

Implementación del Software Haulsim para el Aumento de Velocidades de Camiones en el Sector Colinas del Tajo Oreganal en Cerrejón

María Clara Fonseca Mora¹

Resumen

El software minero Haulsim está diseñado para simular operaciones mineras, permite interactuar con las condiciones establecidas recreando alternativas de planeación sin crear costo alguno y además sustentando la alternativa que se requiera. En el caso particular del Sector Colinas en el Tajo Oreganal, se requirió el uso de este software para implementar una estrategia que permitiera mejorar las velocidades de los camiones 320 y 240 Ton que fueron asignados en el Plan de Acarreo previsto para esa zona, ya que estos se vieron afectados por una congestión que se formó en un tramo de la vía y en consecuencia, las productividades de la flota de camiones quedó impactada de forma negativa con respecto al Uso y Disponibilidad de los equipos.

Palabras clave: Plan de Acarreo, Software Haulsim, Simulaciones, Velocidades.

Implementation of Haulsim software to increase truck speeds in the Colinas sector of the Oreganal pit at Cerrejón

Abstract

Haulsim mining software is designed for symmetric operations, allows interaction with the established conditions, recreating planning alternatives, without creating any cost, and also, supporting the alternative that is required. In the particular case of the Colinas Sector in the Oreganal Pit, the use of this software was required to implement a strategy that would improve the speeds of the 320 and 240 ton trucks that were assigned in the Taring Plan foreseen for that area, since These were affected by a congestion that was formed in a section of the road and consequently, the productivities of the fleet of trucks were impacting negatively with respect to the use and use of the equipment.

Keywords: *Haul Plan, Haulsim Software, Simulations, Speeds.*

¹ Pregrado en Ingeniería de Minas de la Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, Colombia.
E-mail: mary950516@gmail.com

INTRODUCCIÓN

El Sector Colinas en el tajo Oreganal presentó una disminución significativa en las velocidades de los camiones a causa de la congestión en un tramo de la vía. En el Plan de Acarreo asignado para esta zona, se tiene una ruta Sur por la que salen las palas K05, E31, I15 y Q03, y una ruta Norte por la que salen las palas K04 y Q05, ambas rutas se unen en la vía hacia el botadero Palmarito N+240 e incluso por el tema de voladuras, se da el caso en que los camiones de los 6 equipos de cargue salen por la misma ruta desde los niveles de las palas creando una alta congestión. Aunque una de las causas del problema sea tener un solo acceso hacia el botadero, otro factor que se debe tener en cuenta es sobre los equipos de transporte asignados para estas rutas, que son camiones 320 y 240 ton, los cuales manejan tiempos dinámicos y velocidades distintas, siendo el camión 240 ton más veloz y viéndose impactado por el 320 ton. En consecuencia, las productividades de la flota de camiones se ven afectadas y la meta de producción del tajo no se cumple.

El Plan de Acarreo actual se hace utilizando el software Talpac, el cual sólo utiliza una simulación unitaria por ruta y con parámetros generales calibrados, pero no hay análisis dinámico del proceso de tal forma que se ajuste mejor a la realidad y a las condiciones de campo imperante y cambiante mes a mes. El análisis de alternativas se hace con datos técnicos pero con componentes empíricos o pruebas en campo de tal forma que no hay una simulación previa que sustente la alternativa. Por lo tanto, se hace necesario contar con un software que simule las condiciones reales de campo, que tenga en cuenta la congestión, el impacto de los equipos auxiliares y la señalización, nos ayude a tomar mejores decisiones, mejorar el plan, y una vez obtenido

esto hacer estrategias a largo y mediano plazo encaminadas a la reducción de costos y optimización de los recursos.

En Colombia, el software Haulsim es utilizado únicamente en la empresa Carbones del Cerrejón. Por tal motivo, los antecedentes sobre la implementación de este para el mejoramiento del Plan de Acarreo son escasos. En otros países como Perú y Brasil el software es utilizado para medir las productividades de la operación minera y como análisis de escenarios hipotéticos para futuras minas. Lo que indica, que por primera vez en Haulsim se incluyen datos de flotas de camiones, equipos de cargue, equipos auxiliares, señalización, rutas extensas, múltiples tareas, entre otros datos de entrada en conjunto, para la realización de una simulación compleja.

Haulsim. Definición y Utilidad

HAULSIM es un software de simulación de eventos discretos usado para modelar con exactitud operaciones mineras. Con su sencilla interfaz de usuario y diseño intuitivo, HAULSIM permite a los usuarios simular operaciones actuales y futuras de planes mineros con total confianza. Decisiones de inversión de capital pueden ser realizadas con total precisión y un claro entendimiento del impacto total. (RPM GLOBAL, 2017)

HAULSIM es usado para probar los efectos de escenarios de “Qué pasa si...” tales como: (RPM GLOBAL, 2017)

- Añadir, remover o modificar un equipo;
- Mejorar las prácticas de mantención;
- Cambiar las rutas de transporte;
- Cambiar la distribución de los camiones;
- Los efectos de agregar o cambiar el control de tráfico;
- Modificar los límites de velocidad.

“Los procesos involucrados en la creación y análisis de un modelo HAULSIM...” (RPM GLOBAL, 2017) son los siguientes:

- Dibujar o importar una ruta
- Agregar ubicaciones
- Agregar equipos
- Asignar tareas o grupos
- Agregar demoras
- Ejecutar la simulación
- Ver y analizar los resultados

HAULSIM cuenta con beneficios de simulación, como son:

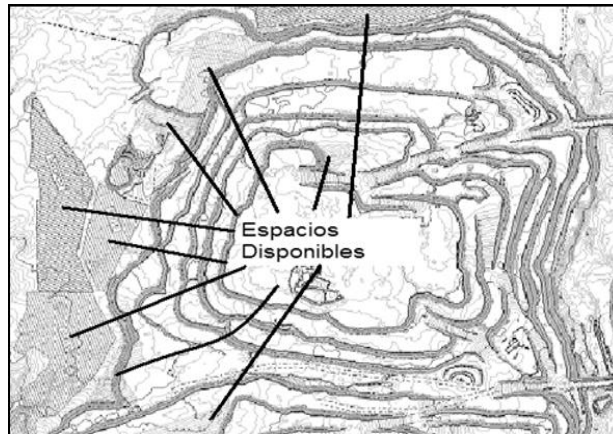
- Evaluar y analizar el desempeño de un sistema de carguío y transporte.
- Optimizar variables y KPIs de un sistema de carguío y transporte.
- Comparar alternativas y escenarios, con la perspectiva de ahorro de tiempo y dinero.
- Toma de decisión en base a evaluaciones más objetivas.
- Ahorro de costos de implantación de soluciones operacionalmente factibles.
- Mejora de los procesos de carguío y transporte.
- Incremento de la productividad e incremento en los ingresos.

Plan de Acarreo

La empresa Carbones del Cerrejón Limited maneja un plan mensual minero para llevar a cabo sus respectivas operaciones, con el fin de cumplir con la producción anual. Dicho plan consiste en especificar la ubicación de cada pala, nivel y área de avance. Al igual, definir las rutas de salida de camiones para cada avance de las palas. Por consiguiente, "la primera tarea es ubicar los botaderos disponibles para el mes a planear, teniendo en cuenta la secuencia de botado entregada por Planeación Mediano Plazo la cual se computa con el Asbuilt mensual. (...) de esta forma quedan definidos los posibles espacios donde se

puede descargar (ver figura 1)." (BENITEZ, 2012)

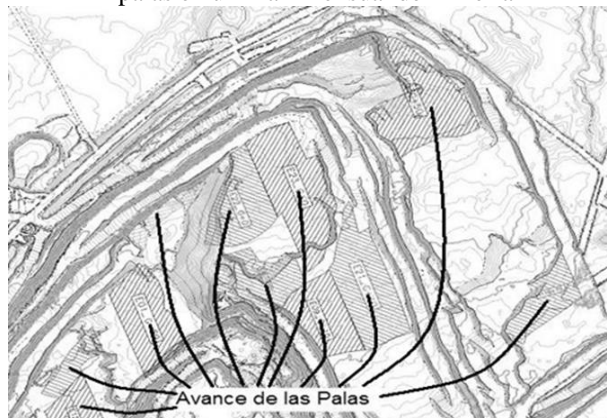
Figura 1. Espacios disponibles de botado para el funcionamiento adecuado del Plan de Acarreo



Fuente: figura 2. Informe del Procedimiento de Planeación de Acarreo y Control de Avance de Botaderos. (BENITEZ, 2012)

Por otra parte se requieren los planes mensuales de cada tajo en donde se especifique la ubicación de cada pala, el nivel y área de avance (ver figura 2). (BENITEZ, 2012)

Figura 2 Imagen de cómo se representa un avance de palas en un Plan Mensual de Minería



Fuente: figura 3. Informe del Procedimiento de Planeación de Acarreo y Control de Avance de Botaderos. (BENITEZ, 2012)

Como parte final y fundamental del plan mensual de minería se realiza el plan de acarreo y botaderos. Este plan nos da a conocer el

número de camiones por tajo que se necesitan para mover el estéril y el carbón planeado y los sitios de botado con sus volúmenes. (BENITEZ, 2012)

La planeación de los ciclos de acarreo tiene fundamentalmente tres partes que son: datos de entrada, procesos que se realizan a estos datos y el resultado que son las asignaciones de equipos a las palas y sitios de botado. (BENITEZ, 2012) Por consiguiente, se realiza un balance, "...el cual consiste en hacer una distribución eficiente de camiones de tal forma que la suma de los camiones asignados sea igual al total de camiones disponibles en la mina." (BENITEZ, 2012)

MATERIALES Y METODO

En una investigación exploratoria, ya que por vez primera es implementado el software minero de simulación Haulsim en Colombia y en la empresa Carbones del Cerrejón Limited para resolver una problemática, donde se identifican nuevas variables a partir de datos de entrada que originan una simulación compleja.

Los objetivos de esta investigación se cumplieron mediante la calibración de Haulsim con respecto a las velocidades de los camiones, es decir, se ingresaron los datos de entrada y parámetros de configuración correspondientes a la problemática presentada en el Sector Colinas cerca al HW del tajo Oreganal. Se ejecutaron múltiples simulaciones para establecer valores próximos o iguales a las velocidades de los camiones (tiempos dinámicos: Viaje Lleno, Viaje Vacío) utilizados en el campo y que están determinados por el Plan de Acarreo. Luego, se variaron los valores de la velocidad máxima y mínima en el software para que estas fueran iguales a las establecidas (Velocidad máxima y mínima estándar), se descargaron los reportes de cada iteración en formato Excel para calcular y comparar las velocidades teniendo en

cuenta las rutas (Distancia) y los camiones (tiempos de viaje) asignados en el Plan.

Basados en los resultados sobre las velocidades idóneas para reproducir una simulación que represente la operación minera, se procedió a realizar un análisis que derivó respuestas sobre cómo y qué afectó la producción y a su vez, se estableció opciones para experimentar y/o manipular las condiciones originales.

Las alternativas de mejoras para las simulaciones que continuaron, se realizaron bajo la manipulación de algunas de las condiciones o configuraciones predeterminadas, por ejemplo, se separó los flujos por el corredor de HW y en Botadero Palmarito N+240, es decir, los camiones salieron por los mismos CC y se tuvieron en cuenta las mismas rutas, solo se cambió el flujo de la K05 al unirla con la ruta Norte, de esta forma se repartieron la cantidad de camiones por ruta, lo que disminuyó la congestión y favoreció las velocidades, así mismo al mantener las rutas separadas en el botadero hasta unirse en un tramo final de la vía aportó positivamente a las velocidades.

Por lo tanto, como acción prioritaria para esta alternativa, se construyó un corredor por el HW que permitió separar el flujo del Sur, lo que representó altos costos y el uso de recursos para la empresa que debían justificarse. Por esta razón, se debía realizar una simulación de un Escenario de Riesgo que muestre una única ruta por el Sur, así se puede dimensionar el riesgo que se corre de no tener ruta por el Norte y no separar el flujo de camiones. Entonces, al hacer esto, se justificó la estrategia que se implementó gracias al análisis de la información arrojada por Haulsim.

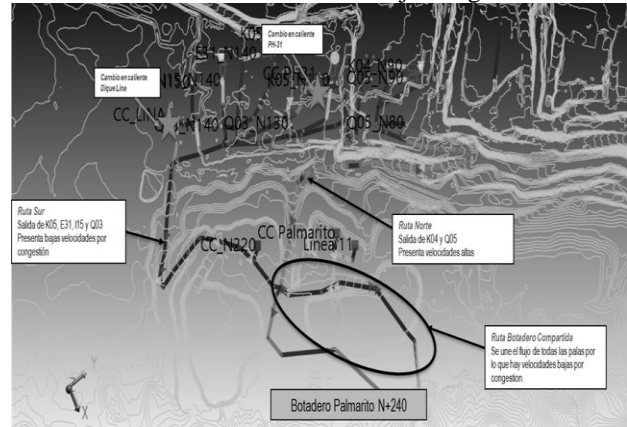
RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se determinó la velocidad máxima y mínima para la calibración del Software Haulsim (ver figura 3) de esta manera los camiones actúan de forma óptima en la simulación al presentar velocidades similares a las reales.

Figura 3. Reporte extraído de Haulsim (Archivo Excel) para ser evaluado y determinar que las velocidades son similares a las descritas en el Plan de Acarreo.

KEY	SIMULATION TIME (MIN)	EQUIPMENT	ID	SOURCE	DESTINAT N	TRAVEL LOADED (MIN)	TRAVEL EMPTY (MIN)	DISTANCE LOADED	DISTANCE EMPTY	T. VIBR (HORAS)	T. VAC (HORAS)	VELOCIDAD LLENO	VELOCIDAD VACIO
1	19000124	34.11 CANARDO_01	1	K02_N05	RETRO_J00	9.42	2.57	3.49	3.45	0.156803	0.126367	22.252024	27.3447803
2	19000225	36.03 CANARDO_01	2	H05_N05	PAT_J00ENT	9.56	6.06	3.34	3.82	0.159333	0.134033	20.9613431	26.43678457
3	19000324	78.13 CANARDO_01	3	K03_N05	PAT_J00FON	11.24	6.84	4.28	3.3	0.187033	0.134	22.8489751	26.54769842
4	19000421	301.9 CANARDO_01	4	K03_N05	RETRO_J00	10.21	6.11	3.84	4.28	0.170267	0.133367	22.5681117	31.66461239
5	19000521	123.9 CANARDO_01	5	H05_N05	RETRO_J00	9.72	7.77	3.8	3.8	0.162	0.1295	24.6367963	29.34062594
6	19000621	146.89 CANARDO_01	4	H05_N05	RETRO_J00	9.79	7.77	3.8	3.8	0.1625	0.1295	23.9404246	29.34062594
7	19000621	181.64 CANARDO_01	7	K03_N05	RETRO_J00	9.37	7.30	3.49	3.49	0.154567	0.123667	22.3479189	28.68493351
8	19000701	185.19 CANARDO_01	8	K02_N75	PAT_J00ENT	9.75	9.64	3.32	4.48	0.1625	0.140667	20.4307962	27.88381743
9	19000701	232.11 CANARDO_01	9	H05_N05	RETRO_J00	9.61	11.70	3.8	6.02	0.160267	0.1395	23.7252882	30.87179487
10	19000821	231.32 CANARDO_01	10	K02_N05	PAT_J00FON	11.06	6.09	4.28	3.85	0.184033	0.140033	21.2389395	26.5377889
11	19001021	442.14 CANARDO_01	11	H05_N05	RETRO_J00	9.90	9.52	3.82	4.76	0.165	0.158667	23.1513152	30
12	19010408	464.55 CANARDO_01	12	K02_N75	PAT_J00FON	11.00	9.38	4.31	4.48	0.183333	0.136333	23.5090909	28.65678442
13	19020501	487.13 CANARDO_01	13	K02_N75	PAT_J00ENT	9.75	8.44	3.32	4.31	0.1625	0.140667	20.4307962	30.63963043
14	19020520	506.48 CANARDO_01	14	K03_N05	RETRO_J00	10.21	6.84	3.84	3.3	0.170267	0.134	22.5681117	26.54769842
15	19020620	533.79 CANARDO_01	15	H05_N05	RETRO_J00	9.55	6.06	3.82	3.82	0.156033	0.130333	23.6517799	28.68493351
16	19020701	558.18 CANARDO_01	16	K02_N75	PAT_J00FON	11.00	9.38	4.31	4.48	0.183333	0.136333	23.5090909	28.65678442
17	19020701	577.2 CANARDO_01	17	K02_N75	PAT_J00ENT	9.61	8.44	3.32	4.31	0.160267	0.140667	20.7284079	30.63963043
18	19020821	597.07 CANARDO_01	18	K03_N05	RETRO_J00	10.14	6.84	3.84	3.3	0.168	0.134	22.7218919	26.54769842
19	19020901	629.62 CANARDO_01	19	K02_N75	PAT_J00FON	11.00	9.40	4.31	4.48	0.183333	0.159667	23.5090909	28.57574868
20	19021006	645.76 CANARDO_01	20	K02_N05	RETRO_J00	10.21	6.06	3.84	4.28	0.170267	0.133333	22.5681117	30.87179487
21	19021008	669.75 CANARDO_01	21	K02_N75	PAT_J00FON	11.00	9.40	4.31	4.48	0.183333	0.159667	23.5090909	28.57574868
22	19020211	771.83 CANARDO_01	22	K02_N75	PAT_J00ENT	9.75	16.39	3.32	5.43	0.1625	0.271667	20.4307962	19.87797817
23	19020302	795.54 CANARDO_01	23	K03_N05	PAT_J00FON	11.00	6.84	4.28	3.3	0.184833	0.134	23.1225964	26.54769842

Figura 4. Simulación 1 - Representación de la Situación en el Sector Colinas del Tajo Oreganal



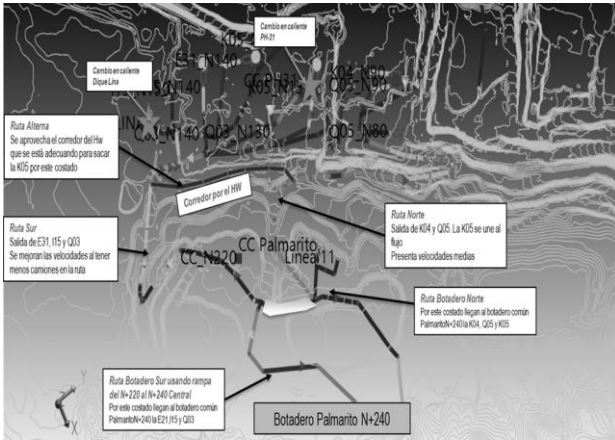
Fuente: (Benitez & Fonseca, 2017)

Al manipular las condiciones originalmente configuradas en Haulsim, ratificó la idea de separar el flujo de camiones como alternativa de mejora, ya que se determinó que hay mayor producción diaria (Aprox. 8.000 BCMs) siempre y cuando las palas estén en condiciones óptimas de disponibilidad y tiempos de pala. Además, se puede reducir entre 1 y 2 camiones por turno si las demás condiciones del área lo permiten (Velocidades, Uso, Disponibilidad, etc.), es decir, que además de aumentar la producción, se puede prescindir de algunos recursos (camiones), lo que representa una optimización significativa en la operación. (Ver figura 5)

Aunque esta calibración se hizo con el fin de resolver la situación del Tajo Oreganal donde se presentaban congestiones por la velocidad de los camiones y el único modelo utilizado fue este, el resultado obtenido sirvió para finalizar la configuración general de cada uno de los modelos de los tajos.

Se logró representar la situación del Sector Colinas con éxito. Al realizar la iteración que representa la problemática presentada, se evaluó que a pesar de que los tramos están congestionados, el volumen diario actual simulado cumple con el plan. Lo que quiere decir, que el volumen extraído no se ve afectado por factores como Uso y Disponibilidad a causa de las bajas velocidades (Ver figura 4).

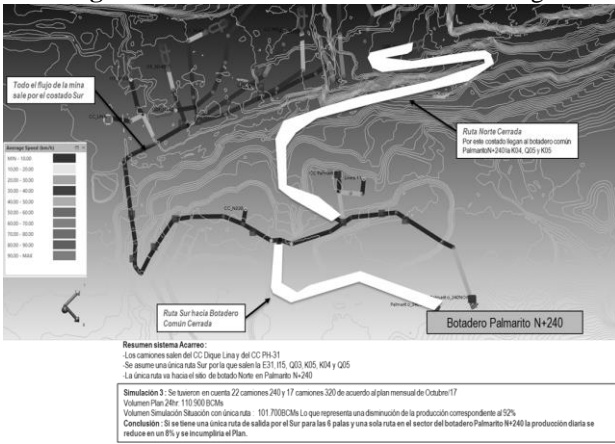
Figura 5. Simulación 2 - Estrategia de Optimización del Plan de Acarreo



Fuente: (Benitez & Fonseca, 2017)

Por otra parte, el escenario de riesgo demostró que si se tiene una única ruta de salida por el Sur para las 6 palas y una sola ruta en el sector del Botadero Palmarito N+240 la producción diaria se reduce en un 8% y se incumpliría el Plan (Ver figura 6).

Figura 6. Simulación 3 - Escenario de Riesgo



Fuente: (Benitez & Fonseca, 2017)

Por lo anterior, la estrategia final es separar el flujo de los camiones 320 y 240 Ton, construyendo un corredor por el HW, para que estos mejoren sus velocidades, además utilizar una rampa central del Botadero Palmarito N+220 a N+240 desde el flujo Sur para separar aún más las rutas.

Las velocidades de los camiones 320 y 240 Ton mejoraron y ya no se presentan congestiones gracias a la alternativa de mejora implementada (ver figura 7 y 8).

Figura 7. Tablas dinámicas del CTD sobre el progreso de las velocidades durante los meses Noviembre y Diciembre en el Sector Colinas. Camiones 320 Ton

Debe seleccionar un Tipo Material (Carbón o Estéril)		Concepto	Real	Debe seleccionar un Tipo Material (Carbón o Estéril)		Concepto	Real
Viaje Vacio	10.20	Velocidad Vacio (Km/h)	25.55	Viaje Vacio	9.95	Velocidad Vacio (Km/h)	26.10
Idle	2.25	Velocidad Lleno (Km/h)	45.93	Velocidad Lleno	13.06	Velocidad Lleno (Km/h)	15.99
Spot	0.83	Distancia Vacio (Km)	4.34	Distancia Vacio	4.33	Distancia Vacio (Km)	4.33
Cargue	1.96	Distancia Lleno (Km)	3.50	Distancia Lleno	3.48	Distancia Lleno (Km)	3.48
Turno	1.96	Distancia Vertical (Mts)	120.3	Distancia Vertical	116.1	Distancia Vertical (Mts)	116.1
Demoras	3.47	Factor Cargue (BCM/h)	121.90	Factor Cargue	118.76	Factor Cargue (BCM/h)	118.76
D. Conocidas	1.90	Productividad Ajust. Distancia	225.24	Productividad Ajust. Distancia	215.32	Productividad Ajust. Distancia	215.32
D. Indeterminadas	1.49						
Total Ciclo Acarreo	32.47			Total Ciclo Acarreo	33.09		

Fuente: Plataforma Interna de Cerrejón para trabajadores y colaboradores.

Figura 8. Tablas dinámicas del CTD sobre el progreso de las velocidades durante los meses Noviembre y Diciembre en el Sector Colinas. Camiones 240 Ton

Debe seleccionar un Tipo Material (Carbón o Estéril)		Concepto	Real	Debe seleccionar un Tipo Material (Carbón o Estéril)		Concepto	Real
Viaje Vacio	9.13	Velocidad Vacio (Km/h)	26.47	Viaje Vacio	8.83	Velocidad Vacio (Km/h)	27.42
Idle	1.88	Velocidad Lleno (Km/h)	17.95	Velocidad Lleno	11.35	Velocidad Lleno (Km/h)	18.25
Spot	0.74	Distancia Vacio (Km)	4.03	Distancia Vacio	4.04	Distancia Vacio (Km)	4.04
Cargue	1.96	Distancia Lleno (Km)	3.44	Distancia Lleno	3.45	Distancia Lleno (Km)	3.45
Turno	1.96	Distancia Vertical (Mts)	110.0	Distancia Vertical	112.7	Distancia Vertical (Mts)	112.7
Demoras	2.74	Factor Cargue (BCM/h)	95.62	Factor Cargue	94.00	Factor Cargue (BCM/h)	94.00
D. Conocidas	1.90	Productividad Ajust. Distancia	200.96	Productividad Ajust. Distancia	194.15	Productividad Ajust. Distancia	194.15
D. Indeterminadas	0.84						
Total Ciclo Acarreo	28.55			Total Ciclo Acarreo	29.05		

Fuente: Plataforma Interna de Cerrejón para trabajadores y colaboradores.

Lo anterior se debe al correcto control y seguimiento durante y después de la situación descrita previamente, se evidenció el incremento en las velocidades de los camiones al separar el flujo de estos, no solo adicionando un corredor desde el Sur para alejar las rutas, sino que también se clasificaron los camiones, es decir, se distribuyeron de forma estratégica los 240 Ton con algunos 320 Ton para que transitaran por una vía diferente a los otros camiones 320 Ton ya que se demostró durante el análisis de las pruebas, que estos afectan las velocidades dinámicas de los 240 Ton porque estos últimos tienen mejores tiempos de viajes en el Plan de Acarreo.

CONCLUSION

El análisis de alternativas se hace con datos técnicos, pero no con componentes empíricos o pruebas en campo, de tal forma que no existe una forma de realizar una simulación que sustente tales alternativas. Por consiguiente, Haulsim es un software que cumple con estas características, donde puede simular condiciones reales de campo y al cual se le pueden ingresar configuraciones tales como: topografía, equipos mineros, equipos auxiliares, rutas, señalización, datos sobre mantenimientos de equipos (horas), demoras estándar (lunch, tanqueo, etc.), demoras irregulares (no están previstas), entre otras condiciones, las cuales vuelven más compleja este tipo de pruebas.

De esta manera, se concluye que la implementación del software Haulsim como simulador de operaciones mineras de la empresa para el análisis de alternativas de mejoras, nos ayuda a tomar buenas decisiones en el momento de desarrollar alguna estrategia de optimización para el Plan de Acarreo como en este caso, u otros procesos en los cuales se busque reducir costos al disminuir los recursos utilizados.

RECOMENDACIONES

- Realizar modificaciones y validaciones de los nuevos planes mensuales. Con la calibración de Haulsim y sus parámetros generales configurados, ya se puede contar con un modelo por tajo, solo se debe tener en cuenta las actualizaciones de los nuevos sitios de palas y botaderos cada mes o según el avance de la Operación.
- Tener en cuenta que Haulsim no hace un cálculo automático de flota de camiones por Tajo a pesar de tener todas las herramientas para hacerlo ni tampoco hace optimizaciones automáticas.
- Crear los reportes y acondicionar la herramienta para usar las productividades por ruta de tal forma que sea de uso primario para el Plan Mensual.
- Realizar simulaciones continuas que originen estrategias para optimizar el Uso y la Productividad. Al igual, con los datos y rutas, realizar simulaciones encaminadas a buscar ahorros en planes anuales, trimestrales o mensuales de acarreo.

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por permitirme cumplir las metas propuestas, por brindarme la oportunidad de estar realizando mis practicas universitarias en esta empresa y que a través de esta he podido consolidar los conocimientos obtenidos durante mi carrera universitaria, de igual forma he podido potenciar mis competencias y desarrollar aptitudes en el proceso, le doy gracias a mi madre, por acompañarme en cada etapa de mi vida, y motivarme a superarme personal y profesionalmente, por sus sacrificios para sacarme adelante y enseñarme que aunque algo sea difícil no debo rendirme sino seguir adelante, a mi alma mater Fundación Universitaria del Área Andina por abrir sus puertas y ofrecerme un servicio de calidad a través de sus docentes y equipo administrativo,

a todos los docentes que estuvieron presentes durante el curso de mis estudios profesionales, que compartieron sus conocimientos y experiencias.

Por último, le agradezco a mis familiares y amigos que de formas distintas han contribuido para que yo haya llegado hasta esta instancia y que de una u otra forma son parte de mi aprendizaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BENITEZ, C. (2012). Procedimiento de Planeación de Ciclos de Acarreo y Control de Avance de Botaderos. Departamento de Planeación Corto Plazo, Carbones del Cerrejón Limited, La Guajira, Albania.

Benitez, C., & Fonseca, M. (Octubre de 2017). Análisis Colinas. Albania, La Guajira.

Carbones del Cerrejón Limited. (2017). Cerrejón Minería Responsable. Recuperado el 20 de Septiembre de 2017, de Cerrejón Minería Responsable: <https://www.cerrejon.com/index.php/nuestra-operacion/nuestra-empresa/>

Carbones del Cerrejón Limited. (2017). Cerrejón Minería Responsable. Recuperado el 21 de Septiembre de 2017, de Cerrejón Minería Responsable: <http://intranetcerrejon/Nuestra-Empresa/Paginas/default.aspx>

Carbones del Cerrejón Limited. (2017). Cerrejón Minería Responsable. Recuperado el 25 de Septiembre de 2017, de Cerrejón Minería Responsable: <https://www.cerrejon.com/index.php/nuestra-operacion/nuestro-producto/>

CERREJÓN. (2017). Cerrejón Minería Responsable. Recuperado el 20 de Septiembre de 2017, de Cerrejón Minería

Responsable:

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

CERREJON. (1 de Enero de 2017). Introducción. (J. Verdeza, Ed.) Albania, La Guajira.

RPM GLOBAL. (2017). Guía de Entrenamiento. HAULSIM - OPEN PIT Guía de Entrenamiento, Versión 2.5. Brasil.