

Figura 5. Cargue de carbón con cargador.



Fuente: Propia

✓ **Transporte de material:**

El material estéril es transportado en camiones de 240 Ton y 320 Ton, hacia los botaderos o áreas de retrolenado. Además es utilizado también para hacer mejoras en las vías de transporte de equipo pesado.

El carbón, por su parte, es transportado en camiones con capacidad de 190 Ton a las trituradoras o a las pilas de carbón, donde se apila dependiendo de la calidad o el poder calorífico.

✓ **Transporte de carbón hasta el Puerto:**

El carbón se lleva hasta el puerto por vía férrea, con la utilización de trenes de aproximadamente 122 vagones. El tren hace ciclos de 12 horas en las cuales debe cargarse, recorrer el trayecto hasta Puerto Bolívar, descargar el carbón en el puerto y regresar a la mina para continuar con el siguiente ciclo

✓ **Descargue de Carbón en el puerto y comercialización:**

Al llegar el tren al puerto, se detiene en la estación de descarga, donde el carbón sale a través de las ranuras que tiene cada vagón en la parte inferior. Este es llevado a los busque a través de los cargadores de buques, o a las pilas mediante bandas transportadoras.



✓ **Cargue de Buques:**

Sobre el muelle se encuentran los cargadores de buques que ayudan a llevar el carbón hasta su destino final en el puerto.

---

#### 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El tránsito de camiones sobre todas las vías de la mina, zona norte, zona sur, incluyendo pilas de carbón, ha presentado inconvenientes desde muchos años atrás, gracias a que las vías constantemente están en mal estado, convirtiéndose en un problema crítico que ha empeorado en los últimos años debido al aumento del número camiones y otros equipos dentro de la operación, ocasionando impactos negativos en aspectos como:

- ✓ Condiciones inseguras para el personal y los equipos que transiten sobre las vías
- ✓ Disminución de la productividad de la empresa debido a que los camiones deben reducir la velocidad por debajo de la diseño a partir de la cantidad de baches, desniveles y huecos sobre las vías, haciendo los ciclos de carga – descarga más largos.
- ✓ Daños en la suspensión y en las llantas de los equipos, generando elevados costos de reparación y reconstrucción.
- ✓ Cambios en la secuencia minera, con posible impacto en el cumplimiento de metas volumétricas.
- ✓ Limitaciones y riesgo en áreas de cargue y descargue.
- ✓ Impacto negativo desde el punto de vista estético y paisajístico.

En Cerrejón aunque existen documentos oficiales sobre la construcción y mantenimiento de vías, no existe un referente a partir del cual se pueda determinar la frecuencia con la que deba hacerse dicho mantenimiento, es por esto que este documento constituye una línea base sobre la cual se pueda determinar el intervalo de tiempo para realizar el mantenimiento de una vía a partir de los diferentes materiales utilizados para tal fin.

---

## 5. MARCO TEORICO

Las vías pueden definirse como el espacio sobre el cual se transportan personas y diferentes tipos de vehículos y que además permiten la comunicación de un lugar con otro.

Las vías mineras están definidas dependiendo de diversos aspectos como los vehículos que por ellas transiten o por donde se encuentren ubicadas o la utilidad que tengan.

De acuerdo a esto en Cerrejón se encuentran los siguientes tipos de vías:

- ✓ **Vías de acarreo:** Estas son las vías más importantes dentro de la empresa ya que por estas circulan los equipos donde se transporta el carbón y el estéril producto del proceso de explotación minera desde el sitio donde es extraído hasta el sitio de disposición final. Son vías con alto grado de desgaste ya que están expuestas constantemente a grandes cargas generadas por el proceso. En estas vías también se transportan vehículos livianos y medianos y por este motivos son las vías que tienen procesos de mantenimiento rutinario.
- ✓ **Vías internas en las pilas de carbón:** Son aquellas que se encuentran dentro de los lugares donde se almacena el carbón, pilas de carbón. El plan minero va cambiando constantemente y con él, el trazado de las vías haciendo que estas tengan una vida útil corta.
- ✓ **Vías de equipos livianos y medianos:** Estas vías tienen acceso restringido para vehículos pesados, por ellas solo transitan vehículos livianos y medianos. En la compañía se utilizan para acceder a algunos

---

talleres y a área aledañas a la zona minera. También comunican a algunas oficinas y a los centros de entrenamiento y capacitación.

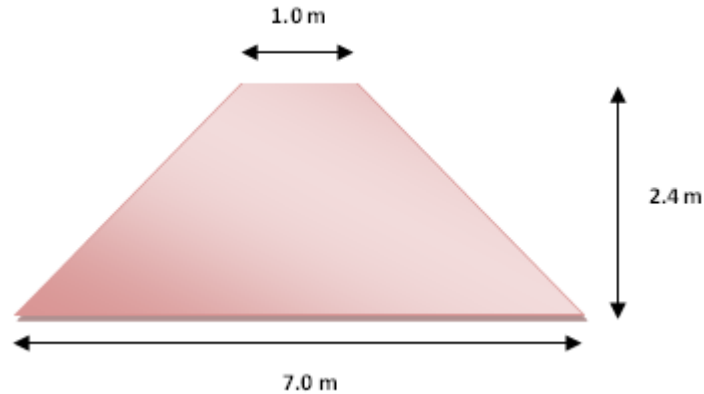
En minas a cielo abierto como esta, las vías y carriles están separados por elementos llamados bermas que no son más que líneas hechas a base de una combinación de material fino y granular con alta firmeza, que se extienden a lo largo de las vías, ubicadas en el extremo de estas. Además de cumplir la función de definir el ancho de la calzada aumentan los niveles de seguridad ya que funcionan como barreras en casos de accidentes cerca a las orillas de la vía. En la actualidad se encuentran bermas con alturas desde 1.5 m, las cuales se encuentran en las vías de equipos livianos y pesados. En las vías por las que transitan camiones pesados las bermas tienen alturas de 2.4 m.<sup>7</sup>

El ancho y la altura de la berma dependen de las características de los vehículos que transitan por la vía. La figura 6 es un ejemplo de una berma en vías de equipos pesados y es hecho a partir de las características del camión más crítico de la empresa.

---

<sup>7</sup> Tomado de: DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN. Estándar para Vías Mineras Código: ES-PD-032, Versión 4, Fecha 2011/11/30

Figura 6. Dimensiones berma estándar en vías para equipo pesado



Fuente: Propia

En las zonas de cambio en caliente, es decir, en las zonas donde se parquean los camiones al momento de terminar un turno y empezar otro sin apagarse, y líneas de parqueo de camiones, se utilizan bermas de parqueo de equipos. Son bermas que tienen características diferentes a las anteriores. Estas bermas tienen una altura de 0.4 m. La base no tiene especificaciones estándares. Estas son utilizadas como elemento que evita que los camiones puedan deslizarse sobre las vías mientras están estacionados, especialmente si se encuentran en sitios con altas pendientes.

Algo importante de resaltar es que dentro del área minera la conducción de los vehículos se hace en el carril izquierdo por seguridad, debido al ángulo de visibilidad que presentan los camiones pesados por el lado derecho, es decir, por el lado ciego.

Los operadores de los camiones utilizan las bermas, que son visibles por el lado izquierdo desde la cabina del camión, como guías para conducir dentro de las zonas mineras y lo hacen a una distancia aproximada de 3 m de la berma.

Para tratar el tema de mantenimiento de vías es importante conocer el tipo y las



características de los vehículos que circulan por estas. En Cerrejón los vehículos se clasifican de acuerdo a su peso nominal en vehículos livianos, medianos y pesados.

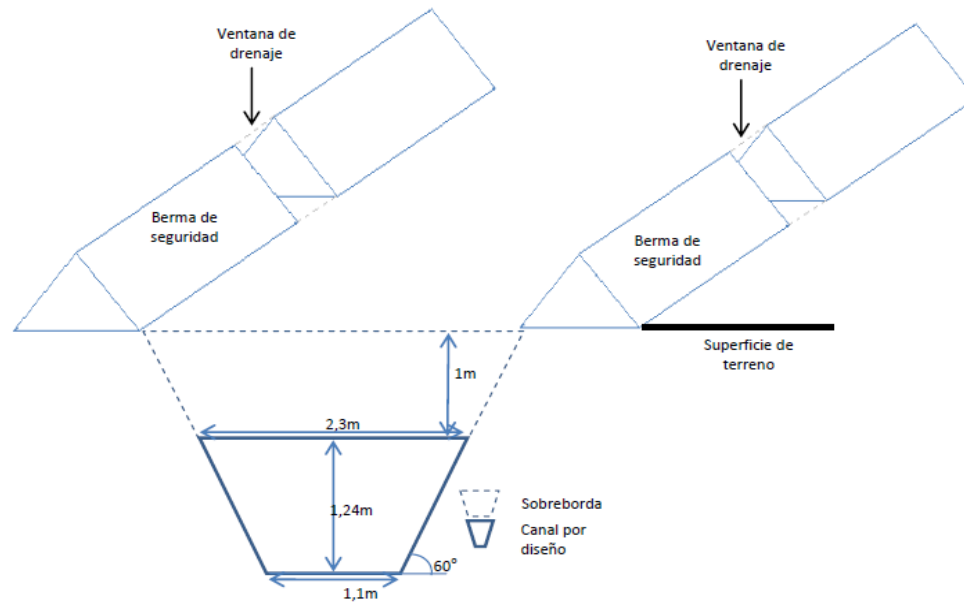
- ✓ **Vehículos Livianos:** Dentro de estos están consideradas las camionetas, automóviles, entre otros. Son utilizados para transporte de personal dentro de la empresa como técnicos, supervisores, gerentes, superintendentes, entre otros.
- ✓ **Vehículos medianos:** Dentro de este grupo se encuentran las tracto mulas utilizadas para el riego de algunas vías, buses de transporte de personal, equipos de lubricación y transporte de agentes explosivos, etc.
- ✓ **Vehículos pesados:** Son los más críticos para la vía debido a su gran tamaño y peso. Son camiones que se utilizan para el transporte de estéril y carbón.

*También es de suma importancia conocer que en las vías mineras también existen estructuras llamadas canales como el que se muestra en la figura 7, los cuales permiten la captación y evacuación de aguas acumuladas en zonas bajas o con depresiones en su topografía. Por lo tanto, se ubican estratégicamente en el perímetro de vías y áreas de pilas y topográficamente por debajo de la superficie. Los canales diseñados tienen una forma trapezoidal con altura de 1,24m y sobrecorcha de 1m<sup>8</sup>.*

---

<sup>8</sup> Tomado de: IGUARAN LOPEZ, Carlos Mario. Estándar geométrico de las áreas de pilas de carbón en la mina. Albania, 2012. Proyecto estudiante en práctica. Departamento de Sistema de gestión de la calidad del carbón. Carbones del Cerrejón Limited.

Figura 7. Corte transversal de un canal en las vías mineras.



Fuente: Propia

La ventana es el espacio que tienen las bermas para permitir el paso del agua hacia los canales y no deben estar obstruidas porque interrumpen el drenaje de agua. El ancho de la ventana debe ser aproximadamente 1,50m y por seguridad siempre menor que el ancho de una camioneta.

---

## 6. RESUMEN DE ACTIVIDADES REALIZADAS EN CARBONES DEL CERREJON LIMITED

Carbones del Cerrejón es considerada la mina a cielo abierto más grande del mundo, debido a que las prácticas y procesos allí realizados se llevan a cabo bajo altos estándares de calidad y con equipos y herramientas de última generación, los que permiten que el producto final sea de excelente calidad para competir a nivel mundial y además se haga bajo políticas sociales y ambientales determinadas por las normas y que velen por el bienestar de la comunidad.

Pertenecer a una organización como esta es enriquecedor, por esto en este capítulo se relacionan las actividades que se han desarrollado durante el proceso de prácticas profesionales, las cuales sirven de base, experiencia y punto de partida para el ejercicio profesional de la ingeniería civil.

El departamento de producción, donde se desarrollaron las actividades se encarga directamente de la planeación y puesta en marcha del proceso de extracción del carbón, y actividades asociadas a este. Específicamente en la superintendencia de Movicar y Camiones Mecánicos se encargan del transporte de carbón y material estéril, así como de brindar soporte para que las vías por donde son transitados estos materiales estén en buen estado, permitiendo una alta productividad de los equipos y de las cuadrillas de trabajo. También se planean proyectos que permitan optimizar cada una de las actividades del proceso desarrolladas y que los recursos se aprovechen de la mejor manera.

Los conocimientos de la carrera fueron aplicados para determinar la frecuencia con la que se debe hacer mantenimiento de las vías por donde es transportado el carbón, llamadas en la cotidianidad, vías del carbón, mediante la densidad del flujo vehicular de cada una de estas, así como determinar un sistema de información

---

geográfica que muestre los puntos más críticos de las vías, es decir, aquellos puntos donde el mantenimiento se hace más necesario que en el resto de la vía.

Antes de realizar cualquier actividad dentro de la compañía se requiere que la persona asista a un curso de inducción como el que se describe a continuación.

### **6.1. INDUCCION**

El proceso de prácticas comenzó con la semana de inducción, la cual tuvo fecha entre el 16 y 31 de diciembre. Durante estas dos semanas se tuvo un acercamiento a la empresa a través de charlas donde se dieron a conocer todos los estándares de seguridad de la compañía, debido a la complejidad del proceso de explotación del carbón se hace necesario que antes de iniciar cualquier actividad dentro del área de explotación, se tenga conocimiento acerca de las reglas y normas de comportamiento en cada una de las áreas de la empresa, también se dieron a conocer las políticas por las cuales está regida la compañía, entre otros temas de interés general para todas las personas nuevas en la empresa, durante estas dos semanas también se llevaron a cabo salidas de campo y entrenamientos sobre cómo actuar en caso de emergencia (primeros auxilios y contraincendios).

Se tuvo el primer acercamiento con las actividades que se iban a realizar, con acompañamiento continuo de los supervisores del área donde se desarrollaría la práctica y del estudiante en práctica saliente.

Para llevar a cabo las actividades para la consecución del objetivo se realizaron las siguientes actividades:

---

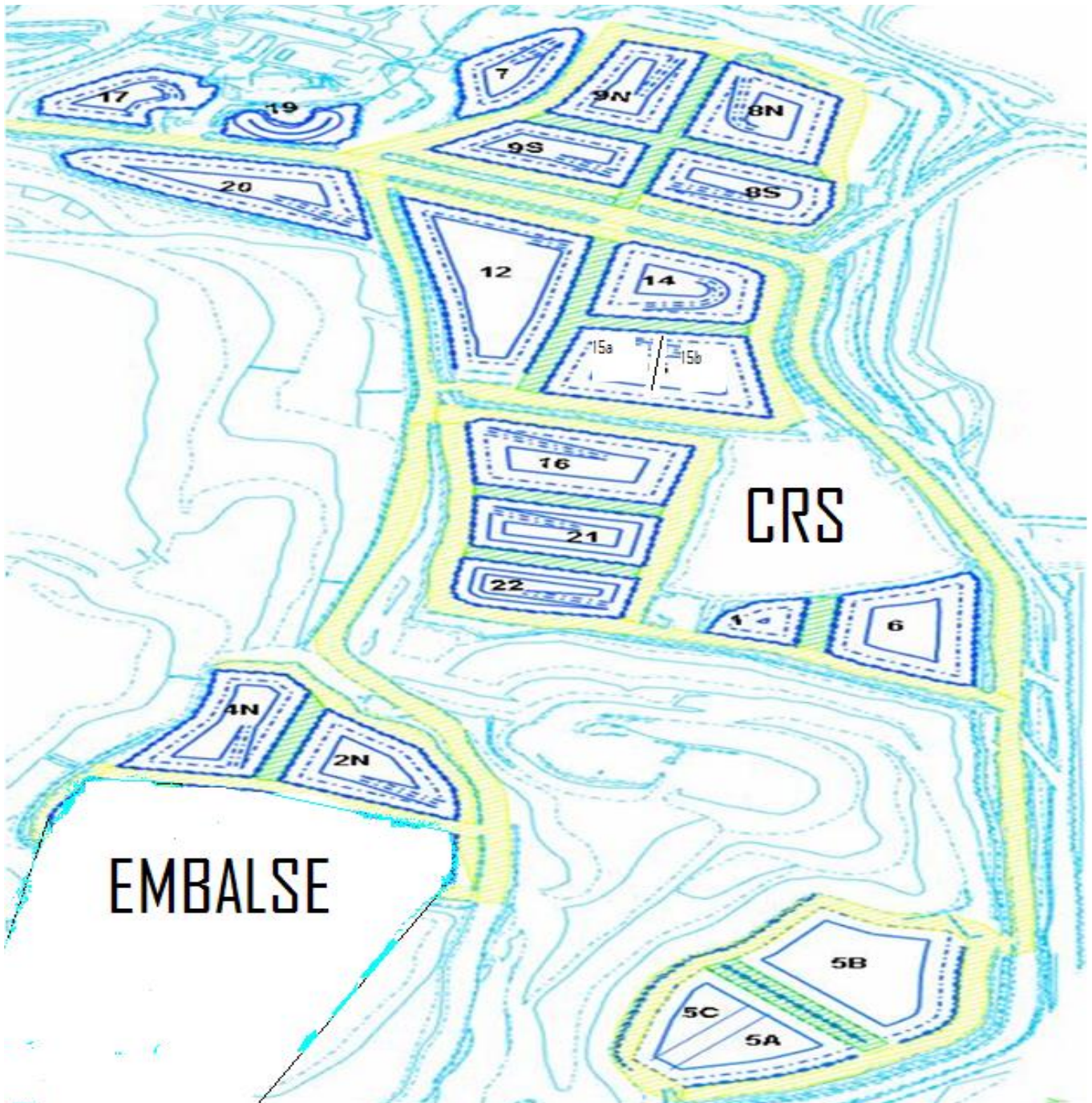
## **6.2. DELIMITACION DEL AREA DE ESTUDIO**

Para elaborar esta actividad se toma como área de estudio las pilas de carbón (ver figura 8), debido a que anteriormente se quería hacer un estudio de las vías de carbón del complejo carbonífero (zona norte y zona sur), pero debido a que los niveles de contaminación han están elevados por la falta de lluvia en la zona, parte del complejo ha estado detenido y sin operación durante varios meses del periodo de prácticas, obligando a que la zona de estudio sea delimitada en un área que no se vea en riesgo por este tema de contaminación y de esta manera se permita la libre realización del estudio.

En la figura 8 se muestra una vista superior en plano de las Pilas de carbón, y a la vez se delimitan las vías que están presentes en esta zona, las denominadas vías en estudio.



Figura 8. Plano en planta de pilas de carbón.



Fuente: Disco privado Carbones del Cerrejón

### 6.3. ESTUDIO DE ANTECEDENTES AL PROYECTO

Dada la complejidad de las vías, incluyendo intersecciones, y el avance del plan minero, en Cerrejón, se han adelantado un gran número de proyectos basados en el estudio de vías, los cuales fueron de mucha importancia para conseguir el estado actual en el que se encuentran las vías de la zona minera, además considerando la importancia de mantener las vías en buen estado para mantener la productividad siempre por encima del plan, y que se cumplan con los estándares de calidad y geometrías permitidos por la operación para que esta sea segura y confiable, se han desarrollado proyectos tales como los que se muestra a continuación:

- ✓ Guía para el diseño y construcción de vías mineras.
- ✓ Capacitación para funcionarios de vías de acarreo.
- ✓ Uso y automatización de lectores de equipo vital de camiones Caterpillar, como herramienta para el mejoramiento del mantenimiento de las vías y el mejor direccionamiento de los recursos mineros a cielo abierto.
- ✓ Estándar geométrico de pilas de carbón en la mina.

El estudio de cada uno de estos proyectos fue de gran importancia para el planteamiento y direccionamiento de cada uno de los objetivos trazados al inicio del periodo de prácticas.

## 6.4. OBSERVACIONES PRELIMINARES

En esta actividad se realizaron observaciones en las horas críticas del turno, es decir, el periodo comprendido 11:00 a 1:00 AM y PM, con la colaboración de los supervisores del área, debido a que es la hora donde se debe mejorar el rendimiento y productividad de camiones y cuadrillas de trabajo, y el buen estado de las vías es un factor clave para conseguir este objetivo. Se observaba el número y el tipo de camiones que pasaba por un punto determinado así como el estado de la vía y cada cuanto los baches que se encontraban en la zona eran reparados. Para hacer esta observación se tomaba un área aproximada de 100 metros a la redonda.

### 6.4.1. DISEÑO DEL FORMATO DE OBSERVACION

Para recolectar los datos obtenidos a partir de las observaciones se diseñó un formato que está compuesto por las siguientes casillas:

#### FECHA

Esta hace referencia a la fecha en la cual se realiza la observación, se realizaba una observación diaria, para un total de 15 observaciones durante la realización de la actividad.

#### HORA

- **Hora inicial:** En esta casilla se llenaba la hora a la cual se comienza la observación, es decir, a la hora a la que se llegaba al lugar de la observación.
- **Hora final:** Se reportaba la hora a la cual finalizaba la observación en campo.



---

### **DESCRIPCION DE LA UBICACIÓN**

Este dato es de suma importancia debido a que aquí se registraba la información que describía el lugar donde se realizaba la observación y permitía referenciar la demás información consignada en el formato de observación.

### **OBSERVADOR**

Se registra el nombre de quien realizaba la observación.

### **EXISTENCIA DE BACHES**

Se toma la información de la existencia de baches o hundimiento de la capa de afirmado de la vía, se registra la cantidad de baches que existen 100 metros a la redonda y además se hace un comentario sobre el estado del bache.

A continuación se muestra la figura 9, llamada Formato de observación estado de vías.



Figura 9. Formato de estado de vías

FORMATO ESTADO DE VIAS					
FECHA:		HORA INICIAL:		HORA FINAL:	
DESCRIPCION UBICACIÓN:		OBSERVADOR:			
NUMERO DE CAMIONES					
INSPECCION DEL AREA					
EXISTENCIA DE BACHES:		SI:	NO:	CANTIDAD:	
COMENTARIOS					
1.					
2.					
3.					
4.					

Fuente: Propia

A partir de la aplicación de los formatos de observación mostrados en la figura 9, se determinaron los tipos de vehículos que transitaban por las vías de estudio, entre los cuales buses, camiones tipo C2 grandes, camionetas, y camiones especiales como se muestran en la figura 10, donde además se muestran sus características nominales.

**Figura 10. Camiones 190T y 240T**

Marca	Figura	Aplicación	Capacidad (Ton)	Altura (m)	Ancho max (m)	Altura llanta (m)	Largo max (m)
CAT		Carbon	190	7.3	8	3	15
CAT		Esteril	240	6.7	8	3.1	15

**Fuente:** [http://www.cat.com/es\\_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks.html](http://www.cat.com/es_US/products/new/equipment/off-highway-trucks/mining-trucks.html)

También permitió evidenciar el tipo de vía y determinar que son vías en afirmado, y que la velocidad de los camiones que por allí transitan es de aproximadamente 30 km/h.

La figura 11 representa el momento de una de las observaciones en la intercepción entre la pilas 9S y 8S, en la cual la vía estaba siendo reparada con material estéril producto de los residuos de la voladura en uno de los tajos.

**Figura 11. Reparación de vías con material estéril.**



**Fuente:** Autor del proyecto

También se pudo observar que las intersecciones y curvas eran puntos críticos debido a que la mayoría de los operadores de los camiones hacen los giros muy cerrados, es decir, muy pegados a la berma y con las llantas, las cuales tienen aberturas para evitar que estas se deslicen cuando las vías están húmedas, van desprendiendo material de las bermas en las intersecciones y en la capa de afirmado.

## **6.5. DIAGNOSTICO DEL ESTADO DE LAS VIAS EN EL AREA DE ESTUDIO**

Para llevar a cabo esta actividad se parte de las observaciones que se realizaron en campo, es decir, la consignada en el formato mostrado en la figura 10, se consolidaba esta la información por ubicación de las observaciones y se analizaba para determinar cuál era el estado de la vía en los puntos donde se hacía dicha observación.

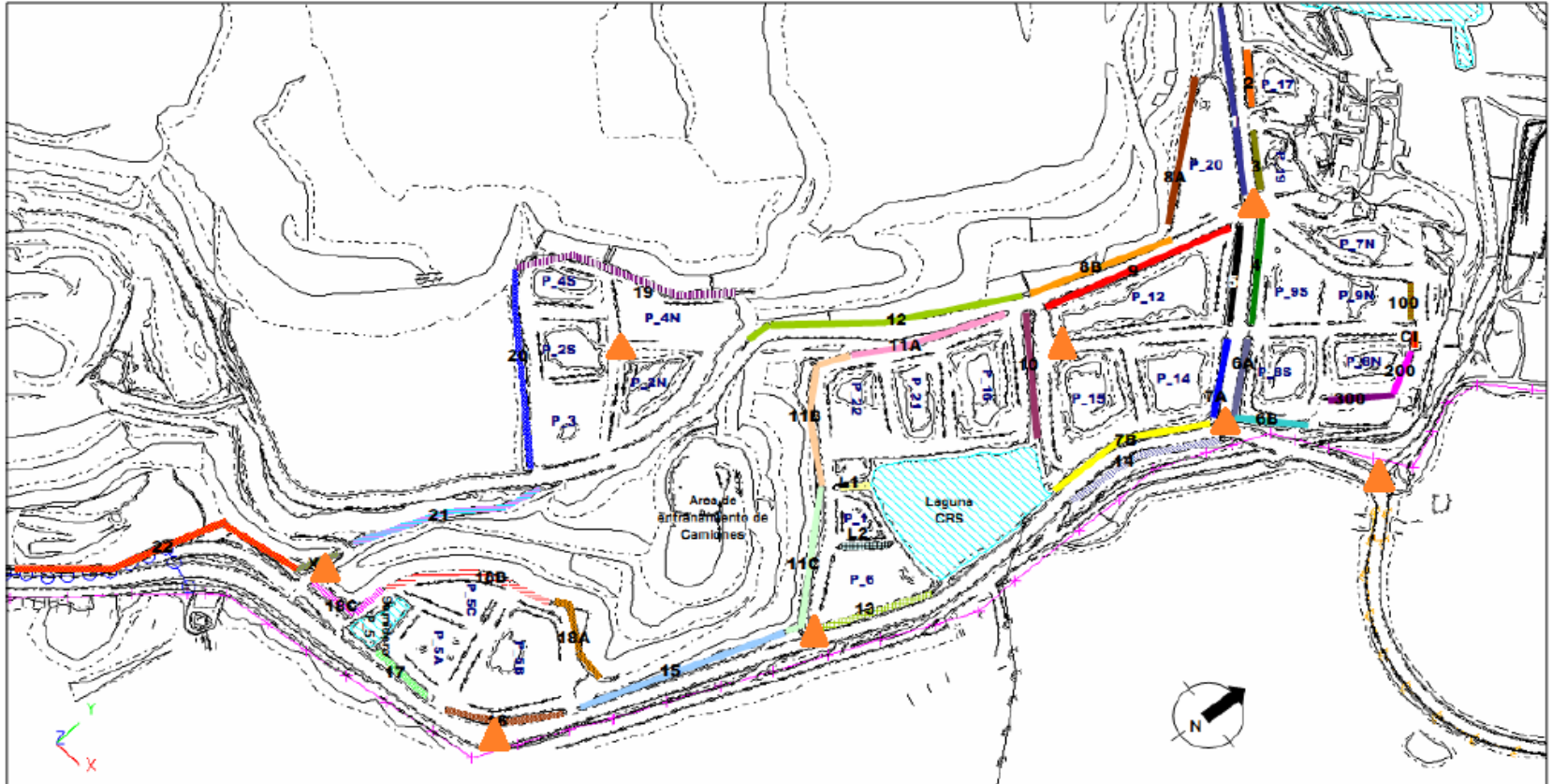
Como resultado de esto se encontró que las vías existentes están construidas con materiales inestables y permeables, por lo que se presentan daños grandes con el tránsito de los camiones.

Entre los daños que presentan las vías se encuentran la pedida de la capa de afirmado, debido a que es construida con materiales arenosos que al estar en un clima seco va perdiendo porcentaje de agua y por lo tanto cohesión y con el paso del tiempo sino se hidrata constantemente va creando grandes nubes de polvo.

También se presentan ondulaciones perpendiculares al flujo del tránsito, ahuellamiento de la capa de afirmado ocasionado por lo pesado del tránsito. Se presenta una leve perdida de la pendiente transversal manifestado en el estancamiento del agua en algunas zonas. También existen baches grandes que afectan la velocidad de transito sobre la vía.

A partir de los resultados anteriores y de otras relaciones que se mencionan en subcapítulo 6.8, fue posible determinar cuáles puntos eran más críticos en cuanto a la necesidad de recibir reparación. Se toman como muestra ocho puntos a los que se les llama puntos críticos y se pueden observar en la figura 12.

Figura 12. Plano de las pilas con ubicación de puntos críticos



▲ Puntos Críticos

Fuente: Propia

## **6.6. DETERMINAR FRECUENCIA DE CAMIONES EN LA ZONA EN HORAS DETERMINADAS.**

Para determinar la frecuencia de camiones en las áreas de estudio, es decir, el flujo vehicular, se hacían observaciones diarias en distintos momentos del turno, es decir, se hacían observaciones al inicio del turno que era aproximadamente a las 6 y 20 AM y a partir de aquí se hacían cada dos horas durante todo el turno, hasta las 5 y 40 PM aproximadamente. Las observaciones se hacían en varios puntos.

## **6.7. TOMA DE MUESTRAS PARA DETERMINAR GRADO DE DETERIORO DEL SUELO EN EL AREA DE ESTUDIO**

Con ayuda de estacas de 50 cm de altura, y que se encontraban marcadas cada 5 cm, ubicadas en los 8 puntos que se determinaron como críticos, y que sirvieron de muestra representativa, como se aprecia en la figura 12, se determinaba la cantidad de material que los camiones iban removiendo de la capa de afirmado, se hacían 5 lecturas por día en cada uno de los puntos de estudio, distribuidos de la siguiente manera: El primero se realizaba a las 6 AM, luego a las 9 AM, 12 M, 3 PM y 6 PM.

### **6.7.1. DISEÑO DE FORMATO LECTURA DE ESTACAS**

Para la toma de las lecturas de las estacas se diseñó un formato, como se muestra en la figura 13, detallado de la siguiente manera:

#### **FECHA**

Se registra el día en que se hace la lectura

#### **HORA**

- **Hora inicial:** Se toma la hora exacta en la que se hace la observación



- **Hora final:** Se toma la hora exacta en la que se termina de hacer la última lectura.

### **DESCRIPCION DE LA UBICACIÓN**

Se referencia la ubicación donde se está tomando la lectura para determinar el punto crítico al cual se está haciendo referencia.

### **OBSERVADOR**

Se toma el nombre de la persona que realiza la observación, para tener en cuenta por si no se tiene claridad con respecto a los datos tomados.

### **NUMERO DE LAS MEDICIONES**

Se registra el número de la medición para tener mayor detalle de cada una de estas.

### **HORA**

La hora en que se hace la medición es importante para determinar en qué momento del día es cuando más se degrada la capa de rodadura de las vías y de esta manera mirar la relación y el impacto que tiene el número de camiones que pasan por allí en ese mismo periodo de tiempo.

### **LECTURA**

Este dato hace referencia a profundidad a la cual está enterrada la estaca a la hora en donde se hace la lectura. Se tome en centímetros.

### **DIFERENCIA**

Este corresponde a la diferencia entre las lecturas, para determinar lo que se ha ido degradando el suelo desde que se tomó la lectura anterior.



Figura 13. Formato de lectura de estacas

FORMATO DE LECTURA DE ESTACAS				
FECHA:		HORA INICIAL:		HORA FINAL:
DESCRIPCION UBICACION:		OBSERVADOR:		
NUMERO DE ESTACA:				
MEDICIONES DEGRADACION SUELO				
N. MEDICION	HORA	LECTURA	DIFERENCIA	COMENTARIOS
1.				
2.				
3.				
4.				
5.				

Fuente: Propia

## **6.8. ELABORACION DE DIAGRAMA CON RANGO DE PUNTOS CRITICOS DE VIAS**

Para la elaboración del diagrama con rangos de puntos críticos se hizo necesaria la utilización de herramientas informáticas como ArcGIS, ya que las plantillas de los planos de las pilas se encuentran en archivos generados en este programa. Para determinar los puntos más crítico se tuvo en cuenta la relación directamente proporcional que hay entre el número de camiones que pasaban por dicho punto con el deterioro de la capa de afirmado. Es decir, que en aquellos puntos donde el flujo vehicular sea más alto, el suelo se va a deteriorar más rápidamente, lo cual se ve reflejado en que los intervalos de reparación de la vía serán más pequeños que en otros puntos.

Se determinó un indicador llamado nivel de importancia que relación la prioridad de un grupo de puntos con respecto a otros de recibir el procedimiento de reparación, para el cual se tuvo en cuenta el deterioro por horas que sufría la capa de afirmado en ese punto por medio de la lecturas de las estacas y basados en el formato que se muestra en la figura 13, se analizó el rango en el que se estaba presentando el deterioro en cada uno de los puntos, mostrando que el mayor desgaste en todos los puntos estaba en el punto crítico 2 y fue de 10 cm y el menor fue de 5 cm en el punto crítico 7.

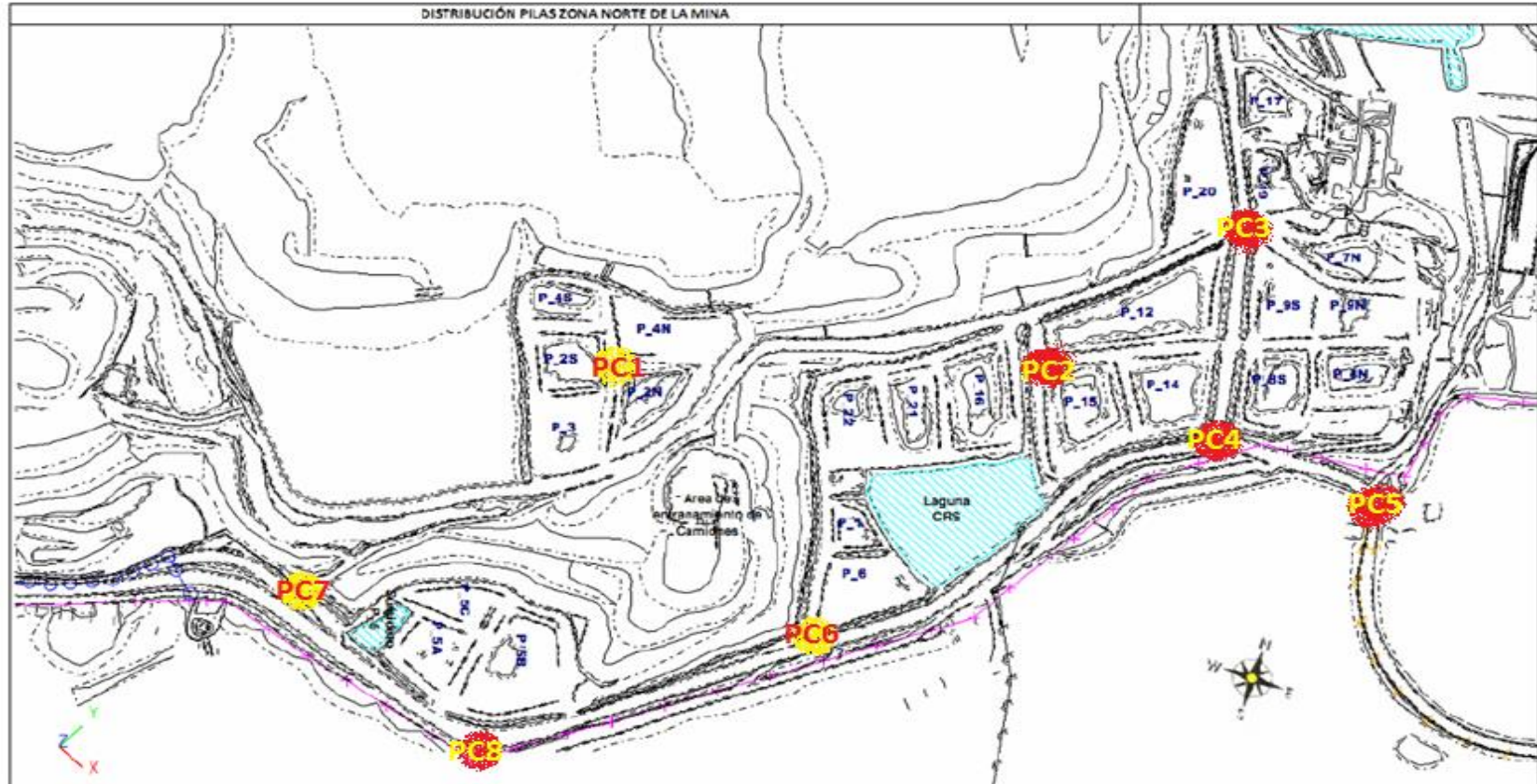
A partir de esto se determina el promedio entre los límites del rango, el cual fue 7.5 cm/h. Este fue el punto de referencia para determinar la importancia de la reparación de la vía, es decir aquellos puntos críticos cuyo promedio esté por encima de este valor, se determinan como puntos críticos de importancia 1 y se encontraran en el diagrama de color rojo, y son aquellos que necesitan reparación de la vía con más frecuencia y a los cuales se les dará mayor prioridad al momento de la reparación, y aquellos cuyo promedio de deterioro

---

este por debajo de 7.5 cm/hr serán de importancia 2 y se encontraran de color amarillo en el diagrama, presentado intervalos de tiempo menores para la reparación de la vía.

Bajo estos parámetros, se diseña el diagrama que muestra los puntos críticos de las vías, incluyendo las intersecciones, dependiendo de su importancia, como muestra figura 14.

Figura 14. Diagrama de ubicación de puntos críticos de acuerdo a la importancia.



Fuente: Propia

## 6.9. DETERMINACION DE FRECUENCIA DE LA REPARACION DE VIAS BASADO EN EL FLUJO VEHICULAR Y EN EL DETERIORO DE LA VIA

Después de tener los puntos críticos y su nivel de importancia basado en la necesidad de reparación, se determinó cada cuanto se debe hacer reparación de la vía haciendo una relación entre el número de vehículos y el desgaste promedio en cada punto crítico.

Este procedimiento en Cerrejón se hace con material producto del proceso de voladura en los tajos, el cual es transportado con camiones de 240 Ton y es depositado en el sitio donde se vaya a hacer la reparación. Después de que el material es colocado en el sitio se extiende con ayuda del tractor de oruga como se aprecia en la figura 15, posteriormente es nivelado con ayuda de la motoniveladora, tal como se ve en la figura 16, y en algunas ocasiones, si está disponible la compactadora de rodillo se pasa por la vía para una mejor compactación.

Figura 15. Tractor de oruga extendiendo material de reparación.



Fuente: Propia



Figura 16. Motoniveladora nivelando material de la vía.



Fuente: Propia

A continuación en la figura 17 se muestra la frecuencia en horas con la que debe hacerse la reparación de la vía en cada uno de los puntos críticos, así como deterioros máximos y mínimos de cada punto crítico y el deterioro promedio, el número máximo de camiones que transita por esta zona y el nivel de importancia de la reparación de la vía.

Figura 17. Frecuencia de reparación de vía en puntos críticos en la zona de estudio.

	DETERIORO MIN (cm)	DETERIORO MAX (cm)	IMPORTANCIA	DETERIORO PROMEDIO (cm)	FLUJO MAXIMO (Veh/hr)	FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO (hrs)
PC1	6.3	9.1	2	7.1	80	11.27
PC2	7.6	10	1	9.2	98	10.65
PC3	6.4	8.2	1	7.8	87	11.15
PC4	5.9	9.5	1	8.6	94	10.93
PC5	7.5	9.6	1	9.5	101	10.63
PC6	5.2	7.6	2	6.8	78	11.47
PC7	5	7.5	2	6.5	77	11.85
PC8	6	8.9	1	8.1	90	11.11

Fuente: Autor del proyecto

---

## **6.10. CALCULO DE ESPESOR LA CAPA DE AFIRMADO**

Debido a que la reparación y el diseño de las capas que componen las vías en Cerrejón no se hace de acuerdo a manuales o procedimientos estándares, se propone hacer el cálculo de la capa de afirmado que soportaría las cargas que transitan sobre ellas, haciendo que la reparación de las vías se haga con mayores intervalos de tiempo, y de esta manera los equipos que se utilizan para esto pueden ocuparse en otras actividades que aumentan la productividad de la compañía.

Para realizar el cálculo propuesto se toma como base el método AASHTO, aclarando que es un método empírico, y su utilización se debe a que no se tienen datos de exploración o estudio del suelo profundos y especializados que permitan determinar de manera exacta la calidad de los materiales empleados para construir las vías.

Para determinar espesores de capas de afirmado según este método, en el hay que definir tres parámetros: Región climática, calidad relativa del suelo de la subrasante y el nivel del tránsito.

### **6.10.1. TIPO DE REGION CLIMATICA**

La región climática en la zona de estudio es una región seca, donde no se presentan nevadas. De acuerdo a la figura 18 y analizando las características de la zona, se puede determinar que el tipo de reunión es IV.

Figura 18. Tipos de regiones climáticas ASHTO.

REGIÓN	CARACTERÍSTICAS
I	Húmeda, sin heladas
II	Húmeda, con ciclos de congelamiento y deshielo
III	Húmeda, con alta penetración de la helada
IV	Seca, sin helada
V	Seca, con ciclos de congelamiento y deshielo
VI	Seca, con alta penetración de la helada

Fuente: [http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%2021.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2021.pdf)

### 6.10.2. CALIDAD RELATIVA DEL SUELO DE LA SUBRASANTE

Visualmente se puede determinar que el tipo de material existente son gravas arenosas pero que al estar en un clima muy seco, con características muy cercanas a la zona desértica, comienza a soltar partículas finas creando nubes grandes de polvo, entre otras afectaciones, haciendo que la calidad del suelo de la subrasante sea de calidad regular, con un módulo resiliente efectivo de 5600 lb/pg<sup>2</sup>, como se aprecia en la figura 19.

Figura 19. Tabla de calidad del suelo de la subrasante.

Región climática	Muy pobre	Pobre	Regular	Buena	Muy buena
I	2800*	3700	5000	6800	9500
II	2700	3400	4500	5500	7300
III	2700	3000	4500	4400	5700
IV	3200	4100	5600	7900	11700
V	3100	3700	5000	6000	8200
VI	2800	3100	4100	4500	5700

\* módulo resiliente efectivo, en lb/pg<sup>2</sup>

Fuente: [http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%2021.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2021.pdf)



### 6.10.3. NIVEL DEL TRANSITO

Para determinar el nivel del tránsito se hace necesario calcular el número de ejes equivalentes de 80 kN, basado en la figura 20, a partir de la cual se hace la correlación del número de ejes equivalente con el nivel del tránsito.

Para encontrar el número de ejes equivalentes, se tomó un carril de diseño y lo primero que se determinó fue el TPD (Tránsito Promedio Diario), que para este caso fue de 2424.

Luego se determina el factor camión, para el cual se hace necesario tener la distribución de tránsito, en este caso es la siguiente: 85% son camiones, de los cuales el 65% son camiones de 190T, el 30 restante son camiones de 240T y el 5% restante son camiones tipo C2 grandes. También existe un 10% de camionetas, 5% buses.

Para determinar el factor camión es necesario utilizar el factor de equivalencia que para los camiones 240T y 190T es, respectivamente, 45863 y 18015, determinados a partir de la fórmula que se muestra en la figura 20.

Figura 20. Determinación del factor equivalencia de carga

$$\text{Factor de equivalencia de carga} = \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^4$$

donde  $P_0$  = carga estándar

$P_1$  = carga cuya equivalencia con la estándar se desea calcular.

Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos. Tomo I

Con los datos anteriores se determina el número de ejes equivalentes, a partir de la fórmula que se muestra en la figura 21, sabiendo que la tasa de crecimiento del tránsito es de 0.5% anual y que el periodo de diseño fue tomado de 3 años, debido a que es un tiempo prudente para un rediseño de la

capa de rodadura conocimiento que en la mina las vías tienen poco tiempo de vida útil debido a que son constantemente cambiadas por el avance del plan minero.

Figura 21. Fórmula para determinar número de ejes equivalentes de 80 kN.

$$N = \text{TPD} \times \frac{A}{100} \times \frac{B}{100} \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{\ln(1+r)} \times \text{F.C.}$$

Fuente: MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos. Tomo I

Donde,

TPD: Transito promedio diario

A: Porcentaje estimado de vehículos pesados (buses y camiones)

B: Porcentaje de vehículos pesados que emplean el carril de diseño.

R: Rata anual de crecimiento del transito

FC: Factor camión

N: Periodo de diseño.

Aplicando la fórmula de la figura 21, se obtiene el siguiente resultado:

$$N = 6.42E12$$

Con el número de ejes equivalentes y la información contenida en la figura 22, donde se muestra el nivel del tránsito de acuerdo al número de ejes equivalentes de 80 kN, se determina que en el caso de estudio el nivel de transito es alto, incluso, el número de ejes equivalentes reales sobrepasa, y por valores muy altos a los rangos contenidos en la figura 22.

Figura 22. Correlación de número de ejes equivalentes de 80 kN y nivel de tránsito.

Nivel	Número de ejes equivalentes de 80 kN
Alto	60,000 – 100,000
Medio	30,000 – 60,000
Bajo	10,000 – 30,000

Fuente: [http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%2021.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2021.pdf)

A partir de la información anterior y con ayuda de los datos contenidos en la figura 22, se determina el espesor de la capa de afirmado bajo las condiciones dadas.

Figura 23. Espesor de afirmado según método AASHTO.

Calidad relativa del suelo de subrasante	Nivel de tránsito	Región climática					
		I	II	III	IV	V	VI
		Espesor de afirmado en pulgadas					
Muy buena	Alto	8	10	15	7	9	15
	Medio	6	8	11	5	7	11
	Bajo	4	4	6	4	4	6
Buena	Alto	11	12	17	10	11	17
	Medio	8	9	12	7	9	12
	Bajo	4	5	7	4	5	7
Regular	Alto	13	14	17	12	13	17
	Medio	11	11	12	10	10	12
	Bajo	6	6	7	5	5	7
Pobre	Alto	**	**	**	**	**	**
	Medio	**	**	**	15	15	**
	Bajo	9	10	9	8	8	9
Muy pobre	Alto	**	**	**	**	**	**
	Medio	**	**	**	**	**	**
	Bajo	11	11	10	8	8	9

Fuente: [http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%2021.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2021.pdf)

Con la calidad de la subrasante regular, el nivel del tránsito alto y la región climática tipo IV, se obtiene una capa de afirmado de 12 pulg, lo que representa aproximadamente 30 cm de espesor para la capa de afirmado.

Adicionalmente a esto se propone que los materiales de los cuales se construyen la subrasante y la capa de afirmado sean materiales de excelente calidad, determinada a partir de estudios especializados que permitan determinar el perfil del suelo del que se construirán estas capas, también con la realización de ensayos como lo son el CBR que muestra la resistencia al corte, la penetración dinámica con cono, módulo de resiliencia, contenido de humedad, límite líquido, límite plástico, granulometría.

Con lo anterior lo que se busca es que las capas del pavimento tengan mejor resistencia a las cargas que les son impuestas y de esta manera mantener las vías en condiciones más óptimas, mejorando los tiempos de transporte de materiales.

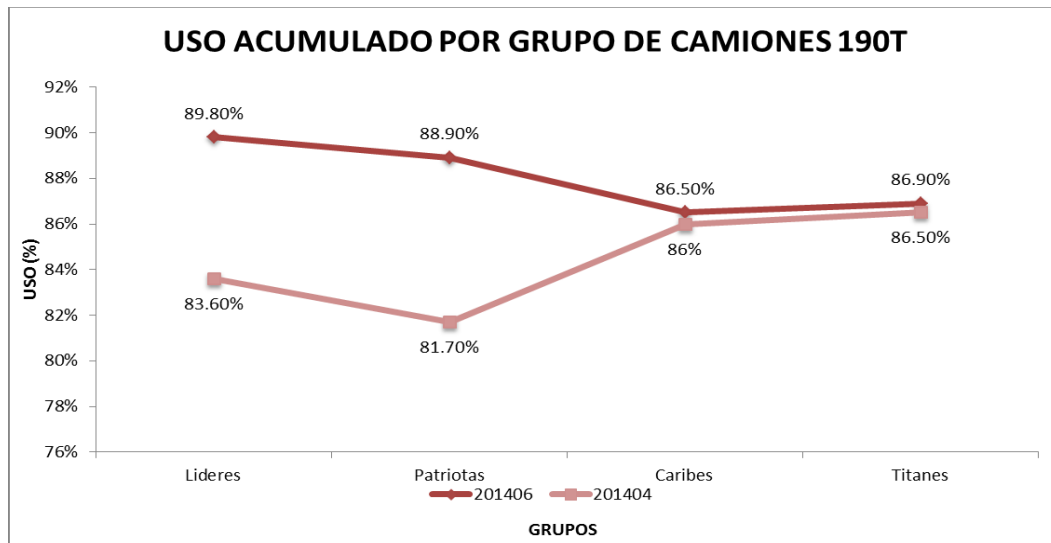
#### **6.11. REPORTE DE DISPONIBILIDAD Y USO DE UNIDADES DE ACARREO**

Este reporte se elabora semanalmente comparando como es la disponibilidad de las dos flotas de unidades de acarreo que maneja la superintendencia en la cual estoy brindando soporte (Camiones Caterpillar con capacidades de carga neta de 190 ton y 240 ton que se utilizan para cargar carbón y material estéril respectivamente). En el departamento de producción existen 4 grupos de trabajo, los cuales se denominan de la siguiente manera: Líderes, Titanes, Caribes y Patriotas. En este reporte se hace una comparación de cómo ha sido la disponibilidad de las unidades de acarreo y el uso que se les da a las mismas en cada uno de los grupos mencionados durante la semana, buscando de esta manera generar mejoras y soluciones en eficiencia de las cuadrillas de trabajo.

Se elaboraba con base en la información contenida en una base de datos de la compañía, llamada PowerView, donde quedan registradas los eventos presentados por cada uno de los camiones.

El seguimiento continuo de esta actividad permitió concluir que el uso de los equipos en los grupos de trabajo estaba viéndose afectado por la falta de personal en la cuadrillas, pues están estaban desequilibradas en cuento a este aspecto, por esto se tomó la decisión de nivelar el número de personas en cada una de las cuadrillas y de esta manera igualar el uso y la disponibilidad de los equipos en los grupos de trabajo. En la figura 24 se puede observar la mejora después de la aplicación de la medida de mejoramiento.

**Figura 24. Uso acumulado por grupo de camiones 190T, 201404 Vs 201406.**



**Fuente:** Base de datos Bussines Object, Carbones del Cerrejón Limited.

## 6.12. ANALISIS DE PRODUCTIVIDAD DE UNIDADES DE ACARREO

Complementando el reporte de disponibilidad se genera el de productividad, en este caso, se hace un análisis que muestra cómo ha sido la relación entre la cantidad de carbón que ha sido extraída de los tajos, con respecto a las horas de operación de los camiones, y de esta manera buscar medidas de mejoramiento para que la productividad semana a semana se mantenga con tendencia a la alta.

### **6.13. ANALISIS DE HABITOS OPERACIONALES**

Dentro de la operación de las unidades de acarreo existen dos tipos de inconvenientes: Los que están relacionados directamente con acciones adelantadas por el operador (mala utilización de la transmisión y freno de los camiones) y aquellos que son producto directo de la operación (hundimiento de la capa de rodadura o bermas en mal estado, entre otras). En este caso el análisis se enfoca en los problemas que se relacionan directamente con el operador y que son generados por malos hábitos operacionales. Para realización del reporte se hace necesario que se analicen la cantidad de eventos de este tipo que se generan en una semana mediante información arrojada por el sistema VIMS que esta instalados en los camiones y que muestra los “signos vitales” de estos a partir del cual es fácil monitorear cada una de estas máquinas, relacionándolos con la cantidad de horas de operación de la flota. Además se determinan que operadores son repetitivos en malos hábitos operacionales y determinar cuáles requieren recibir reentrenamiento de estas prácticas.

### **6.14. REPORTE DE UBICACIÓN DE CARGA**

La ubicación de la carga de las unidades de acarreo influye en el buen funcionamiento y estado de estos, por eso por recomendación del fabricante el 33.33 % de la carga debe ubicarse en el eje delante del camión y el 66.66 % restante en el eje trasero, además debe estar centrada, ya que la carga debe quedar en forma triangular sobre la tolva del camión. A partir de observaciones visuales se determina cuales camiones tienen la carga bien ubicada y cual no, después se hace que el camión pase por la báscula donde se determina teóricamente cual es la ubicación de la carga, debido a que esta toma el dato de distribución de la carga sobre cada uno de los ejes del camión, corroborando los datos con lo tomado en la observación. A partir de esto se

elabora un reporte donde se muestre como es la ubicación de la carga en los camiones, como era la distribución del mal cargue en las diferentes zonas de la mina, y además se evaluaban las posibles causas de esta situación para aplicar medidas de mejoramiento y optimizar el proceso de cargue de camiones.

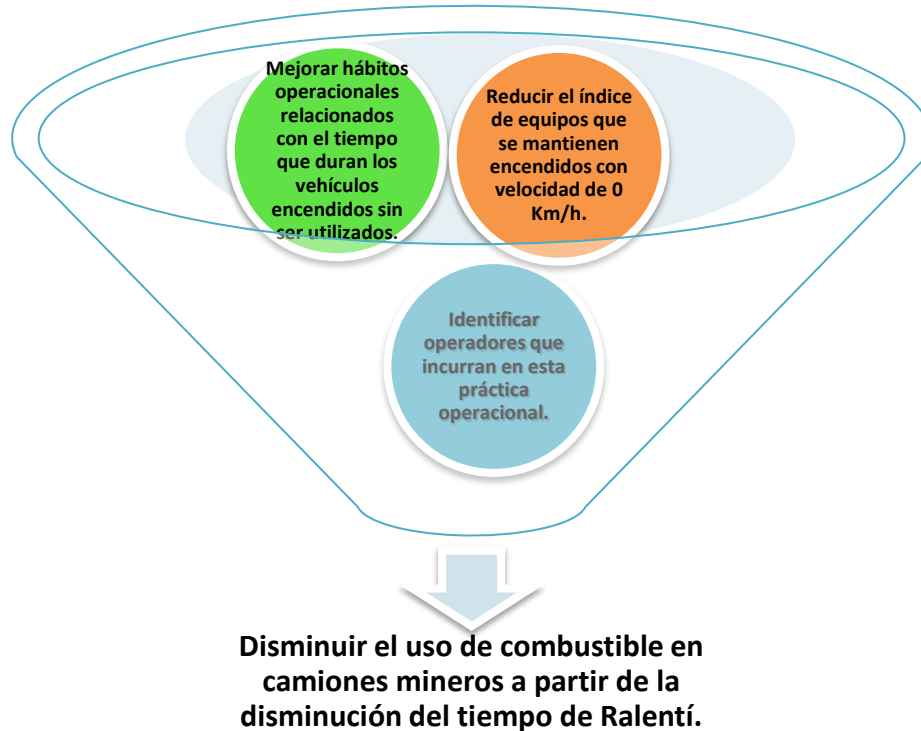
#### **6.15. PROYECTO COMPLEMENTARIO AL PROCESO DE PRÁCTICAS**

Como complemento al proceso de prácticas también se desarrolló un proyecto para optimizar procesos y recursos y de esta manera generar habito de ahorro en la compañía. El proyecto se llamó Ralentí en camiones mineros y tuvo como objetivo reducir el consumo de combustible a partir de la disminución del tiempo de ralentí.

El tiempo de ralentí se define como el tiempo que demoran los equipos encendidos con bajas RPM y velocidad 0 Km/h, es decir, sin estar en operación, y en el cual tienen un mínimo consumo de combustible.

En la figura 25 se muestra con más detalle los objetivos de este proyecto, tanto generales como específicos.

Figura 25. Objetivos del proyecto



Fuente: Propia

#### ✓ **ALCANCE**

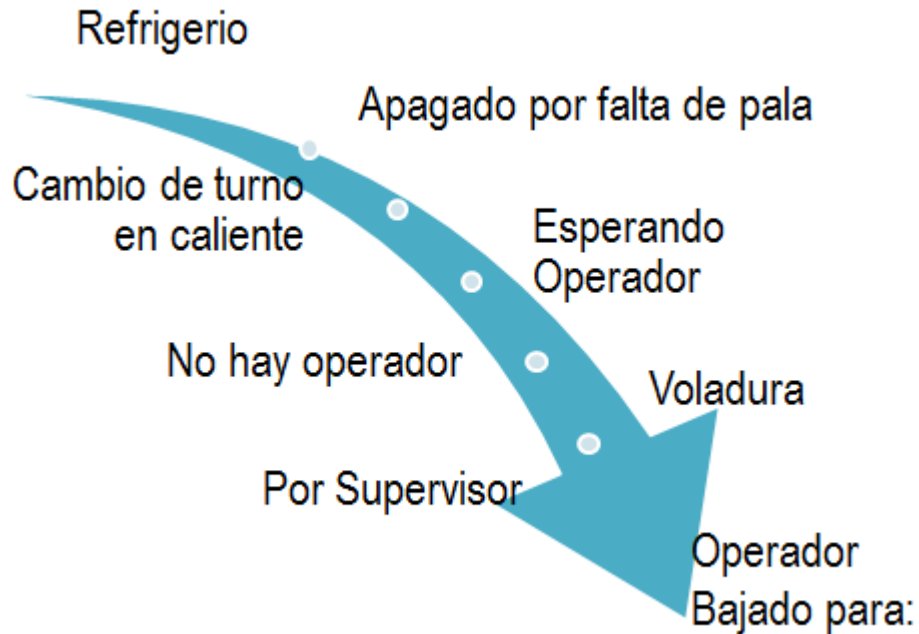
El proyecto tuvo como alcance disminuir un 40% las horas de ralentí enfoque. Las horas ralentí de enfoque son aquellas que se determinaron para reducir debido a que sobre estas los operadores de los camiones tienen responsabilidad directa, permitiendo hacer un seguimiento detallado a los hábitos de los operadores y aquellos que sean reincidentes en esta práctica operacional, les sean aplicadas sanciones para disminuir el tiempo de ralentí y a ahorrar combustible.

#### ✓ **EVENTOS RALENTI DE ENFOQUE**

Los eventos de enfoque en los cuales se daban las alarmas de ralentí que se propusieron disminuir fueron los mostrados en la figura 26:



Figura 26. Horas ralenti enfoque



Fuente: Autor del proyecto

✓ **LINEA BASE**

Al momento de iniciar el proyecto no se contaba una línea base sobre la cual partir para mirar cómo ha sido el proceso de mejora después de adoptar las medidas de mejoramiento. Por eso los meses de febrero, marzo y abril sirvieron como periodo para construir la línea base, obteniendo los resultados para cada una de las flotas, como se muestra en la figura 27.

Figura 27. Línea base proyecto. Horas ralenti en cada una de las flotas.

	Duracion eventos (Hrs)		Consumo de combustible (Gal/hr)	
	Cam 190	Flota Esteril (Cam 240T y 320T)	Cam 190	Flota Esteril (Cam 240T y 320T)
Febrero	963	3030	6741	21210
Marzo	1290	3257	9028	22796
Abril	958	4689	6703	32822
<b>TOTAL RALENTI</b>	<b>3210</b>	<b>10975</b>	<b>22472</b>	<b>76828</b>

Fuente: Propia

Asumiendo que los equipos en ralenti consumen 7 gal/hr y que cada galón vale aproximadamente 3.18 USD, y relacionando esta información con las horas consumidas en ralenti durante el periodo de estudio de la línea base, se obtuvo el gasto por consumo, como se aprecia en la figura 28.

Figura 28. Costo por consumo en horas ralenti

	Costo por consumo (USD)	
	Cam 190	Flota Esteril (Cam 240T y 320T)
Febrero	\$ 21,436	\$ 67,447
Marzo	\$ 28,708	\$ 72,491
Abril	\$ 21,317	\$ 104,375
<b>TOTAL RALENTI</b>	<b>\$ 71,460</b>	<b>\$ 244,313</b>

Fuente: Propia

El dinero que se encuentra aquí reflejado, es dinero que la empresa dejó de ganar debido a que los camiones estaban consumiendo combustible incesario pues no se encontraban en operación.

Segregando los eventos a enfocar se obtuvieron los resultados que se

muestran en la figura 29 de tiempo en ralenti en cada una de las flotas durante el tiempo del estudio:

Figura 29. Línea Base ralenti enfoque en cada una de las flotas

	Duracion eventos (Hrs)	
	Cam 190	Flota Esteril (Cam 240T y 320T)
<b>Febrero</b>	147	1174
<b>Marzo</b>	174	1303
<b>Abril</b>	116	1644
<b>TOTAL RALENTI</b>	<b>437</b>	<b>4121</b>

Fuente: Propia

#### ✓ MEDIDAS DE MEJORAMIENTO

A partir de esta línea base se crearon medidas de mejoramiento que permitieran hacer posible llegar al alcance del proyecto y cumplir con cada uno de los objetivos.

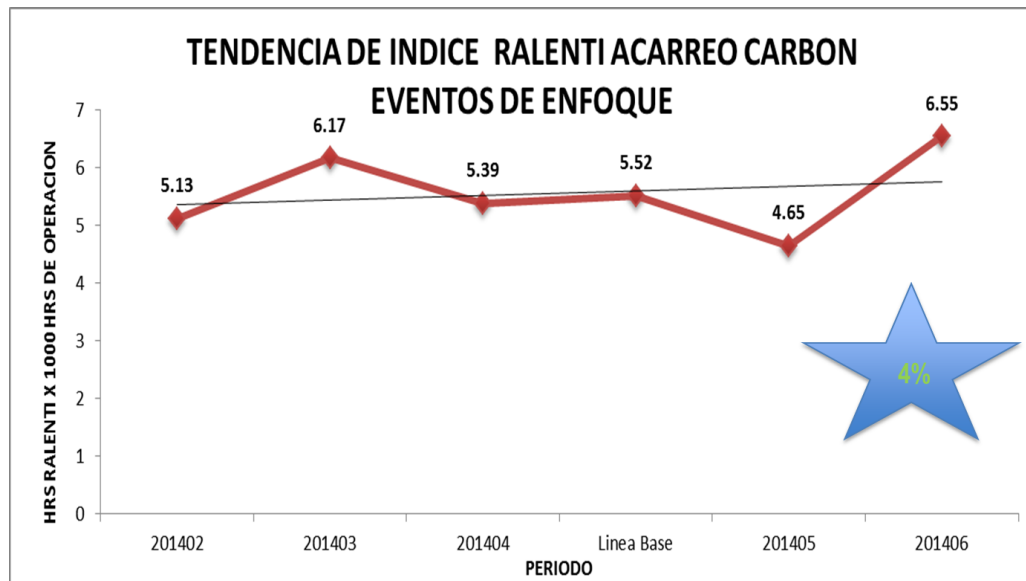
Entre estas medidas de mejoramiento estuvo el seguimiento semanal de los eventos de ralenti en cada una de las flotas, a partir de este seguimiento era posible llevar un control de los operadores que eran reincidentes en esta práctica operacional, así como determinar por semana que línea de supervisores y de que grupo eran los que presentaban mayor número de eventos de ralenti. También se llevaba una tendencia semana a semana como iba variando el índice de eventos de ralenti, este índice indicaba la duración promedio de los eventos por cada mil horas de operación en cada una de las flotas.

A partir de este reporte se determinaba un listado con los 10 operadores con

mayor número de eventos, y los operadores que estaban en el podio se les enviaba cartas de llamado de atención, donde además de cumplir con este objetivo, se les invitaba a trabajar de la mano con los supervisores para mejorar los costos de la operación minera.

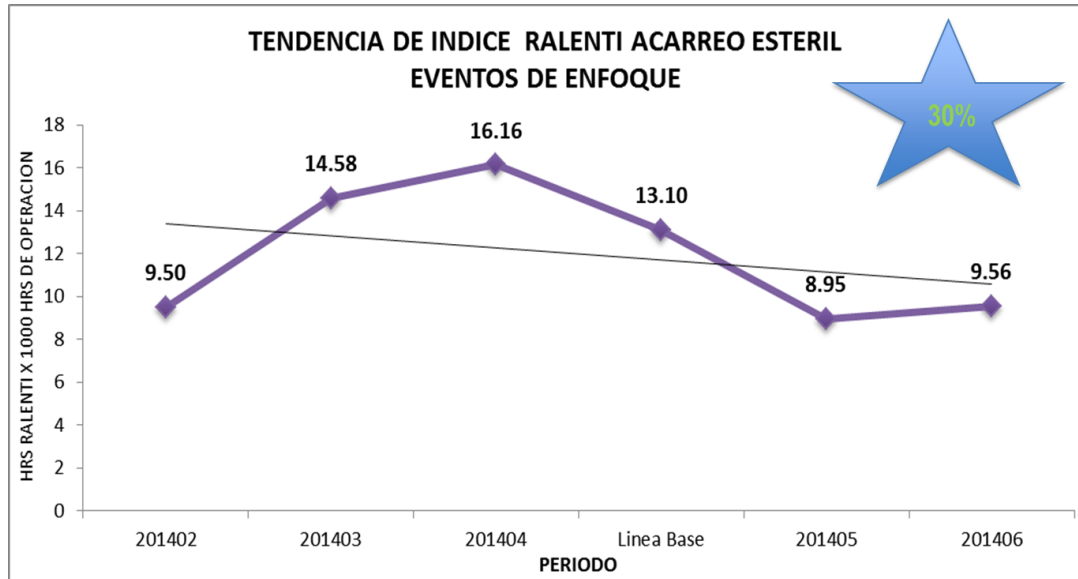
Con la aplicación de estas medidas, durante los meses de mayo y junio, se obtuvieron mejoras, tal como se muestra en las figuras 30 y 31. El porcentaje que se encuentra dentro de la estrella representa el porcentaje de mejora de tiempos de ralenti enfoque.

**Figura 30. Tendencia de índice ralenti en la flota de acarreo de carbón, Cam 190T, tomada a partir de los eventos de enfoque**



Fuente: Propia

**Figura 31. Tendencia de índice ralenti en la flota de acarreo de estéril, Cam 240T y 320T, tomada a partir de los eventos de enfoque**



Fuente: Propia

En la flota carbonera no se obtuvo el resultado esperado debido a que durante los meses de mayo y junio se estuvieron haciendo pruebas que requerían tener los vehículos encendidos así estuvieran sin estar operando, por el contrario en la flota de estéril las medidas de mejoramiento arrojando buenos resultados en la disminución del índice de horas ralenti enfoque y horas ralenti totales.

✓ **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

- El total de eventos ralenti en la flota de estéril disminuyo 13%.
- Con el seguimiento, los eventos que han disminuido notoriamente han sido: Refrigerio, Voladura, cambio de turno en caliente.
- No se están apagando realmente camiones por falta de pala en la flota de estéril.

- 
- En la flota 190T, durante el mes de junio aumento el evento apagado por falta de pala. Paso de 1 hora en el mes de mayo a 21 horas en junio, ocasionando que la tendencia terminara a la alza al finalizar junio
  - Continuar con el seguimiento semana a semana de la tendencia de eventos en cada flota.
  - **La mejora del tiempo de ralentí a partir de la optimización del proceso de acarreo en cada una de las flotas le genero a la empresa un ahorro aproximado de 80.433 USD.**

---

## 7. APOORTE AL CONOCIMIENTO

En el tiempo transcurrido desde el inicio de la práctica hasta el momento han sido un sin número de aprendizajes los adquiridos, que son de gran importancia para la práctica como ingeniero civil, contemplados entre estos el método empleado para realizar la reparación de vías en afirmado realizándolo en muy poco tiempo para no afectar el proceso de transporte de los materiales (estéril y carbón) y sin contar además con equipos de última tecnología, especializados en el tema. Se conoció la utilidad y funcionamiento de equipos utilizados en la práctica de la ingeniería civil tal como la motoniveladora, la retroexcavadora, unidades de acarreo y unidades de cargue.

Se aprendió a determinar el espesor de la capa de afirmado en este tipo de vías, el cual es importante a la hora de mejorar la vida útil de la vía y reducir los tiempos de reparación de la misma, así como se aprendió a proponer soluciones que permitan determinar la calidad de los materiales con que se construye esta capa de afirmado y la subrasante.

Aumentó de la destreza en programas estudiados durante la formación universitaria, como lo es ArcGIS. Además se perfeccionó el uso de herramientas informáticas como Excel para la optimización de procesos de cálculos extensos.

Adicional a esto, está el conocimiento a cabalidad del proceso minero con sus estándares de seguridad y protección. Se aprendió a elaborar informes expresados en términos técnicos. Como resultado de la investigación y del acompañamiento a supervisores de campo en algunos de sus tareas, se aprendió a acerca de la construcción de bermas de parqueo y delimitación, pero sobretudo la búsqueda de soluciones rápidas ante problemas imprevistos que se dan en el desarrollo de cualquier tipo de actividad y que serán cruciales a la hora de obtener

---

el mejor resultado final.

Se le dio aún más importancia a la idea de optimización de recursos y procesos, para hacerlos más productivos, es decir, como afirma el presidente de la compañía: *“Producir al máximo, gastando lo mínimo”*, para seguir con la idea globalizada de protección de recursos que actualmente se está manejando.

Adicionalmente a esto, se ha aprendido a trabajar en equipo, factor clave en todo tipo de relación laboral, a respetar una estructura organizacional y a adquirir una cultura organizacional dentro de una empresa constituida como una de las más grandes del país, respetando normas y políticas propias de esta.

También estuvo el aporte del manejo de relaciones laborales, jefe – subordinado, mediante el cual se afianzo el respeto y cumplimiento de las órdenes impartidas por el supervisor.



---

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ A la hora de la ejecución de todo tipo de proyecto se presentan inconvenientes o imprevistos que deben ser solucionados para no dejar caer el proyecto.
- ✓ Durante el tiempo transcurrido el estudiante se ha visto enfrentado a situaciones donde se ha podido aplicar lo aprendido durante la formación universitaria con el refuerzo de los nuevos conceptos adquiridos en la compañía, mostrando que los conocimientos adquiridos han sido significativos.
- ✓ La ejecución de una tarea dentro de un proyecto depende en porcentajes iguales de la coordinación y comunicación que haya entre las partes involucradas en el proceso.
- ✓ El fortalecimiento del conocimiento teórico y práctico en el manejo de proyectos, es un buen aporte al proceso de prácticas profesionales, especialmente al momento de proyectar y evaluar los inconvenientes que día a día se presentaban en el transcurso de las actividades, ya que estos sirven de base para actuar mejor en situaciones posteriores relacionadas.
- ✓ La frecuencia de la reparación de una vía depende de muchos factores, la cantidad de vehículos que transiten por la vía, el peso y dimensiones de estos, la calidad del material con el que se haya construido, los equipos con los que se disponga para realizar dicha reparación, entre otros.
- ✓ El avance del plan minero hace que existan vías con muy poca vida útil haciendo que día a día se construyan nuevas vías dentro del complejo

---

minero (tajos y pilas de carbón).

- ✓ En la compañía se le debe dar un mejor manejo a la calidad de los materiales con los que se hace la reparación de la vía, debido a que actualmente no se dispone de un material específico de acuerdo a las necesidades de la vía y además de esto se deben hacer estudios y análisis que permitan conocer la calidad de estos materiales y de esta manera estandarizar el espesor de la capa de afirmado de la vía para que su utilidad sea mejor.
- ✓ Cuando no se dispone de los recursos necesarios para realizar una tarea, se deben buscar soluciones rápidas y prácticas que ayuden a la mejora de los procesos.

---

## 9. BIBLIOGRAFIA

CATERPILLAR. Catálogo de productos [Sitio de internet]. Disponible en: <http://www.cat.com/cda/layout?m=271385&=9>. Consultado el 26 de enero de 2014.

ESCUELA DE INGENIERIA. Vías en afirmado. [en línea] <[http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina\\_via/modulos/MODULO%2021.pdf](http://copernico.escuelaing.edu.co/vias/pagina_via/modulos/MODULO%2021.pdf)> [citado julio 2 de 2014]

CARBONES DEL CERREJON LIMITED. Quienes somos. [en línea]. <<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/quienes-somos.aspx>> [citado mayo 22 de 2014].

CARBONES DEL CERREJON LIMITED. Galería multimedia [en línea]. <http://www.cerrejon.com/site/sala-de-prensa/galeria-multimedia/ferrocarril.aspx> [citado mayo 17 de 2014]

CARBONES DEL CERREJON. Estilo Cerrejón. [en línea] <<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/estilo-cerrejon/valores.aspx>> [Citado mayo 24 de 2014]

CARBONES DEL CERREJON. 11 principios del estilo Cerrejón [en línea] <<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/estilo-cerrejon/principios-del-estilo-cerrejon.aspx>> [Citado mayo 24 de 2014]

CARBONES DEL CERREJON. Calidad del producto. [en línea] <<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/calidad-del-producto.aspx>> [Citado mayo 25 de 2014].

---

CARBONES DEL CERREJON. Operación integrada. [en línea] <<http://www.cerrejon.com/site/nuestra-empresa/operacion-integrada.aspx>> [citado 01 de junio de 2014]

CARBONES DEL CERREJÓN, Disco Privado: Disco I/prod/mina/desemp/empresa

CASARRUBOA CONDE, Cesar. Estándares de diseños de vías mineras y actividades de práctica profesión en Carbones del Cerrejón. Medellín, 2010. Trabajo de grado (Ingeniero Civil). Universidad nacional de Colombia, sede Medellín. Facultad de ingeniería civil.

IGUARAN LOPEZ, Carlos Mario. Estándar geométrico de las áreas de pilas de carbón en la mina. Albania, 2012. Proyecto estudiante en práctica. Departamento de Sistema de gestión de la calidad del carbón. Carbones del Cerrejón Limited.

KAUFMAN, Walter W y AULT, James. Design of surface mine haulage roads-a manual. Estados Unidos: U.S government printing, 1977. p. 3-16

ANNANT, Dwayne D y REGENSBURG, Bruce. Guidelines for mine haul road design. s.:s.n, 2001. p. 12-27.

MONTEJO FONSECA, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Tomo I. Reimpresión segunda edición, 2001. P. 31 - 35

DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN. Estándar para Vías Mineras Código: ES-PD-032, Versión 4, Fecha 2011/11/30.