

**PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO “ESTUDIO
DE MEJORAMIENTO DE RUTAS DE TANQUEROS Y TORRES DE LLENADO”
ADELANTADO POR LA EMPRESA CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED**

ALIX DAYANNA PÉREZ BARRIOS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2013

PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO “ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE RUTAS DE TANQUEROS Y TORRES DE LLENADO” ADELANTADO POR LA EMPRESA CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED

ALIX DAYANNA PÉREZ BARRIOS

Trabajo de Grado en la modalidad de práctica empresarial para optar al título de
Ingeniero Civil

DIRECTOR

ÁLVARO VIVIESCAS JAIMES

Ingeniero civil, Ph. D. – Profesor UIS

TUTOR

RODRIGO DÍAZ

Ingeniero Civil

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA**

2013

AGRADECIMIENTOS

La autora expresa sus agradecimientos:

A mi familia, profesores y amigos por su apoyo y compañía durante esta etapa de formación para mi vida profesional.

A la empresa CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED, en especial a los ingenieros Jose Verdeza, Kevin Van Grieken, Hugo Díaz, Regulo De La Valle, directores y compañeros del proyecto, quienes me brindaron su ayuda incondicional durante todo el proceso.

A mi compañera de proyecto, la Ingeniera Yericeth Apshana, con quien formé un gran equipo de trabajo, y me brindó toda su ayuda y colaboración.

Al Ingeniero Álvaro Viviescas Jaimes, director de proyecto, por su disposición y apoyo durante el desarrollo de la practica.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA	15
1.1 OBJETIVO GENERAL	15
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA	16
2.1 GENERALIDADES	16
2.2 MISIÓN	16
2.3 VISIÓN	17
2.4 VALORES	17
3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA	18
3.1 ACERCAMIENTO A LA EMPRESA	18

3.2 INVENTARIO DE TORRES DE LLENADO	19
3.3 PATRÓN DE RIEGO	20
3.4 AUTONOMÍA DEL TANQUERO	22
3. 4. 1 CTD	22
3.4.2 Muestreo Ciclo del Tanquero	23
3.4.3 Muestreo Cargue de los Tanqueros en Torres	25
3.5 RUTAS DE TANQUEROS	28
4. RESULTADOS	33
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	35
BIBLIOGRAFIA	37
ANEXOS	38

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Longitud de parche seco equivalente a No. De Giros de la Llanta.	21
Tabla 2. Duración Promedio de los distintos estados en el ciclo del tanquero en cada zona.	24
Tabla 3. Torres Adicionales para cada tajo, según distancia perdida en el ciclo.	25
Tabla 4. Convenciones de los principales estados en las rutas de tanqueros.	28

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fotografía de visita a torres de llenado en Tajo 100.	19
Figura 2. Fotografía de Rampa de 500 m de longitud utilizada para la prueba.	21
Figura 3. Distribución Eventos en Ciclos de Tanquero.	23
Figura 4. Tiempos de llenado y Cargue en las distintas torres de llenado	26
Figura 5. Fotografía de Piso de torre de llenado Gloria.	27
Figura 6. Porcentaje de tiempo Perdido en Cargue de Tanqueros.	28
Figura 7. Ciclo del Tanquero 60-119.	29
Figura 8. Ciclo del Tanquero 60-136.	30
Figura 9. Comparación con plan de la ruta T. Patilla – Retro Patilla – T. Patilla	30
Figura 10. Ciclo del Tanquero 60-144.	31
Figura 11. Ciclo del Tanquero 60-141.	32

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Resumen general de inventario de torres de llenado.	38
ANEXO B. Distancias medidas de los patrones de riego, bajando la rampa.	39
ANEXO C. Distancias medidas de los patrones de riego, subiendo la rampa.	39
ANEXO D. Relación entre patrones de riego y variables de la operación.	40
ANEXO E. Distribución Eventos del Ciclo del Tanquero [%]	40
ANEXO F. Duración Promedio De Los Eventos de los Ciclos en Tanqueros	41
ANEXO G. Validación con Minitab de Duración del Ciclo del Tanquero.	41
ANEXO H. Validación con Minitab de Duración del Estado Regando en Zona Centro.	42
ANEXO I. Validación con Minitab de Duración del Estado Cargue en Tabaco.	42
ANEXO J. Grafica de Caja de Duración de Estado Cargue realizada en Minitab.	43
ANEXO K. Calculo de tiempo perdido debido a viaje lleno y viaje vacío en tanqueros anualmente.	43

ANEXO L. Calculo de tiempo perdido en torres de llenado anualmente.	44
ANEXO M. Porcentaje de Tiempo Perdido en Cargue de Tanqueros.	44

RESUMEN

TITULO: PRÁCTICA EMPRESARIAL EN LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO “ESTUDIO DE MEJORAMIENTO DE RUTAS DE TANQUEROS Y TORRES DE LLENADO” ADELANTADO POR LA EMPRESA CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED¹

AUTOR: ALIX DAYANNA PÉREZ BARRIOS²

PALABRAS CLAVES: Torre de llenado, Tanqueros, Emisiones, Rutas.

DESCRIPCIÓN:

El cerrejón es una empresa conocida a nivel nacional e internacional como una entidad que realiza minería responsable de explotación a cielo abierto, que desarrolla varios frentes de acción para el control del material particulado en el aire en las zonas afectadas por la explotación minera tales como: el riego permanente de agua en vías con tanqueros de 20000 galones. Debido al incremento de concentraciones de partículas en el aire suspendidas y respirables (TSP y PM10), basándose en los datos arrojados por la red de monitoreo de calidad de aire, se realizó un estudio de mejoramiento para optimizar las rutas de tanqueros y torres de llenado con el fin de controlar las emisiones de polvo en las zonas afectadas por la explotación minera llevada a cabo por CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED. Se utilizaron fases de la práctica empresarial tales como: acercamiento a la empresa, información del proyecto, inventario de torres de llenado, establecimiento de un nuevo patrón de riego que mejorará la seguridad de camiones de 320 toneladas, definición de la autonomía del tanquero, observando datos de CTD, muestreo del ciclo del tanquero teniendo en cuenta todos sus estados, muestreo de cargue de tanquero en torre de llenado y análisis a las rutas de los tanqueros, haciendo una comparación con el plan minero. Los resultados obtenidos serán utilizados para definir un plan de acción inmediato por parte de la compañía, sustentándose en las recomendaciones expuestas en el presente estudio.

Es en dicho proyecto donde se realizó la práctica empresarial como auxiliar de ingeniería adquiriendo nuevos conocimientos en mantenimiento de vías, construcción de botaderos y algunos de los lineamientos necesarios para su desarrollo.

¹ Proyecto de grado. Modalidad Práctica Empresarial.

² Facultad Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Viviescas Jaimes. Tutor Rodrigo Díaz

SUMMARY

TITLE: BUSINESS PRACTICE IN THE IMPLEMENTING OF THE PROJECT "STUDY OF IMPROVEMENT OF WATER TANK ROUTES AND FILLING TOWERS" IN ADVANCE FOR THE COMPANY CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED¹

AUTHOR: ALIX DAYANNA PÉREZ BARRRIOS²

KEYWORDS: Filling Tower, Water trucks, Emissions, Routes.

DESCRIPTION:

Cerrejon is a company known nationally and internationally as one entity that makes responsible mining, which develops several fronts of action for the control of particulate matter in the air in areas affected by mining such as: permanent irrigation of roads with water tanks of 20,000 gallons. Due to increased concentrations of particles in the air (TSP and PM10), based on the data obtained by the network of air quality monitoring, a study was carried to optimize the routes of water trucks and filling towers in order to control dust emissions in areas affected by mining lead by CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED. The phases used in this business practice where: approach to the company, project information, inventory of filling towers, establishment of a new irrigation pattern that will improve the safety of 320 ton trucks, definition of the water truck autonomy, based on observed CTD data, sampling of water tank cycle considering all its states, sampling of water tanks infilling tower and analysis of water trucks routes, making a comparison with the mining plan. The results will be used to define an immediate action plan by the company based in the recommendations of this study.

It is in this project was conducted as an auxiliary business practice acquiring new knowledge in road maintenance, construction of dumps and some of the necessary guidelines for its development.

¹ Proyecto de grado. Modalidad Práctica Empresarial.

² Facultad Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director Álvaro Viviescas Jaimes. Tutor Rodrigo Díaz.

INTRODUCCIÓN

El cerrejón es una empresa conocida a nivel nacional e internacional como una entidad que realiza minería responsable de explotación a cielo abierto. En razón de que la calidad del carbón ya no se mide solo por su poder calorífico ni bajos contenidos en azufre, ya que la responsabilidad social, económica y ambiental que tiene el producto en su cadena de producción, le dan un valor adicional, Cerrejón ha adquirido el compromiso de realizar la extracción y comercialización de manera responsable, cumpliendo con los estándares de seguridad, salud, medio ambiente y desarrollo sostenible, pensando siempre en sus vecinos y las comunidades étnicas que lo rodean.

La explotación minera de carbón a cielo abierto requiere varios frentes de acción para llevar a cabo la gestión ambiental, debido a que la minería a cielo abierto genera material particulado suspendido sobre la calidad de aire de las comunidades vecinas. En la gestión de calidad de aire se contemplan la planeación e implementación de medidas de prevención y mitigación tales como el riego permanente de vías mediante tanqueros de 20000 galones de capacidad, con aditivos químicos que mejoran el control de las emisiones.

Últimamente las cifras de material particulado en el aire en las zonas afectadas por la explotación minera se han incrementado, poniendo en alarma roja la explotación debido a la cercanía de algunas comunidades. Es por esto que se propone como objetivo principal de esta investigación optimizar las rutas de tanqueros y torres de llenado con el fin de controlar las emisiones de polvo en las zonas afectadas por la explotación minera llevada a cabo por CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED.

1. OBJETIVOS DE LA PRÁCTICA

1.1. OBJETIVO GENERAL

Optimizar las rutas de tanqueros y torres de llenado, con el fin de mejorar la calidad de aire en las zonas afectadas por la explotación minera llevada a cabo por CARBONES DEL CERREJON LIMITED.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las rutas de riegos existentes de los tanqueros y sugerir nuevas rutas, según distancias de recorrido y ubicación de torres de llenado.
- Reducir desperdicios de agua y DL-10 en el momento del llenado de los tanqueros.
- Analizar forma de riego de operadores de tanquero para proponer una mejora en este procedimiento con el fin de optimizar el consumo del DL-10 y el estándar de riego planteado por la compañía.
- Revisar el estándar actual de las torres de llenado, con el fin de que todas al final de esta investigación estén en calidades óptimas para su utilización.
- Proponer nuevas localizaciones de torres de llenado, con el fin de que estas faciliten la operación y el transporte de agua por medio de la gravedad, para prevenir en caso de falta de electricidad.

2. INFORMACIÓN DE LA EMPRESA

2.1 GENERALIDADES

Cerrejón es una empresa privada perteneciente en partes iguales de BHP Billiton, Anglo American y Glencore Xstrata, la cual se encarga de la explotación y exportación de carbón de diversas calidades por todo el mundo, ejercicio que la ha convertido en una de las empresas más influyentes en la economía de Colombia, con generaciones de empleo de 10.000 personas, de las cuales más del 99% son nacionales colombianas.

2.2 MISIÓN DEL DEPARTAMENTO DE PRODUCCIÓN

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

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

2.3 VISIÓN

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

2.4 VALORES

Para promover procesos claros y comportamientos eficaces que contribuyan a tener una operación eficiente y responsable, el Estilo Cerrejón cuenta con unos valores que dan forma a esa filosofía corporativa.

- Seguridad, salud y medio ambiente
- Respeto
- Responsabilidad
- Ética
- Transparencia
- Integridad
- Empoderamiento

3. DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

3.1 ACERCAMIENTO A LA EMPRESA E INFORMACIÓN DEL PROYECTO

Como primera fase fue relevante el tener conocimiento de las condiciones involucradas en el desarrollo de este estudio, para lo cual fue necesario hacer una inducción a la compañía donde se adquirió conocimientos acerca de la misión, visión y políticas de seguridad de la empresa. Después de realizada la inducción hubo un acercamiento al área de influencia del estudio donde se realizaron visitas de campo para conocer de manera general la ubicación de los distintos tajos en la mina y la forma de riego de los tanqueros en esta misma.

La estructura de la mina de Carbones de Cerrejón Limited, está conformada por cinco tajos.

En la zona norte se encuentra:

- Tajo La Puente
- Tajo Tabaco

En la Zona Centro se encuentra:

- Tajo Patilla
- Tajo 100
- Tajo Comuneros

El mantenimiento de vías, manejo de aguas, movimiento de suelo, avance de botaderos de estéril, sellado de mantos y control de incendios es responsabilidad de la superintendencia de soporte a producción, estos últimos solicitaron el presente estudio.

Figura 1. Fotografía de visita a torres de llenado en Tajo 100.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited.

3.2 INVENTARIO DE TORRES DE LLENADO

En esta etapa se observó el estado actual de las torres de llenado, teniendo en cuenta su ubicación, uso de aditivo, sistema automático o manual, capacidad de almacenamiento de los tanques, uso de bombas y busters, fuente de agua, estado de la plataforma.

Al momento de realizar el estudio se obtuvo que solo 12 de las 22 torres de llenado tenían la opción de adicionar al agua el agente supresor DL10. De igual forma, el departamento de mantenimiento hizo una modificación al cono donde ingresa el agua al tanquero, para evitar desperdicios de agua al momento del cargue de agua e inundación del motor, lo que aumentó la altura del tanquero a

aproximadamente 6.30 m. Según las alturas de galibo medidas, se debía aumentar la altura de la torre Marquezote, Patilla y Villanueva. Las torres que no necesitaban de un sistema de bombeo eran: Clinker 1 y 2, Mayapo, La Peña, Camaron, ya que el agua bajaba por gravedad. Esto le daba una ventaja frente a las demás torres, pues en caso de que no hubiera electricidad, estas seguirían funcionando. También se encontraron torres cuyo sistema de llenado era manual, es decir se abría la válvula manualmente y no automáticamente con control remoto, causando sobreesfuerzo de los operadores y pérdida de tiempo en el cargue de los tanqueros. Este es el caso de: Patilla, La Peña, Camarón, Villanueva y Canguro.

El objetivo que trazó la superintendencia de soporte a producción fue el de instalar el aditivo en el resto de torres de llenado lo más rápido posible.

3.3 PATRÓN DE RIEGO

Se revisó el patrón de riego actual, conocido como 20 - 20 que consistía en regar en intermitente, 5 segundos mojando y 5 segundos seco y a su vez se propusieron nuevos patrones de riego. Se realizaron mediciones en campo de los patrones 5X5 (actual), 5X6, 5X7, 5X8 en segundos (húmedo y seco). La prueba se realizó en una rampa de 500 m de longitud, de alto flujo de camiones de 320 toneladas. Desde el mirador se observó el comportamiento de los camiones frente al parche mojado, las velocidades de los camiones, y el tiempo que tardaban los dos parches mojados en unirse.

Figura 2. Fotografía de *Rampa de 500 m de longitud utilizada para la prueba.*



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

De las mediciones se pudo observar que el antiguo patrón de riego 20-20, regaba más de 20 m y no era el más adecuado. A medida que se aumentaba el tiempo seco se disminuía: el porcentaje de deslizamiento en rampa, el porcentaje de unión entre parches húmedos, el porcentaje de camiones centrados invadiendo el carril contrario; y aumentaba la velocidad de los camiones. En el ultimo patrón muestreado de 5 segundos mojando y 8 seco se observó un aumentó en las emisiones de polvo. Se observó que el camión al salir del parche mojado dejaba una huella húmeda de su trilla entre 1.5 y 2 giros de sus llantas, por lo que en los casos de los patrones 5X5 y 5X6 se pegaban de forma inmediata los parches mojados.

Tabla 1. Longitud de parche seco equivalente a No. De Giros de la Llanta.

Patrón Riego	Long. (m)		No. Giros de la llanta	
	Subiendo	Bajando	Subiendo	Bajando
5X5	19	30	1.7	2.6
5X6	25	41	2.2	3.6
5X7	38	50	3.3	4.3
5X8	50	62	4.3	5.4

Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

Se concluyó que el patrón de riego mas adecuado, por seguridad y efectividad era el 5X7 (cinco segundos mojando y cinco segundos sin riego). Este debería implementarse de forma inmediata en toda la mina, sin embargo se encontró un problema: las perillas del temporizador de riego en el 77% de los tanqueros tenían un rango de 5 a 100 segundos, lo que dificultaba la graduación del tiempo, por lo cual se hizo la solicitud a MEGA del cambio de estas perillas, a unas donde el rango de tiempo fuera de 3 a 12 segundos. MEGA dio como respuesta que este cambio se podía realizar, sin embargo había que hacer un ajuste al software y tomaría tiempo.

En el mes de Julio se realizara la prueba con los tanqueros de la serie G y si funciona adecuadamente se sustituirán el resto de perillas de los demás tanqueros de serie D y F. Por el momento, se realizó una marcación manual en toda la flota de la forma adecuada de utilizar las perillas.

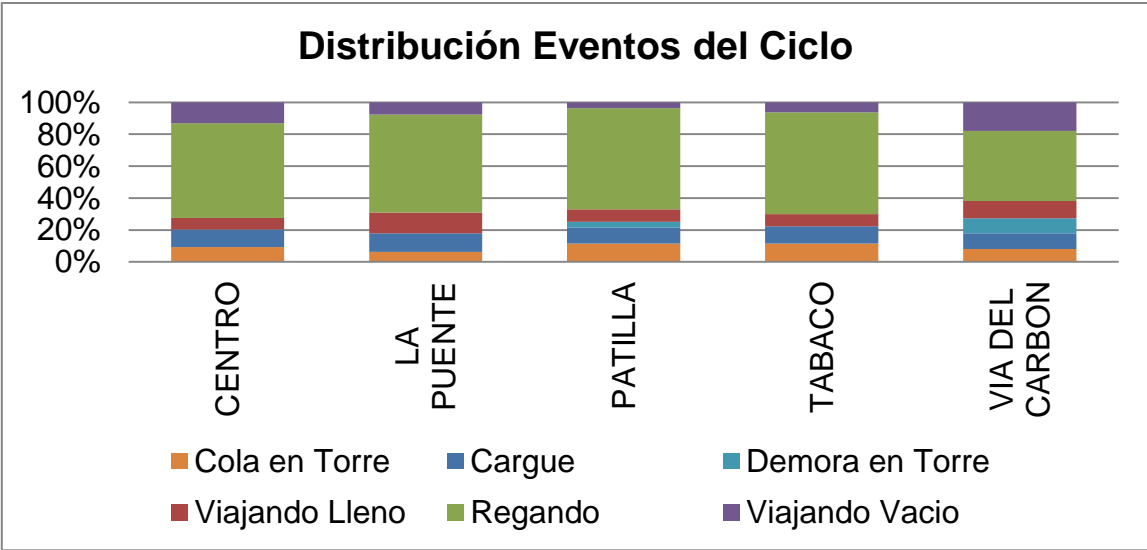
3.4 AUTONOMÍA DEL TANQUERO

3.4.1 CTD Los equipos mineros en CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED manejan un sistema computarizado llamado CTD, cuyas siglas significan Computerized Truck Dispatch, donde en el caso de los tanqueros, se puede obtener información acerca de los distintos estados ingresados por el operador y la localización del tanquero a cualquier hora del día.

En un principio se pensó obtener información de esta fuente, sin embargo, al analizar los datos obtenidos de Marzo 12 a Mayo 27 del 2013, se encontraron inconsistencias. Se tomó como parámetro de evaluación un tiempo de cargue de agua en los tanqueros mínimo de dos minutos y un tiempo máximo de cinco minutos. De los 13,171 datos obtenidos donde el tanquero se encontraba cargando, solo 4489 datos estaban entre los dos y cinco minutos, dando un total de 66% de la información errada. Por esta razón se concluyó que el CTD no era una fuente confiable para obtener información de la autonomía del tanquero.

3.4.2 Muestreo Ciclo del Tanquero Se realizó un muestreo para poder obtener la autonomía del tanquero. Los días registrados fueron nueve, en un total de catorce tanqueros, con promedio de cinco ciclos por tanquero y un total de 48 horas registradas.

Figura 3. Distribución Eventos en Ciclos de Tanquero.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

Cabe resaltar que se hizo un análisis previo con el software de MINITAB para comprobar si la información obtenida de campo seguía una distribución normal y así poder hacer un promedio de tiempo por tajo de los distintos estados. En la “Figura 3” se puede observar la distribución porcentual de los distintos eventos de los ciclos. En promedio casi el 41% del ciclo de un tanquero no se encuentra regando aguas en vías. Nuestro objetivo debe apuntar a que en un futuro el porcentaje de riego en vías sea casi el total de este ciclo. Los tiempos viajando vacío, viajando lleno y la cola en torre pueden disminuirse optimizando las rutas

de tanqueros, los tiempos de riego aumentan a medida que se cumpla con los estándares del tanquero y los tiempos de demora en torre y cargue puede reducirse optimizando las torres de llenado. Así mismo en la gráfica se puede observar altos porcentajes de viaje lleno y vacío en la vía del carbón.

Tabla 2. Duración Promedio de los distintos estados en el ciclo del tanquero en cada zona.

Zona	Cargue [min]	Viaje Lleno [min]	Riego [min]	Viaje Vacío [min]	Σ [min]
Centro	5	3	25	5	42
La puente	6	7	31	4	50
Patilla	4	3	27	2	43
Tabaco	4	3	25	2	39
Vía del carbón	4	5	20	8	46

Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

En la “Tabla 2” se muestran los distintos tiempos promedios de los estados mas importantes en el ciclo de un tanquero. El tiempo total viajando lleno y vacío durante el muestreo fue de 9 h, realizando una extrapolación a la cantidad de tanqueros y el impacto en el año obtenemos 3520 h perdidas. En conclusión, debido a las pérdidas por viaje lleno y vacío en los tanqueros, se están perdiendo el equivalente al trabajo de medio tanquero anual. Tomando como base que un tanquero riega aproximadamente 11 km, y mirando los ciclos más críticos de cada tajo se muestra en la “Tabla 3” la necesidad de implementar torres adicionales de llenado para disminuir las distancias perdidas de viaje lleno y vacío.

Tabla 3. Torres Adicionales para cada tajo, según distancia perdida en el ciclo.

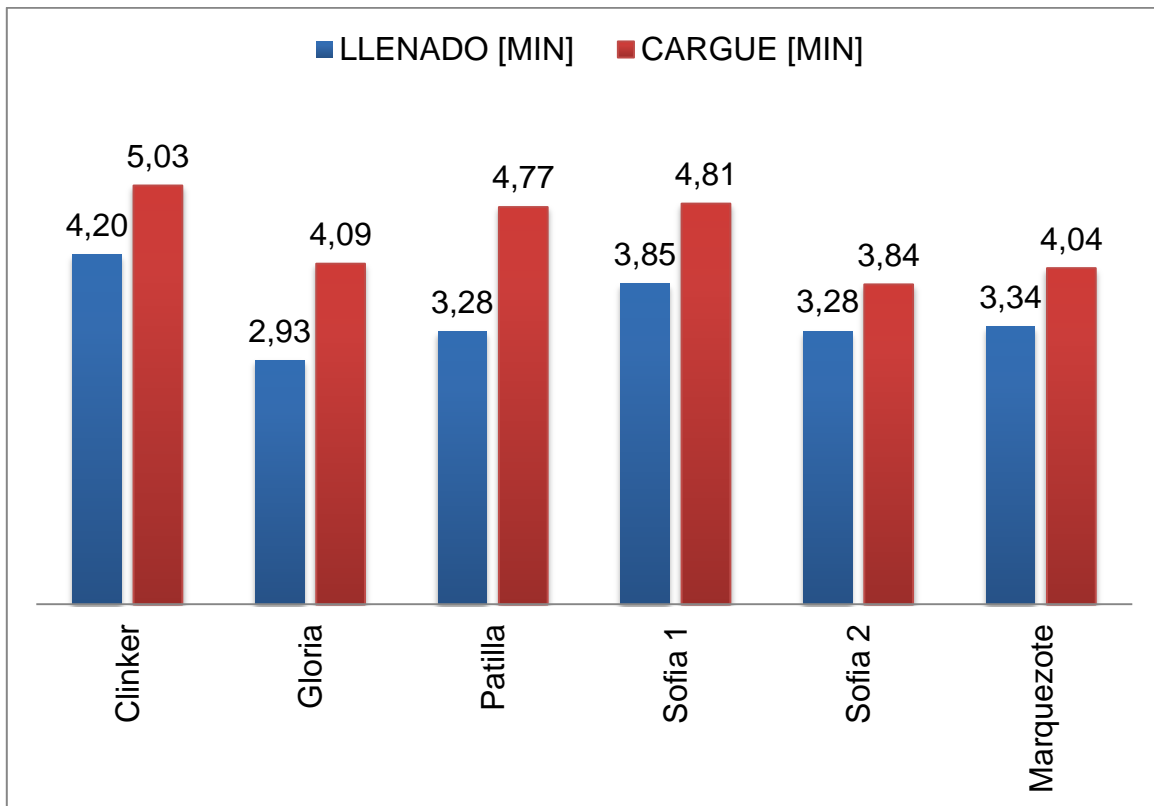
Zona	Distancia Perdida [km]	Torres Adicionales [Uni.]
Centro	4.47	0.4
La Puente	3.75	0.3
Patilla	2.16	0.2
Tabaco	3.91	0.4
V. Carbón	11.86	1.1

Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

3.4.3 Muestreo Cargue de los Tanqueros en torres de Llenado En el momento de entregar la información del ciclo del tanquero surgieron varias dudas acerca de los tiempos específicos en el momento de hacer el cargue del tanquero, ya que se tenía pensado antes del estudio que un tanquero duraba de dos a tres minutos llenando. Por esta razón se decidió hacer un muestreo especificando el tiempo de Cola, Acuatamiento, Llenado, Reubicación, y demora en la salida.

Como resultado se obtuvo tiempos de llenado y cargue como se muestran en la “Figura 4”. Por medio de este muestreo se demostró que efectivamente el tiempo de cargue es mayor al que se tenía pensado.

Figura 4. Tiempos de llenado y Cargue en las distintas torres de llenado



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

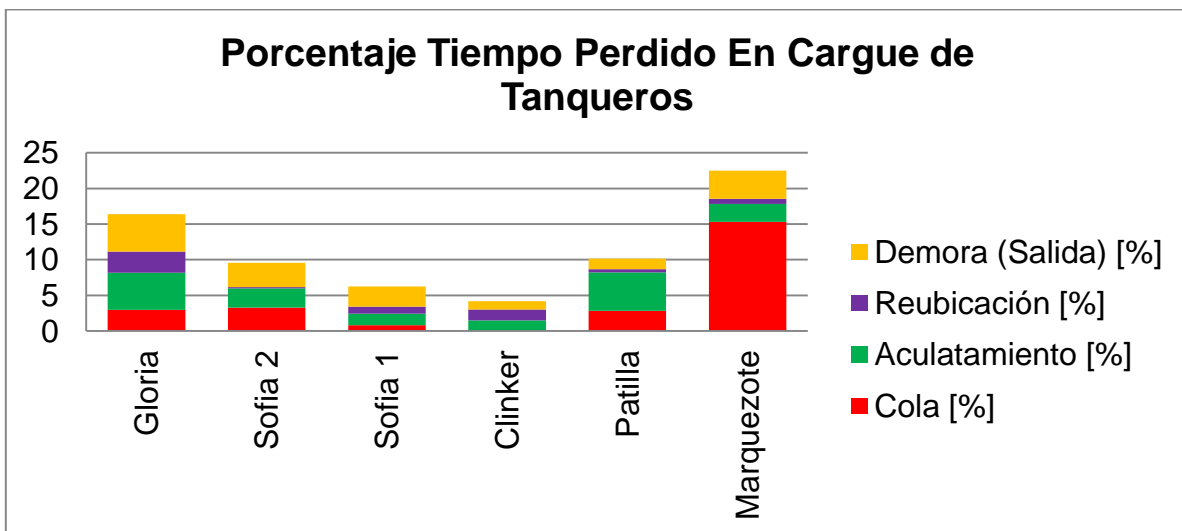
Así mismo, se analizó el porcentaje de tiempo perdido en las torres de llenado por cola en torre, aculatamiento, reubicación y demora en la salida. Según la “Figura 6” se puede concluir que la torre Marquezote está siendo sobre-utilizada, generando un alto porcentaje de cola en torres. A su vez, se puede observar altos porcentajes de tiempo perdido en torre Gloria por no cumplir con el estándar actual de las torres de llenado. Como se puede ver en la “Figura 5” el piso de torre Gloria se encuentra desnivelado, lo cual dificulta el aculatamiento de los tanqueros al momento de realizar el llenado.

Figura 5. Fotografía de Piso de torre de llenado Gloria.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

Figura 6. Porcentaje de tiempo Perdido en Cargue de Tanqueros.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

El tiempo total perdido en torres durante el muestreo fue de 5.46 h, extrapolando a la capacidad instalada obtenemos una pérdida de 4,800 h al año. Equivalente a más de medio tanquero al año.

3.5 RUTAS DE TANQUEROS

En esta fase se tomaron los datos del muestreo realizado y se unió con la información obtenida del sistema actual de prevención de colisiones “anticolisión” de cada equipo utilizado en el estudio. Así se pudo conocer las coordenadas, cotas y velocidades de cada tanquero a lo largo de sus distintos ciclos realizados en el día. Con esta información se pudo trazar las rutas de los distintos equipos muestreados en el software Minex, distinguiendo sus distintos estados a lo largo del ciclo.

Para distinguir los estados principales viajando lleno, viajando vacío y regando se utilizaron las convenciones de la “Tabla 4”.

Tabla 4. Convenciones de los principales estados en las rutas de tanqueros.

Viajando Lleno	
Regando	
Viajando Vacio	

Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

A continuación se analizaron las distintas rutas muestreadas, haciendo una comparación con el plan minero. Se pudieron hacer varias observaciones cuyas mas relevantes se presentan en el presente artículo.

En la “Figura 7” observamos el tanquero 60-119 el día 20 de Marzo realizando un ciclo desde la torre Clinker hasta las pilas de carbón. Como se puede ver la distancia viajando lleno y vacío es de casi 12 km, que demuestra la urgencia de una nueva torre de llenado cerca a las pilas de carbón. Así mismo, no se encontraron rutas planeadas para la vía del carbón por lo cual se recomienda en el momento de la instalación de la nueva torre, planear las distintas rutas de tanqueros para el riego de esta zona.

Figura 7. Ciclo del Tanquero 60-119.

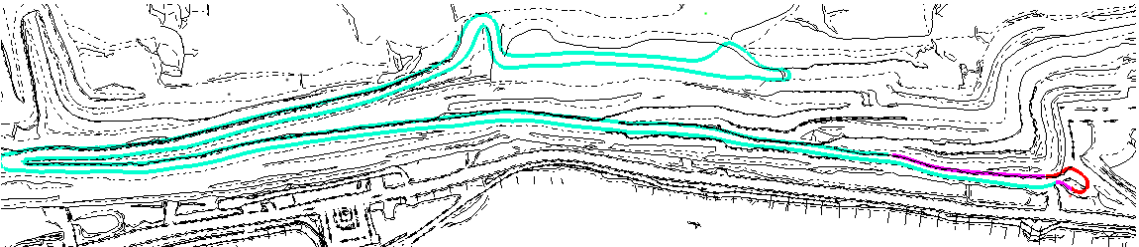


Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

En la “Figura 8” encontramos al tanquero 60-136 realizando un ciclo desde la torre de llenado Patilla y regando el retrolenado del tajo Patilla. Esta ruta sigue el plan y

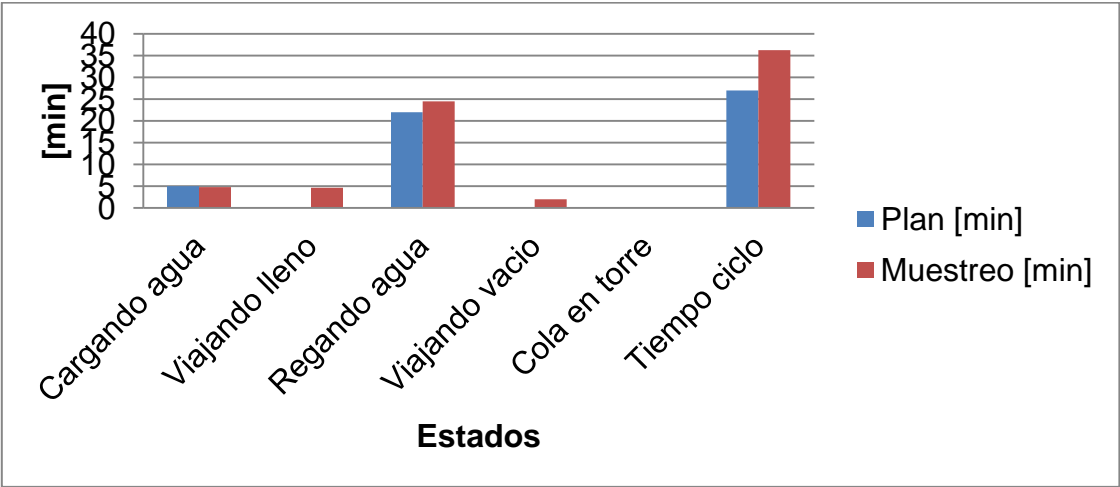
la mayor parte de su recorrido esta regando. Comparando los datos con el plan, como se muestra en la “Figura 9” se puede decir que esta ruta esta optima.

Figura 8. Ciclo del Tanquero 60-136.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

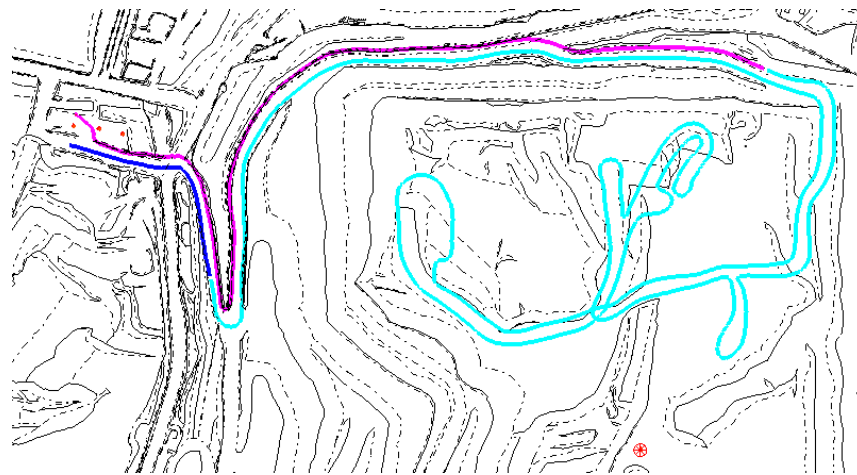
Figura 9. Comparación con plan de la ruta T. Patilla – Retro Patilla – T. Patilla



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

En la “Figura 10” se muestra la ruta que siguió el tanquero 60-144 el día 9 del abril del 2013. El tanquero cargo el agua en la torre Sofía 1 y fue a regar las palas: E24, K01, I35. La ruta planeada para el riego de esta zona partía desde la torre Canguro señalada con un punto rojo en la “Figura 3”, lo cual no se llevó a cabo, y como resultado se ven distancias de viaje lleno y vacío largas.

Figura 10. Ciclo del Tanquero 60-144.

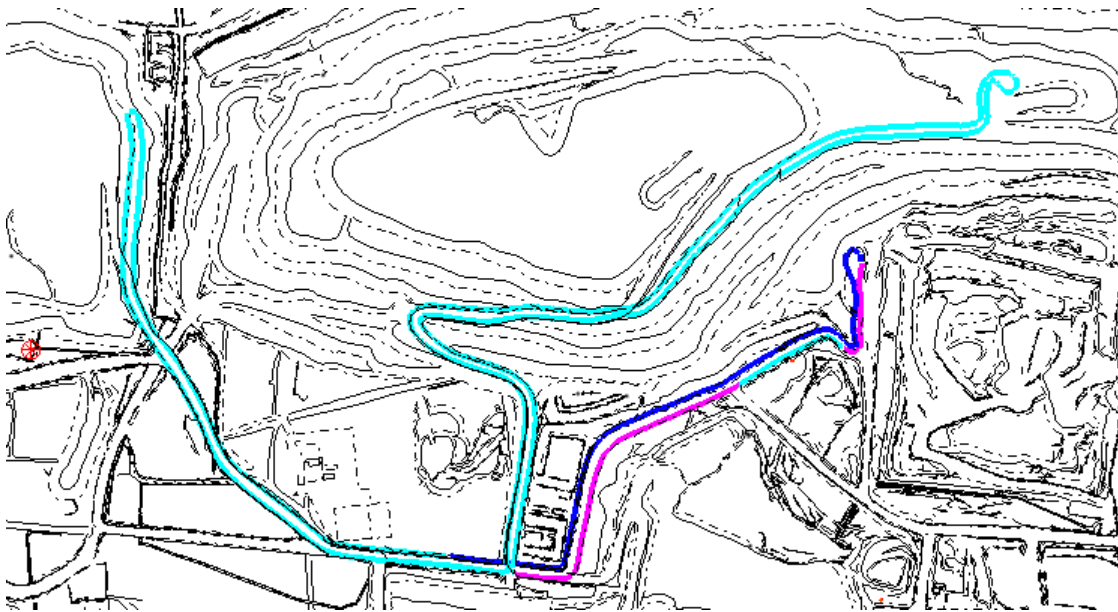


Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

En la “Figura 11” se muestra la ruta del tanquero 60-141 el día 10 de abril del 2013. El tanquero hace el cargue de agua en la torre de llenado Marquezote y riega la vía hacia el Botadero Oreganal en el nivel 240, luego se devuelve y riega la vía del Botadero Aeropuerto. En este ciclo el tanquero viaja lleno y vacío un total de 3 km. Haciendo la comparación con el plan se concluye que el tanquero intento hacer dos rutas en una sola: la primera ruta planeada partía de la Torre Villanueva y regaba todo el Botadero Aeropuerto y la segunda ruta partía desde la torre Marquezote y regaba todo el Botadero Oreganal del nivel 240. Al tanquero intentar

hacer las dos rutas en una sola no pudo completar satisfactoriamente el riego de ambos botadero y tuvo que viajar lleno y vacío varios kilómetros. Este riego termina siendo perjudicial debido a que cualquier otro tanquero pasa por la vía de los botaderos y asume que el botadero fue regado en su totalidad.

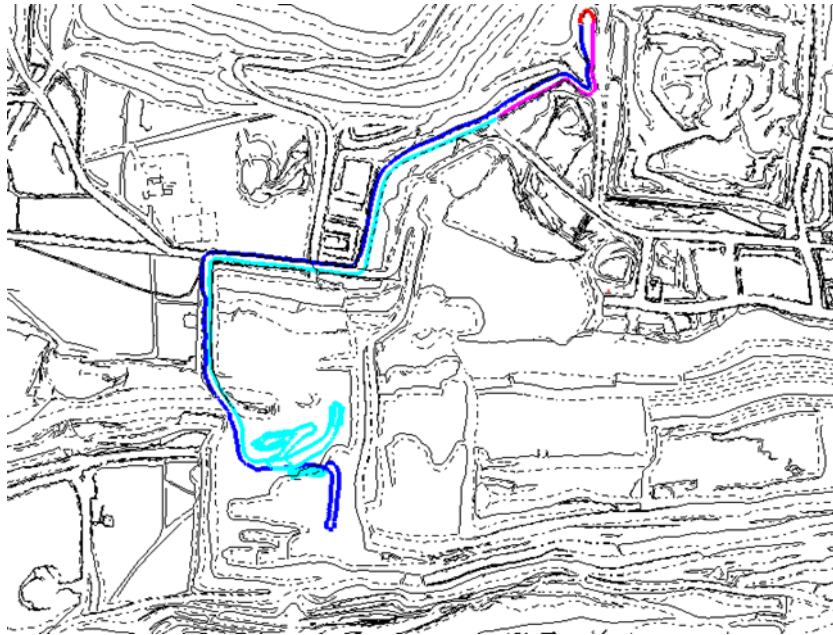
Figura 11. Ciclo del Tanquero 60-141.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

Por último se vieron casos en el que el tanquero regó 5.4 km y su tanque quedó sin agua, cuando debería regar aproximadamente 11 km. Esto es debido a problemas con la capacidad del tanque o que las boquillas de los tanqueros se encuentran muy abiertas. Este es el caso del tanquero 60-133, el día 15 de abril del 2013, como se ve en la “Figura 12”.

Figura 12. Ciclo del Tanquero 60-133.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

4. RESULTADOS

El estudio realizado en la práctica empresarial demuestra que los eventos reportados en CTD no son una fuente confiable para obtener información de la autonomía del tanquero.

Los resultados muestran varias apreciaciones. En la vía del carbón se están presentado altos tiempo de viaje lleno y vacío debido a que no hay una torre cerca a las pilas del carbón. Se concluye que no hay suficientes torres de llenado, que

cubran la demanda de los tanqueros, por lo que se generan tiempos de cola en torre, que afectan el ciclo del tanquero. En particular se ven tiempos altos de cola en torre en Tajo 100, y en la Torre Marquezote.

En el estudio se encontraron áreas que no cumplen con el estándar establecido para áreas de torres de llenado, por lo que se presentan tiempos de aculatamiento y reubicación, que alargan el ciclo del tanquero. Así mismo, la falta de controles en las torres de llenado aumentaba la pérdida de tiempo en el momento del cargue.

Debido a las pérdidas por viaje lleno y vacío en los ciclos de tanquero se esta perdiendo el equivalente a medio tanquero anual y por perdidas en torre (cola, aculatamiento, reubicación, demora en la salida) se esta perdiendo el equivalente a mas de medio tanquero anual.

Mirando específicamente las rutas de los tanqueros: se están presentando casos donde la ruta planeada indica una torre de llenado, pero en el muestreo el tanquero carga en otra torre. También hay casos donde la ruta muestreada esta planificada para realizarse en dos rutas separadas. En consecuencia aumenta el tiempo de viaje lleno y vacío.

Por ultimo se presentaron tanqueros como el 60-133, que riegan menos distancia de la esperada, por posibles problemas en la capacidad del tanque y ajustes en las boquillas.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se evidencia la importancia para el futuro desempeño profesional de realizar una práctica empresarial que permite al estudiante tener un primer acercamiento con las potenciales áreas de desempeño. Así mismo se pudo aplicar las habilidades y conocimientos desarrollados en la universidad.

Debido a los resultados se pudieron obtener conclusiones y recomendaciones que serian expuestas a los gerentes de producción.

Como primera conclusión del estudio se establece que se hace indispensable un seguimiento para mejorar el uso del sistema CTD, para reflejar la realidad de la autonomía de los tanqueros. Este se hará en compañía de Jaime Angulo, encargado del CTD en el departamento de producción.

De igual forma, la de tres torres adicionales en la mina, una para zona norte, una para zona centro y otra para la vía del carbón, disminuiría las distancias que el tanquero viaja lleno o vacío, lo que representaría el aumento del porcentaje de riego en vías. Sin embargo, se debe mirar la posibilidad de reubicar algunas de las torres existentes. La superintendencia a producción en el mes de Junio instaló la torre Playa Alta y la torre algodón Chino en Tajo 100.

Así mismo, se ve la necesidad de estandarizar el área de las torres de llenado, para disminuir los tiempos de acuatamiento y reubicación que deben realizar los tanqueros, en cada uno de los ciclos de llenado. Cuando este proceso se haga, la estudiante en practica encargada deberá hacer de nuevo un muestreo para verificar los tiempos de cargue de agua en las distintas torres de llenado.

Igualmente, al momento de realizar el cargue de agua del equipo en las distintas rutas, se debe seguir el plan establecido, dirigiéndose a la torre estipulada, lo cual solo se lograra estandarizando las torres de llenado, familiarizando a los operadores con el plan e implementando un control universal para las torres de llenado. La planeación debe tener en cuenta el caso donde un tanquero quede DOWN, para hacer cambio en las rutas y poder cubrir por completo las zonas de riego.

Por ultimo, se necesitara la ayuda del departamento de mantenimiento, para revisar y ajustar que el intermitente de los tanqueros funcionen adecuadamente para realizar correctamente el nuevo patrón de riego en rampa: cinco segundos mojando y siete segundo seco. Así mismo, deberá hacerse una revisión de los tanqueros cuyo riego es menor de 11 km, para analizar si el problema es del tanque o de las boquillas, que se encuentran muy abiertas.

BIBLIOGRAFÍA

CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED.

Base de Datos de Anticolisión. Albania, La Guajira. Marzo y Abril del 2013.

CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED.

Base de Datos de CTD. Albania, La Guajira. Marzo 12 a Mayo 27 del 2013.

CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED. Centro de información e investigación. División de comunicaciones cerrejón. “Informe de sostenibilidad 2011”. Albania, La Guajira. 2012. Pág. 8, 40-41.

CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED.

Mascarilla en Minex de Zona Norte y zona Centro. Albania, La Guajira. Febrero del 2013.

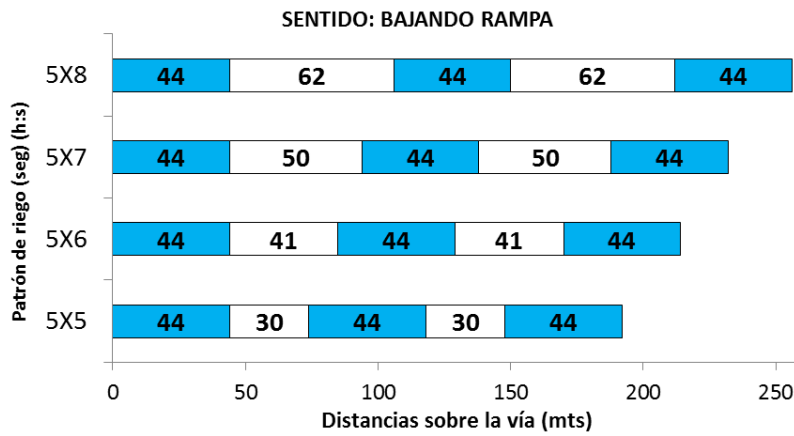
ANEXOS

ANEXO A. Resumen general de inventario de torres de llenado

TAJO	TORRE	ESTE	NORTE	ALTURA (m)	Tanque de Almacenamiento de agua	Cantidad de Tanques de Almacenamiento de Agua	Capacidad Tanques de Agua [Gal]	Nº Bombas	Aplicación DL10	Aplicacion del Aditivo	Capacidad Tanques aditivo [L.]	Sistema	Altura Galibo (m)	Diametro Galibo
EWP	Clinker 1	1155267	1719470	123	NO	-	-	3	SI	Automatico	10000	Gravedad	6.25	16"
EWP	Clinker 2	1155256	1719417	123	NO	-	-		SI	Automatico	1000		6.64	12"
Patilla	Vias Externas	1151852	1716176	128	SI	4	10000	3	SI	Automatico	1000	Bomba	5.16	4"
Patilla	Patilla	1151820	1716181	121	SI		10000	3	SI	Manual	10000	Bomba	6.20	16"
Patilla	Paladines	1148343	1713878	128	NO	-	-	2	SI	Automatico	1000	Bomba	6.26	16"
Comuneros	Comuneros	1151491	1711913	145	SI	3	15000	1	SI	Automatico	1000	Bomba	6.49	16"
Tajo 100	Marquezote	1147603	1708865	143	SI	2	20000	1	SI	Automatico	10000	Bomba	6.24	16"
Tabaco	Gloria	1162796	1722392	118	SI	4	10000	1	SI	Automatico	1000	Bomba	6.55	16"
Tabaco	Riohacheros	1164557	1721729	0	NO	4	10000	1	SI	Automatico	1000	Bomba	6.65	16"
Tabaco	Mayapo	1163897	1721139	59	NO	-	-	2	SI	Automatico	1000	Gravedad	6.74	16"
La Puente	Sofia 1	1164481	1724390	104	SI	4	60000	2	NO	Automatico	NO	Bomba	6.64	16"
La Puente	Sofia 2	1164522	1724409	100	SI				SI	Automatico	1000	Bomba	6.73	16"
La Puente	Sofia 3	1164562	1724422	101	SI				SI	Automatico	1000	Bomba	6.58	12"
Tabaco	La Peña	1166042	1722229	92	NO	3	30000	1	NO	Manual	NO	Gravedad	6.68	16"
La Puente	El Totumo	1169547	1724574	133	SI	-	-		NO	Automatico	NO	Bomba	6.63	16"
Tabaco	Camaron	1163570	1721730	-20	NO	-	-		NO	Manual	NO	Gravedad	6.73	16"
Oreganal	Villanueva	1146287	1706754	142	SI	4	10000	1	NO	Manual	NO	Bomba	6.13	16"
La Puente	Flecha veloz	1168246	1726097			-	-	2	NO	Automatico	NO	Bomba		16"
La Puente	Canguro	1165958.9	1724447.8			-	-	1	NO	Manual	NO	Bomba		16"

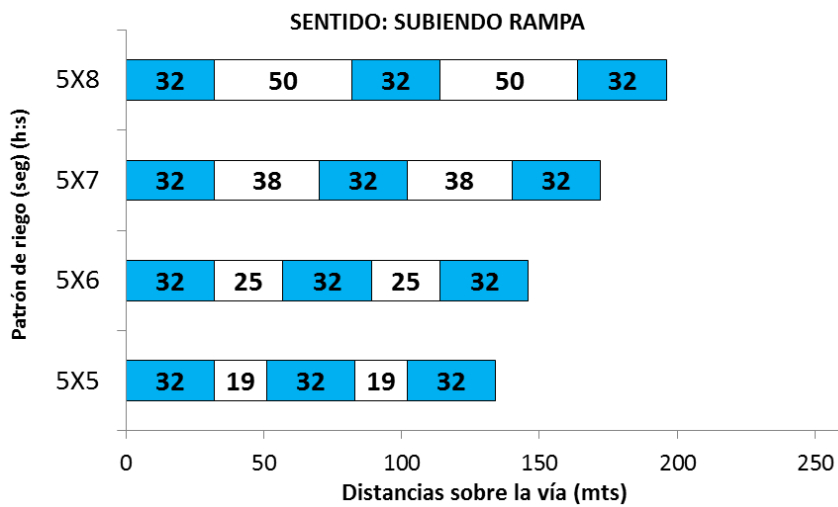
Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO B. Distancias medidas de los patrones de riego, bajando la rampa.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO C. Distancias medidas de los patrones de riego, subiendo la rampa.



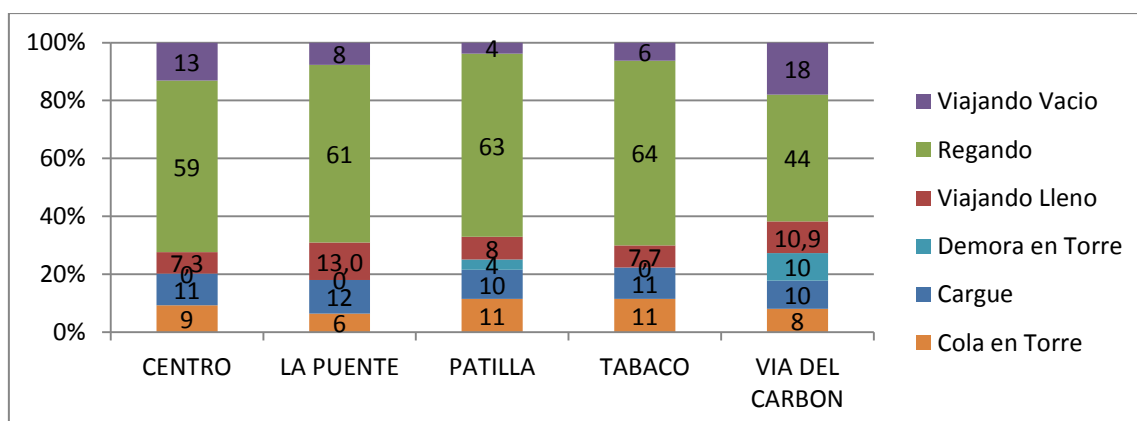
Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO D. Relación entre patrones de riego y variables de la operación.

Variables		PATRONES DE RIEGO (seg) (Húmedo x Seco)			
		5 x 5	5 x 6	5 x 7	5 x 8
% de camiones que deslizaron en rampa	Subiendo Rampa	2%	0%	0%	0%
	Bajando rampa	15%	8%	0%	0%
% de unión entre parches húmedos	Subiendo Rampa	96%	69%	35%	5%
	Bajando rampa	89%	42%	13%	0%
% camiones centrados, Invaden carril contrario	Subiendo Rampa	2%	0%	0%	0%
	Bajando rampa	8%	8%	5%	5%
Observación visual de emisión de polvo		Normal	Normal	Normal	Hay tendencia de aumentar
Velocidad Llena (km/hr)		16.4	16.9	17.7	17.3
Velocidad Vacía (km/hr)		28.3	28.4	29.7	29.8

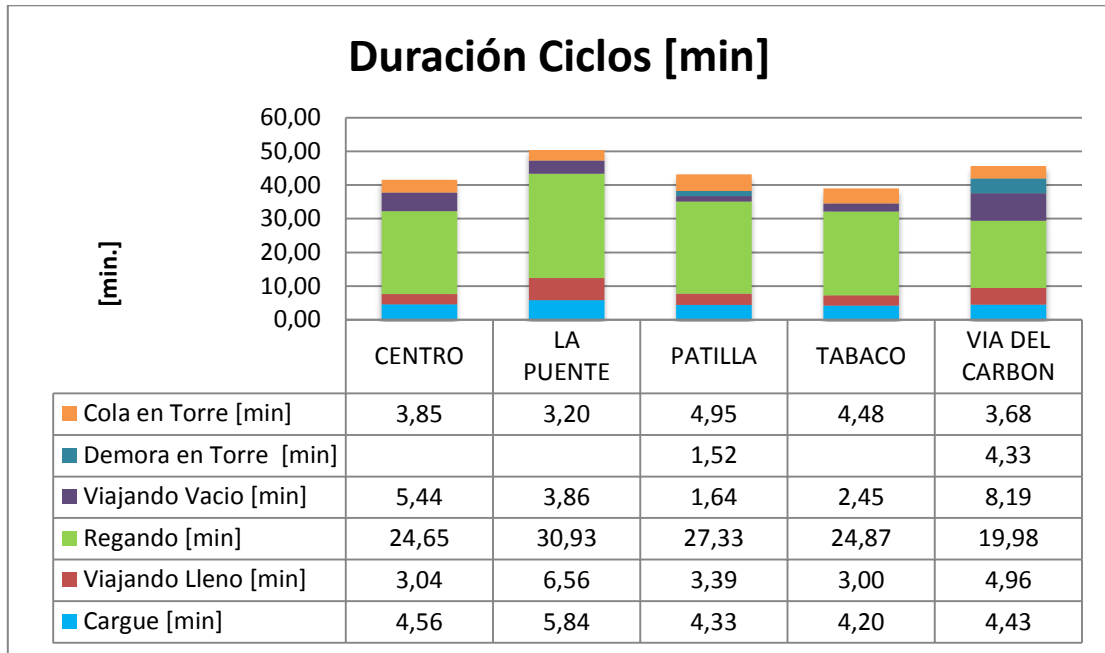
Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO E. Distribución Eventos del Ciclo del Tanquero [%]



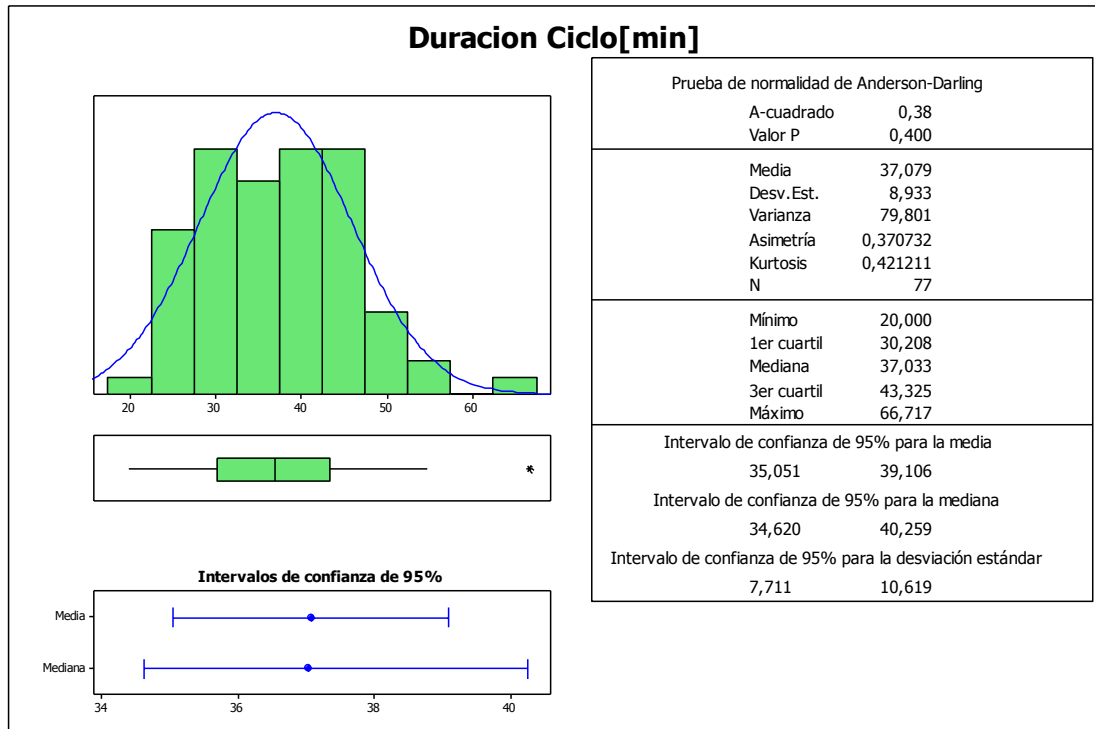
Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO F. Duración Promedio De Los Eventos de los Ciclos en Tanqueros [min]



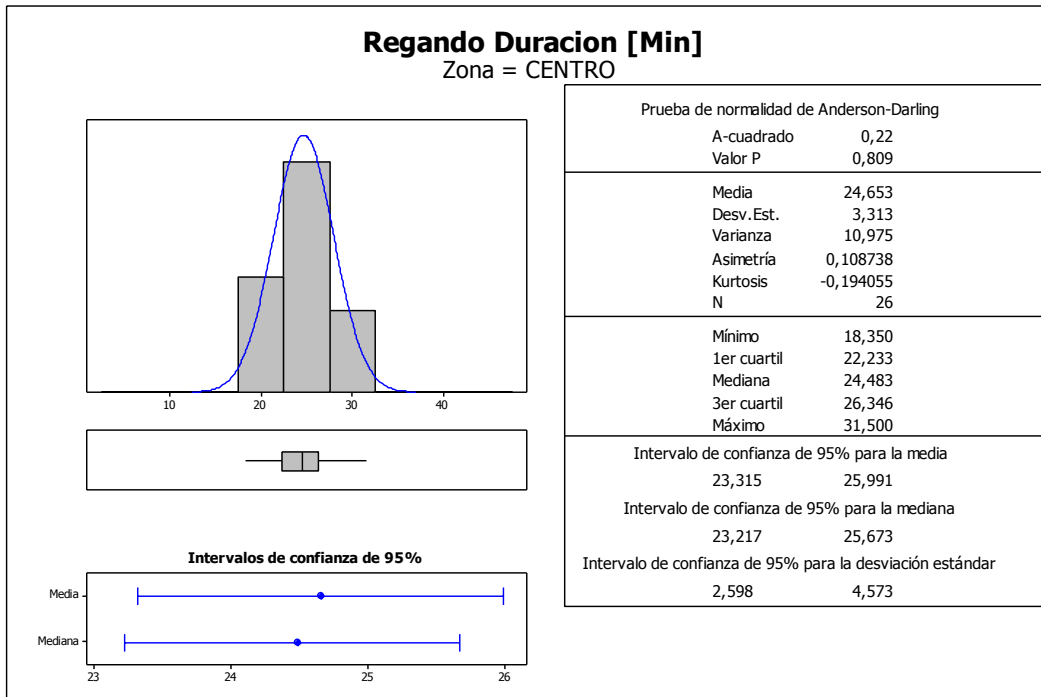
Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO G. Validación con Minitab de Duración del Ciclo del Tanquero.



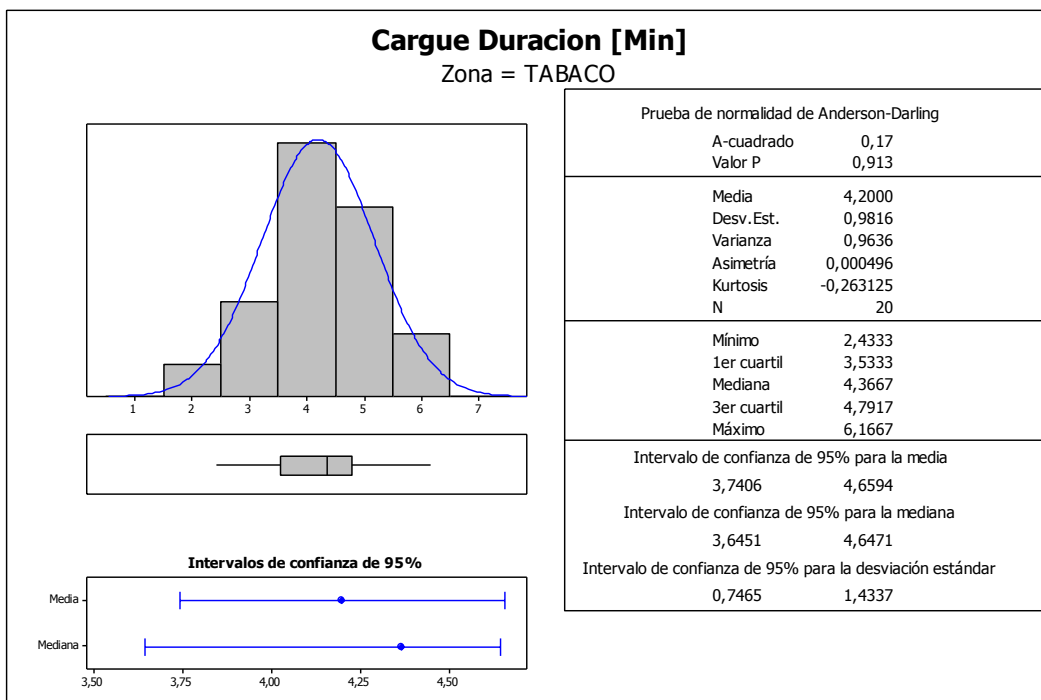
Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO H. Validación con Minitab de Duración del Estado Regando en Zona Centro.



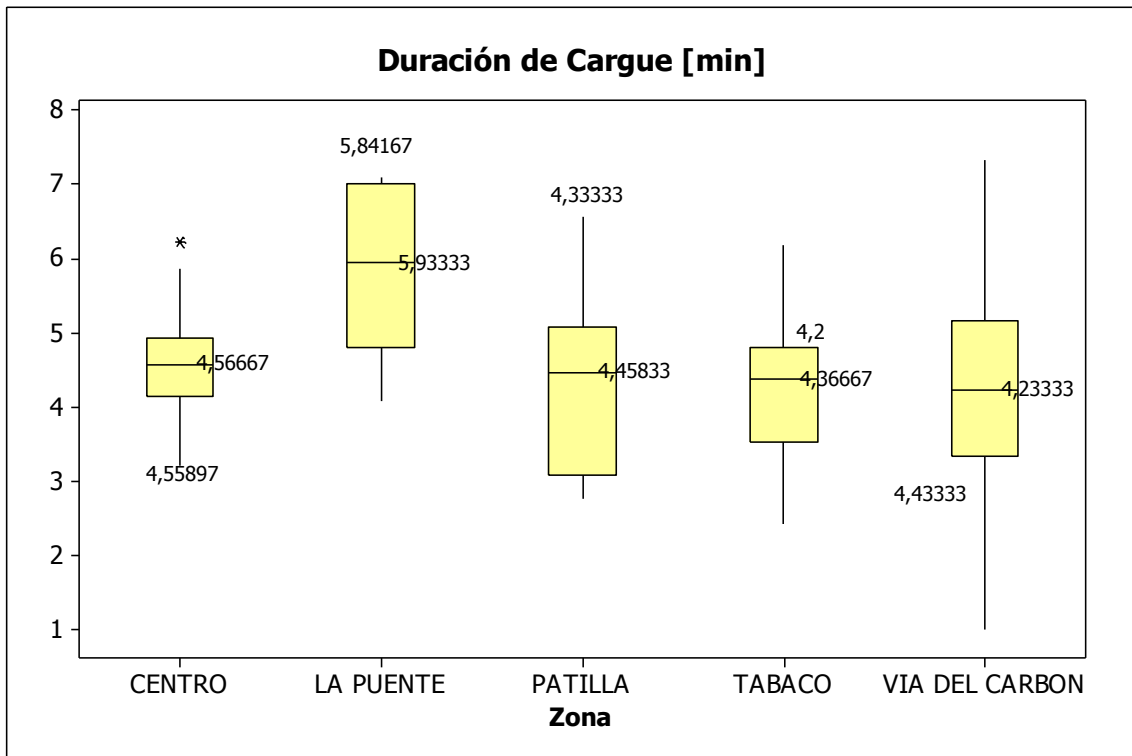
Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO I. Validación con Minitab de Duración del Estado Cargue en Tabaco.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO J. Grafica de Caja de Duración de Estado Cargue realizada en Minitab.



Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO K. Calculo de tiempo perdido debido a viaje lleno y viaje vacío en tanqueros anualmente.

Duración	Muestreo [Hr]	Anual [Hr]
Total	48	8,736
Viajando Lleno + Vacío (14 Tanqueros)	9	1,590
Viajando Lleno + Vacío / Tanquero	1	114
Viaje Lleno + Vacío (31 Tanqueros)	19	3,520

Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO L. Calculo de tiempo perdido en torres de llenado anualmente.

Duración	Tiempo [h]	Anual [h]
Tiempo Muestreo [6 Torres]	36.22972222	8,736.00
Total Tiempo Perdido [6 Torres]	5.463888889	1317.496531
Horas Perdidas Por Torre	0.910648148	219.5827551
Horas totales Perdidas [22 torres]	20.03425926	4,830.82

Fuente: Carbones del Cerrejón Limited

ANEXO M. Porcentaje de Tiempo Perdido en Cargue de Tanqueros

	Reubicación [%]	Cola [%]	Acumatamiento [%]	Demora (Salida) [%]	Llenando [%]	Sin Usar [%]	Tiempo Muestreo [min]
Gloria	2.9	3.0	5.2	5.3	13.8	69.8	424
Sofia 2	0.2	3.3	2.7	3.4	18.0	72.4	414
Sofia 1	1.0	0.8	1.6	2.8	17.7	76.0	279
Clinker	1.5	0.0	1.5	1.2	8.4	87.4	350
Patilla	0.5	2.8	5.4	1.5	11.8	78.0	360
Marquezote	0.7	15.3	2.5	3.9	24.3	53.2	1235

Fuente: Carbones del Cerrejón Limited