



**Informe de Prácticas Profesionales como  
Opción de Grado**



**TÍTULO DE INFORME:**

**PROPUESTA DE ESTRATEGIAS OPERATIVAS PARA EL INCREMENTO DE  
LA PRODUCTIVIDAD EN LA PALA 39 DE LA MINA EL DESCANSO DE  
DRUMMOND LTD.**

**PRESENTADO POR:**

**LUIS EDUARDO RODRÍGUEZ BERBÉN**

**Código:**

**2014216115**

**PRESENTADO A:**

**JOSE LUIS LOBO DIAZ**  
Tutor de prácticas profesionales

**ALFONSO HERNANDO VIDAL BAUTE**  
Jefe inmediato empresa

**UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**Fecha de entrega: 17/03/2022**



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### Contenido

1. Presentación .....	3
2. OBJETIVOS Y/O FUNCIONES .....	4
2.1. Objetivo General: .....	4
2.2. Objetivos Específicos: .....	4
2.3. Funciones del practicante en la organización: .....	4
3. JUSTIFICACIÓN: .....	5
4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA: .....	6
5. SITUACIÓN ACTUAL .....	13
6. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS .....	15
7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES: .....	16
8. CRONOGRAMA: .....	46
9. PRESUPUESTO: .....	47
10. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS .....	48
11. BIBLIOGRAFÍA .....	50
ANEXOS .....	51

	<b>Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado</b>	 <b>DRUMMOND LTD. COLOMBIA</b>
---	--	--

## 1. PRESENTACIÓN

Este proyecto se da durante el desarrollo de las prácticas universitarias en el área de Ingeniería de producción, y tiene como título “Propuesta de estrategias operativas para el incremento de la productividad en la pala 6239 de la Mina El Descanso de Drummond LTD”. La compañía Drummond LTD se dedica a la exploración, explotación y comercialización de carbón. Este mineral es utilizado para la generación de energía termoeléctricas.

Interna y externamente se utilizan diferentes modos de transporte, tales como: maquinaria pesada, trenes y buques. Dentro de esa maquinaria pesada que se utiliza en la operación minera se encuentran las palas PC-8000, las cuales son importantes, debido a que son las encargadas de limpiar la zona y retirar el material estéril que queda luego del proceso de explotación mediante el cargue de los camiones y el cumplimiento del ciclo de los mismo. En ese orden de ideas, es fundamental que ese cargue de material estéril desde las palas hasta los camiones sea realizado de forma óptima para que se pueda llegar hasta los mantos de carbón destapados en el menor tiempo posible y transportar el mineral para hacerles su debido tratamiento de acuerdo a la calidad arrojada y las observaciones que tenga cada manto para comercialización del mismo.

El desarrollo de este proyecto pretende buscar estrategias operativas que ayuden significativamente a incrementar la productividad de la pala PC-8000 6239. La compañía Drummond LTD siempre va en búsqueda de una mejora continua y en ella va inmersa el aumento de la productividad en los diferentes procesos y departamentos, lo que da como resultado el crecimiento económico, la reducción de costos, la eliminación de cuellos de botella, el producir a bajo costo y el aprovechamiento de cada uno de los recursos que hay dentro de las instalaciones.

	<b>Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado</b>	 <b>DRUMMOND LTD. COLOMBIA</b>
---	--	--

## 2. OBJETIVOS Y/O FUNCIONES

### 2.1. Objetivo General:

Elaborar una propuesta de estrategias operativas para el incremento de la productividad de la pala 6239 en la Mina El Descanso de Drummond LTD.

### 2.2. Objetivos Específicos:

1. Realizar un diagnóstico inicial con el fin de conocer las estrategias actuales que se llevan a cabo en la Mina El Descanso de la empresa Drummond LTD para incrementar la productividad en la pala 39.
2. Aplicar bases teóricas de la Ingeniería Industrial para calcular la productividad de la pala 6239 de la Mina El Descanso en la empresa Drummond LTD apoyándose en el Dispatch y Topografía.
3. Proponer estrategias claves que permitan el incremento de la productividad en la pala 6239 de la Mina El Descanso de Drummond LTD tomando como referencia modelos y teorías de la ingeniería de métodos y del trabajo.
4. Documentar las estrategias diseñadas con el fin de promover su ejecución y aprovechamiento de la misma dentro de la Mina El Descanso de Drummond LTD.

### 2.3. Funciones del practicante en la organización:

El practicante desempeñaba el cargo de: “Practicante universitario” en el área de Ingeniería de Producción en la Mina El Descanso de Drummond LTD. Cumplía un horario que iba desde las 06:00 horas hasta las 18:00 horas, en turnos de 7-3-7-4, donde los 7 representaban los días laborales, y los 3-4 representaban los días de descanso. A continuación, las funciones en la organización:

1. Apoyar en el muestreo de canal de los mantos de carbón que se estén cargando diariamente en el PIT (Operación).
2. Registrar y apoyar en el análisis de la información de los datos enviados por el laboratorio de las muestras de canal y de tren.
3. Registrar en diferentes bases de datos la información de los taladros y voladuras diarias realizadas.
4. Apoyar en la toma de datos en diferentes áreas y procesos de la mina para los diferentes estudios de mejora continua.
5. Apoyar en la elaboración de informes de los estudios realizados.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### 3. JUSTIFICACIÓN:

En la actualidad, como consecuencia de la pandemia, una de las palabras más utilizadas a nivel mundial es la de “*reinventarse*”, el significado de esta palabra puede ser válido y aplicado en cualquier ámbito y/o aspecto de la vida. En el ámbito organizacional no es la excepción, al contrario, es fundamental aplicarlo y así evitar la muerte empresarial, la aplicación de este se hace por medio de la mejora continua que dejarían de lado a la obsolescencia de los procesos, la identificación de tiempos muertos y el aprovechamiento de los recursos tangibles e intangibles de forma óptima. Por tal razón muchas empresas no sobrevivieron a ese momento donde la pandemia tomó más fuerza. En el caso de Drummond LTD quedó evidenciado la sostenibilidad en comparación con otras empresas mineras de la zona del departamento del Cesar.

Por tal motivo, aun cuando se ha avanzado, nunca está de más seguir creciendo en temas de mejora continua de los procesos y el aumento de la productividad en cualquier departamento y en la compañía en sí. Lo anterior, se logra por medio de la reducción de tiempos, recursos, costos y cuellos de botellas, ahí es donde la metodología Six Sigma toma un aporte muy significativo debido a sus etapas nos ayuda a definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Uno de los departamentos soportes es el de Ingeniería de Producción, el cual se encarga de apoyar y brindar soluciones a situaciones que se pueden presentar durante los procesos o movimientos de equipos o instalaciones, además, de realizar proyectos de optimización para lograr una mayor sostenibilidad económica, a partir del análisis de las actividades desarrolladas a diario y la aplicación de mejoras en las mismas. Así las cosas, el proyecto de “Propuesta de estrategias operativas para el incremento de la productividad en la pala 6239 de la Mina El Descanso de Drummond LTD” es muy importante debido a que incrementando la productividad de la misma se logra reducir esos tiempos de cargues y mejorar en términos de BCM's /hora, lo cual ayudaría a cargar más toneladas de material estéril al finalizar el día, y por ende, los tiempos de espera, que ayudarían a reducir costos y más ganancias porque se estaría produciendo a menor costo en la pala 6239.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### **4. GENERALIDADES DE LA EMPRESA:**

#### **DRUMMOND LTD**

##### **INFORMACIÓN BÁSICA**

Es una compañía que se dedica exploración, explotación y comercialización de carbón. Este mineral es utilizado para la generación de energía termoeléctricas. Originaria de Birmingham, Alabama, Estados Unidos. La compañía fue fundada en Jasper, Alabama, en 1935 por Hernan Edward Drummond.

##### **UBICACIÓN**

Km 31 Vía San Roque, Cesar.

##### **RESEÑA HISTÓRICA**

Drummond opera una mina en el noroeste de Alabama así como otras minas en el norte de Colombia. Durante la década de los 80, Drummond Company Inc. evaluó diferentes alternativas de inversión en proyectos carboníferos en varios países del mundo, tanto en el mercado del Pacífico como del Atlántico. Finalmente, en 1987, basándose en factores como el recurso humano, la geología, la tecnología, el acceso al mercado y la sostenibilidad ambiental, consideró a Colombia como la mejor opción.

Drummond Company Inc. constituyó Drummond para el desarrollo de sus proyectos en Colombia y obtuvo, a través de esta sucursal, los derechos para la exploración, explotación y exportación de carbón localizado en el departamento del Cesar, específicamente en el área comprendida entre los municipios de El Paso, La Jagua de Ibirico y Chiriguaná. Esta zona se denominó Mina Pribbenow, también conocida como Proyecto Carbonífero La Loma.

A comienzos de los 90, Drummond realizó los trabajos de exploración de este proyecto, así como estudios socioeconómicos y ambientales en los municipios de influencia. Estas investigaciones permitieron conocer los perfiles de la población en edad de trabajar y la situación social y económica de sus habitantes. Igualmente, se determinaron condiciones del aire, del agua, de la flora y de la fauna de la región, con el fin de protegerlos o recuperarlos.

	<p><b>Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado</b></p>	 <p><b>DRUMMOND LTD. COLOMBIA</b></p>
---	---	--

En 1995 comenzó la producción y exportación de carbón y desde entonces la presencia de Drummond ha sido importante para la economía regional y nacional. Con el inicio de la producción, la compañía emprende un proceso de mejoramiento continuo y expansión de las operaciones mineras, férreas y portuarias. En 2009 inició la explotación de su segundo proyecto, El Descanso. De hecho, Drummond hoy cuenta con cerca de 2.000 millones de toneladas de reservas en los proyectos La Loma, El Descanso, Rincón Hondo, Similoa y Cerrolargo, los tres últimos en proceso de licenciamiento ambiental.

Paralelo al desarrollo minero está la exploración y desarrollo de proyectos de gas metano asociado a fuentes no convencionales (carbón y gas de esquisto). La compañía cuenta con dos contratos para el desarrollo de este hidrocarburo, uno en el departamento del Cesar y el otro en La Guajira, en asocio con Ecopetrol.

En la actualidad, Drummond LTD exporta más de 30 millones de toneladas métricas de carbón a clientes de todo el mundo utilizando nuestro cargador directo de barcos en Puerto Drummond.

Las características de nuestro carbón se comparan favorablemente con las de otros carbones térmicos comercializados a nivel internacional. De los carbones que se exportan actualmente desde Colombia, el carbón térmico de Drummond tiene uno de los niveles más bajos de azufre y de ceniza. Este carbón cumple con las regulaciones internacionales de azufre, y también es muy bajo en emisiones de óxidos de nitrógeno, cualidades deseables para las plantas generadoras de energía que requieren disminuir emisiones a la atmósfera.

Hacemos todo lo anterior con los más altos estándares de sostenibilidad, cumpliendo con por lo menos 10 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas. También contamos con las certificaciones ISO 14001 para el medio ambiente, OHSAS 18001 para higiene y salud ocupacional, y nos adherimos a los principales estándares de Derechos Humanos, como los Principios Rectores de las Naciones Unidas para Empresas y Derechos Humanos, y los Principios Voluntarios en Seguridad y Derechos Humanos.

Para una mejor apreciación se presenta la siguiente línea de tiempo:

**1985:** Drummond Ltd. es fundada y suscribe su primer contrato minero de carbón en Colombia, que con el tiempo se convirtió en la Mina Pribbenow.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



**1993-1995:** Drummond establece sus operaciones en Colombia e inicia la construcción de la mina y el puerto. La primera producción de carbón se registra en 1995.

**1997:** Drummond suscribe su segundo contrato para la exploración y explotación de carbón, El Descanso, proyecto con más de 1.700 millones de toneladas de reservas.

**2003:** Drummond adquiere tres nuevas áreas de carbón en el país: Rincón Hondo, Similoa y Cerrolargo. (Reservas totales adquiridas durante ese año: 162 millones de toneladas)

**2004-2005:** Drummond entra en la exploración de gas metano en mantos de carbón (en inglés: Coal Bed Methane, CBM) en la cuenca del Cesar: Contrato La Loma y adquiere los derechos de CBM en asocio con Ecopetrol para explorar el Bloque Guajira Río Ranchería.

**2009:** Drummond inicia la fase de producción del contrato El Descanso.

**2011:** ITOCHU Coal Americas, Inc. se convierte en socio del 20% de las operaciones de Drummond en Colombia.

**2014:** El 31 de marzo de 2014, Drummond realizó su primer embarque de carbón utilizando el sistema de carga directo. Con dos shiploaders, Puerto Drummond ahora tiene una capacidad instalada de 60 millones de toneladas por año.

**2016:** Garry Neil Drummond fallece el 13 de julio de 2016. El señor Drummond fue Presidente y Director Ejecutivo de Drummond Company por más de 40 años, y fue considerado un gran líder y empresario de la industria del carbón y la minería en los Estados Unidos y Suramérica.

**2019:** El 1 de noviembre de 2019, Richard Mullen es nombrado nuevo director ejecutivo de la empresa. El Sr. Mullen fue anteriormente el presidente de Minería.

**2021:** El 4 de febrero de 2021, Itochu Coal Americas, Inc. acepta los términos para transferir su participación del 20% como miembro en Drummond International, LLC a Drummond Company, Inc. Esta transacción continúa demostrando el compromiso a largo plazo de Drummond de operar en Colombia y proporcionar altos carbón de calidad con bajo contenido de azufre a nuestros clientes en todo el mundo.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Gráfico 1



Fuente: Archivos Drummond LTD

## NÚMERO DE EMPLEADOS

Actualmente, la compañía cuenta con alrededor de 6.000 empleados en las diferentes áreas, muchos de las cuales han estado durante más de 30 años. Además, cuenta con alrededor de 3.500 contratistas.

## MISIÓN

Explotación y comercialización de carbón de alta calidad y más bajo precio en el mundo, con respeto al medio ambiente, al recurso humano y a la comunidad de influencia.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado

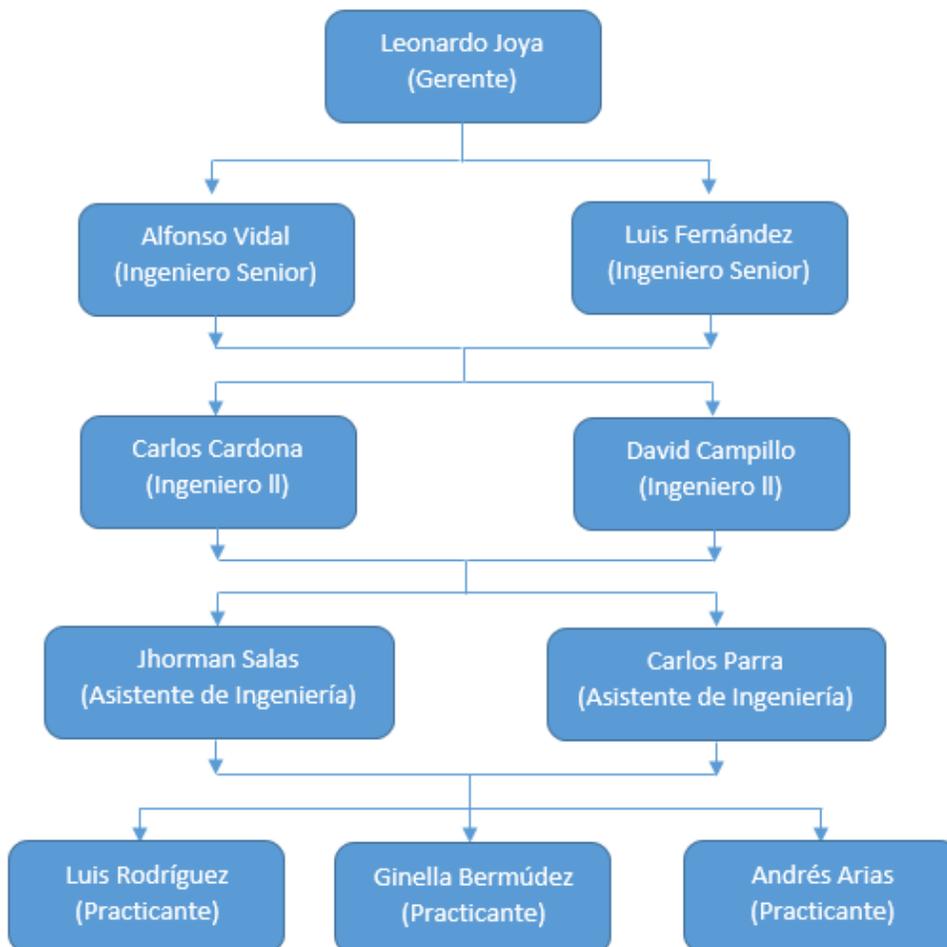


### VISIÓN

Ser el productor de carbón a largo plazo, más seguro, confiable, productivo y a bajo costo en el mundo, con altos estándares de seguridad, salud, medio ambiente, desarrollo sostenible, y con responsabilidad social.

### ORGANIGRAMA

El departamento de Ingeniería de Producción de la Mina El Descanso de Drummond LTD posee el siguiente orden jerárquico:



	<p><b>Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado</b></p>	 <p><b>DRUMMOND LTD. COLOMBIA</b></p>
---	---	--

## **POLITICAS Y COMPROMISOS**

Nuestro compromiso con Colombia es firme. Cada día, en cada proyecto, en cada nivel de Drummond consideramos el impacto que tienen nuestras acciones en nuestros empleados, en nuestras comunidades y en nuestro medio ambiente.

- Nos esforzamos por mejorar la educación, la salud, y el bienestar de nuestros empleados y sus familias.
- Invertimos considerablemente en las iniciativas de la comunidad, trabajamos en estrecha colaboración con el gobierno local, y diseñamos e implementamos programas para el desarrollo y beneficio de nuestras comunidades.
- Trabajamos continuamente para controlar y mitigar los impactos de la minería, el transporte, y el embarque de carbón, a medida que desarrollamos y aplicamos técnicas innovadoras de sostenibilidad.

El aporte de Drummond al desarrollo económico y social de Colombia y su compromiso con el medio ambiente va más allá del cumplimiento legal:

- Nuestras acciones de sostenibilidad se centran en el control y la mitigación de los impactos de la minería, el transporte y el embarque de carbón en el medio ambiente.
- Maximizamos la recuperación de las reservas de carbón, establecemos condiciones de trabajo seguras y eficientes, y proveemos a nuestros trabajadores y a sus familias las mejores condiciones de vida y una base para el desarrollo personal.
- Tenemos los más altos estándares de excelencia, lo cual se demuestra en todos los aspectos de nuestro negocio, incluyendo las medidas adoptadas para proteger el medio ambiente mediante la firme adopción de prácticas ambientales responsables.

Drummond diseña y ejecuta programas para el desarrollo y beneficio de las comunidades del área de influencia de sus operaciones:

- Maximizando la recuperación de las reservas a un costo competitivo para mantener el dinamismo de las economías locales.
- Esforzándose por crear un progreso continuo y duradero para mejorar la calidad de vida de las comunidades afectadas.
- Estableciendo un diálogo permanente y proactivo con las autoridades para que participen en el logro de los objetivos prioritarios para cada región.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



**DRUMMOND LTD.  
COLOMBIA**

- Diseñando e implementando estrategias de desarrollo sostenido a través de las operaciones, en concordancia con la evolución de los mercados y la tecnología.
- Siempre operando dentro del marco legal y adoptando los más altos estándares de la industria.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### 5. SITUACIÓN ACTUAL

Drummond LTD tiene dentro de su objetivo fundamental ser la empresa líder en la comercialización nacional e internacional del carbón, brindando un mineral con los estándares de calidad necesarios, como, por ejemplo: niveles bajos de azufre y ceniza en el carbón, para así seguir creando valor en la etapa de madurez que se encuentra la compañía Drummond LTD y valor en el desarrollo de Colombia, a través de una minería económicamente viable, ambientalmente sostenible y socialmente responsable.

En la actualidad, la compañía tiene reconocimiento en el mercado por sus procesos, seguridad, capacidad de explotación minera de carbón térmico, exportaciones, responsabilidad social, ambiental, entre otros, la misma naturaleza de la minería al ser cambiante, día a día va presentando situaciones que requieren solución. En el caso de las palas no es la excepción ya que trabajan 24/7 y por el mismo esfuerzo pueden tener averías.

Así las cosas, el desempeño de la flota de cargue de material estéril (roca) es fundamental para el cumplimiento de los presupuestos anuales de producción de carbón, debido a que esta es la encargada de destapar el mineral. Esta flota está mayoritariamente compuesta por palas modelo PC-8000 cuya productividad es medida en metros cúbicos/hora. El rendimiento de estas palas en la mina El Descanso no es homogéneo, pero de forma general es considerado bueno. Se ha identificado que la pala 6239 ha tenido una producción 8% inferior al promedio de las demás palas. Lo cual genera una disminución en la productividad de los equipos de producción. Con el aumento de la productividad de la pala 39 se pueden destapar más toneladas de carbón.

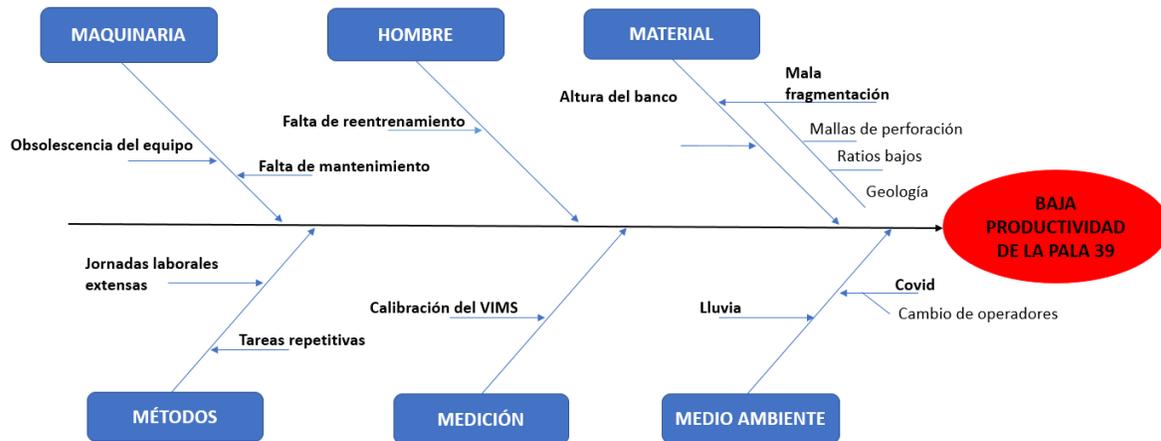
De acuerdo a lo anterior, se han identificado una serie de falencias en la pala 6239 que ha dado como resultado ese promedio bajo de rendimiento con respecto a las otras palas del mismo modelo, tales como:



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Gráfico 2



Fuente: Archivos Drummond LTD

La compañía Drummond LTD se ha mantenido durante los últimos 6 años como la compañía con mayor volumen de producción y exportaciones de carbón en Colombia. Con cerca de 32 millones de toneladas transportadas a más de 24 países alrededor del mundo, ayudando a garantizar la generación eléctrica, esencial para el desarrollo de cualquier nación. Aun así, es necesario seguir potenciando esas cifras para seguir consolidándose, por tal motivo, es necesario seguir esforzándose día a día para tratar de buscar soluciones a situaciones que se dan durante el desarrollo de las operaciones, las cuales, como se mencionó anteriormente, son cambiantes por la misma naturaleza de la minería.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### 6. BASES TEÓRICAS RELACIONADAS

A continuación, se mencionan las materias con su base teórica que fueron claves en cuanto al desarrollo de este proyecto:

Tabla 1.

Asignaturas	Temas	Docente	Ciclo
Gestión de proyectos	Formulación de proyectos	Carlos Fuentes Montes	General
	Metodología PMI (PMBOK)		
Estadística III	Pruebas de hipótesis	Rick Acosta Vega	Profesional
	Validación de supuestos estadísticos		
	Análisis de varianzas		
Control estadístico de procesos	Análisis de capacidad	Manuel Campuzano Hernández	Profesional
	Six sigma		
Análisis de procesos	Diagrama de Ishikawa	Carlos Camacho Serge	General
	Mapas de procesos		

Nota: También fueron claves algunas definiciones que se encuentran a lo largo del documento.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### 7. DESARROLLO DE ACTIVIDADES:

Para el desarrollo de las actividades, las cuales servirán como soporte para cumplir el objetivo general, se utilizará la estrategia de mejora de procesos denominada Six Sigma. Como se mencionó en un apartado del documento, esta nos sirve para definir, medir, analizar, implementar y controlar los procesos organizacionales teniendo como consecuencia la optimización de los mismos.

- 7.1 Realizar un diagnóstico inicial con el fin de conocer las estrategias actuales que se llevan a cabo en la Mina El Descanso de la empresa Drummond LTD para incrementar la productividad en la pala 39.

#### DEFINIR

Se realizó un diagnóstico un diagnóstico en la pala 6239 dando como resultado las técnicas de cargues utilizadas mediante la operación en donde se pudo observar que se debe establecer un patrón de cargue, excavando de arriba hacia abajo y dividiendo el corte, esto, debido a que utilizando un patrón de excavación se hace más fácil el llenado del balde y se minimiza el tiempo de cargue, aumentando la productividad de la pala, cuando el balde tiene un bajo porcentaje de carga aumenta el número de pasadas al camión, por ende, disminuye la productividad. También, la ubicación de la pala cerca del talud, en un banco adecuado para que la pala se sostenga y ofrezca menor resistencia, teniendo en cuenta la nivelación la limpieza y ampliación del área de cargue. También entra en juego el ángulo de giro, en el cual no debe permitir que la pala gire más de 90° para excavar con referencia al camión porque aumenta el tiempo de cargue y disminuye la producción.

#### Gráfico 3

	Grados de Giro		Resultado Aprox. % de Máximo Rendimiento	
	45	_____	126%	
	60	_____	116%	
<b>ALTA PRODUCTIVIDAD</b>	75	_____	107%	
	90	_____	100%	<b>LINEA DE BASE</b>
<b>BAJA PRODUCTIVIDAD</b>	120	_____	88%	
	150	_____	77%	
	180	_____	70%	

Fuente: Archivos Drummond LTD

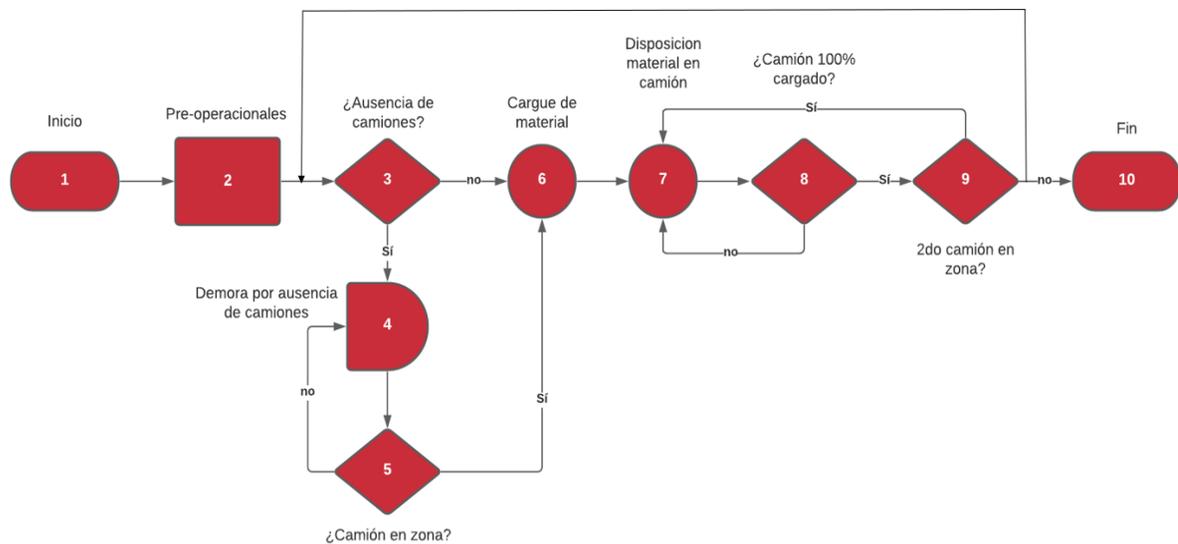


## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Estas son algunas de las técnicas que se aplican actualmente para reducir los tiempos de cargues y que las palas sean productivas. A su vez, tenemos el siguiente mapa de proceso de las palas eléctricas PC 8000 para un mayor entendimiento

**Gráfico 4**



*Fuente: Archivos Drummond LTD*

Descripción del mapa de proceso:

1. Inicio
2. Inspecciones pre-operaciones del equipo y de seguridad en la zona de trabajo
3. ¿Espera por camión antes del inicio de la operación?
4. ¿Demora por ausencia de camión
5. ¿Camión en zona y posición para ser cargado?
6. Inicio de operación (Cargue de material fragmentado)
7. Disposición de material en la tolva de los camiones
8. ¿Camión cargado y listo para evacuar zona?
9. ¿Presencia de camión en zona de cargue?
10. Fin

	<b>Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado</b>	 <b>DRUMMOND LTD. COLOMBIA</b>
---	--	--

Se logró identificar unas variables que puedan afectar el proceso, tales como:

- **Asignación de camiones:** La asignación de camiones a las palas es dinámica, los camiones son asignados teniendo en cuenta las condiciones de la pala, el ciclo y la prioridad.
- **Cargue de material:** En el cargue de material interactúan varias variables, estas son:
  - **Fragmentación del material:** Entre mayor fragmentación tenga el material, es más rápido el cargue
  - **Estado mecánico:** La pala tiene componentes hidráulicos y eléctricos que facilitan los giros de la misma para la manobra de cargue, los sistemas hidráulicos y eléctricos están en buenas condiciones, la pala cumplirá con los tiempos de giro estándar
  - **Operador:** Las palas tienen técnicas de operación, la experticia del operador en la ejecución de estas técnicas influye en la productividad de la pala
  - **Altura del banco:** El banco de la pala debe ser a la altura del banco, cuando los cortes no cumplen con esta condición no se pueden aplicar de manera eficiente las técnicas de cargue
  - **Equipos de apoyo:** En el área se requiere equipos de apoyo para mantener el piso de la pala en buenas condiciones para el cargue y para empujarle material a la pala cuando el banco tiene una altura subestandar.

- 7.2** Aplicar bases teóricas de la Ingeniería Industrial para calcular la productividad de la pala 6239 de la Mina El Descanso en la empresa Drummond LTD apoyándose en el Dispatch y Topografía.

## MEDIR

La información de la productividad de las Palas en BCM/HR se obtiene de la base de datos "Dispatch" - de Modular Mining -; la cual es un software que maneja todo el sistema productivo de la compañía. Este aplicativo emite reportes confiables y están asegurados de posibles manipulaciones.

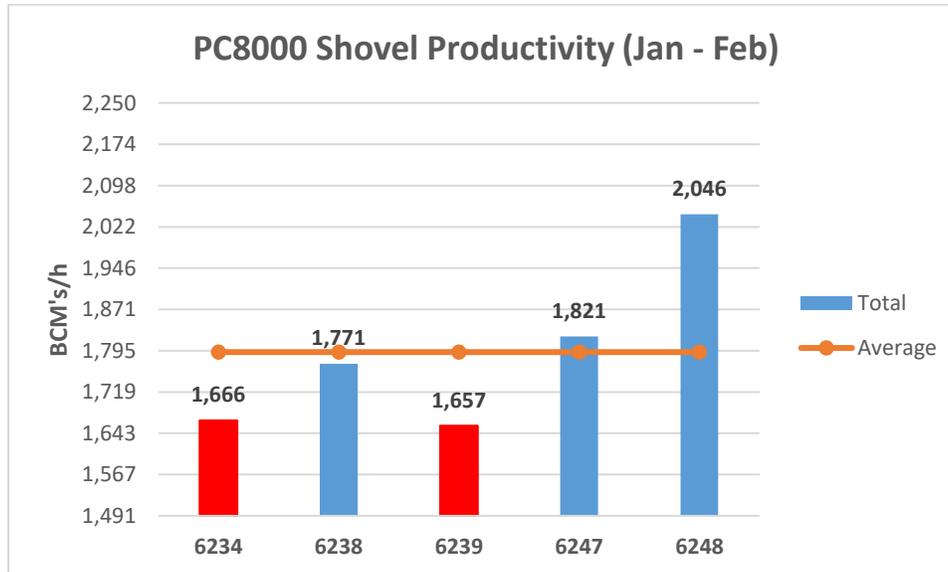


## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



En la siguiente tabla se muestra la productividad de las palas acumuladas de los meses de enero y febrero:

**Gráfico 5**



*Fuente: elaboración colectiva*

La línea naranja representa la productividad promedio de todas las palas. Las dos palas que tuvieron menor rendimiento respecto a ese promedio son las palas 34 y 39. Sin embargo, se descarta la pala 34 porque en el mes de enero estuvo trabajando un periodo en aluvial, y este material es menos denso. Por lo tanto, enfocaremos en análisis en las causas por la cual la pala 39 tuvo bajo rendimiento.

Se identificó una baja productividad (BCM's/Hr) en la Pala PC 8000 6239; lo cual genera una disminución en la productividad en los equipos de cargue de material estéril. Listado de variables potenciales:

- X<sub>1</sub>: Fragmentación del material
- X<sub>2</sub>: Estado Mecánico de la Pala
- X<sub>3</sub>: Técnicas de operación de la Pala
- X<sub>4</sub>: Banco del área de trabajo
- X<sub>5</sub>: Equipos de apoyo
- X<sub>6</sub>: Asignación de camiones
- X<sub>7</sub>: Espera por camiones



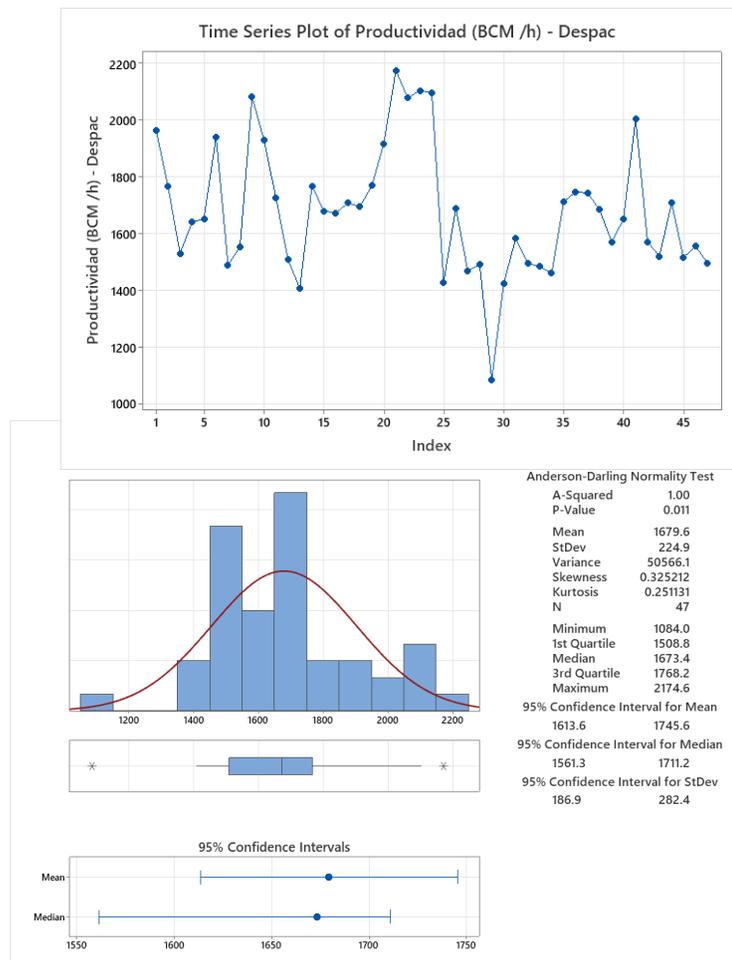
## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### ANALIZAR

Determinando las fuentes de variación se tiene que en la etapa de medir se identificaron las variables que influyen en la productividad de la pala. En la toma de datos no fue posible tener registros diarios de la condición mecánica de la pala, solo de las condiciones, altura de banco, fragmentación del material, equipos de apoyo y operador.

Se tomaron datos de las BCM's/Hr que hizo la pala durante el turno diurno, las condiciones del banco y material (Gráficos realizados con la herramienta estadística Statgraphics). A continuación, se realiza un análisis de la variable de respuesta:



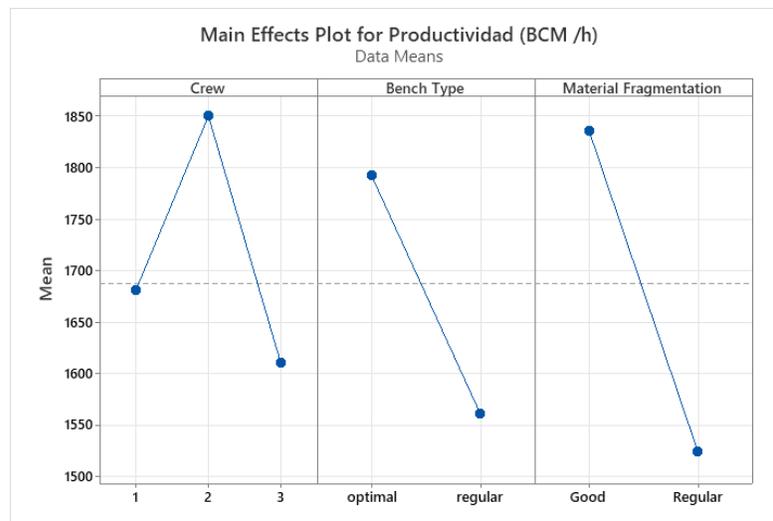


## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



La variable productividad no se distribuye normalmente. Se observa en el histograma unos picos por lo que al parecer es una gráfica multimodal.

Identificando las fuentes de variación se tiene que para el estudio de la productividad se tuvieron en cuenta 3 factores (el grupo, el banco y la fragmentación del material) con 3, 2 y 2 niveles respectivamente. A continuación, se hará un análisis de los factores:



De esta grafica de efecto se observa la incidencia que tiene la variable sobre los grupos, lo que va ligado principalmente a la técnica de cargue, ya que cada grupo tiene un mismo operador. También se puede notar que cuando el banco es óptimo y la fragmentación del material es buena, la productividad es mayor.

Para confirmar esta hipótesis se prueba si todas las medias son estadísticamente iguales o son diferentes a través de un análisis de varianzas:

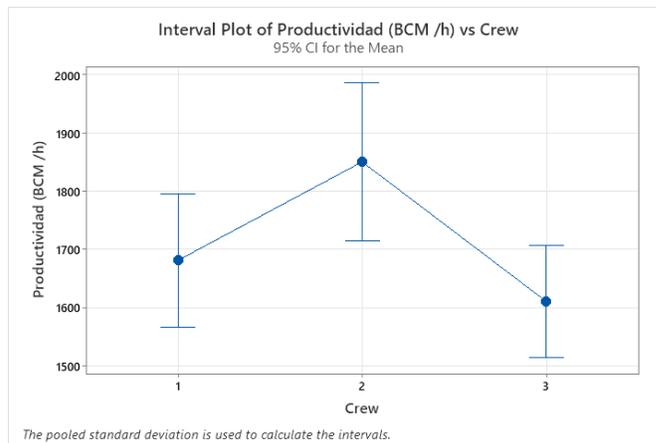
### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Crew	2	383468	191734	4.26	0.021
Error	41	1845491	45012		
Total	43	2228960			

Cómo P valor es menor a 0.05 se puede concluir que hay diferencias estadísticamente significativas para creer que el rendimiento por grupo es diferente.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



El grupo 2 es el de mayor rendimiento y el de menor rendimiento es el grupo 3.

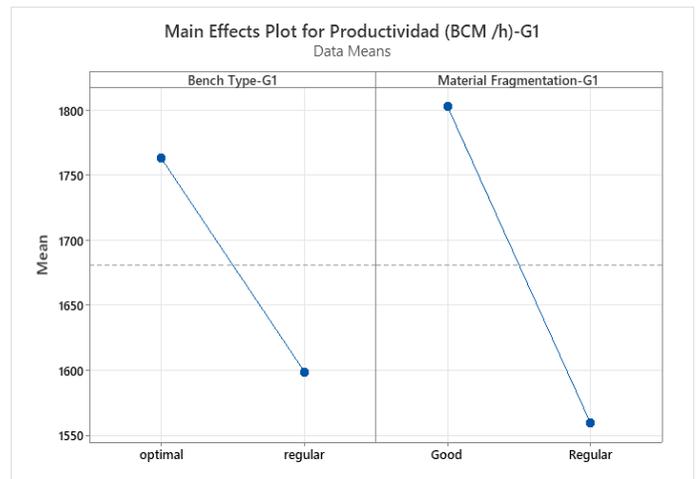
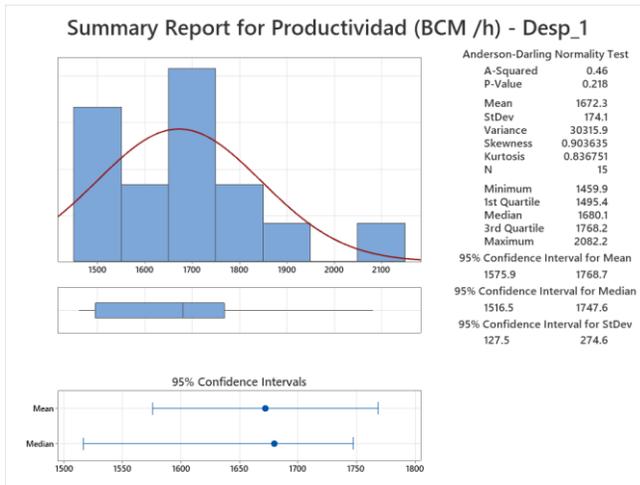


## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



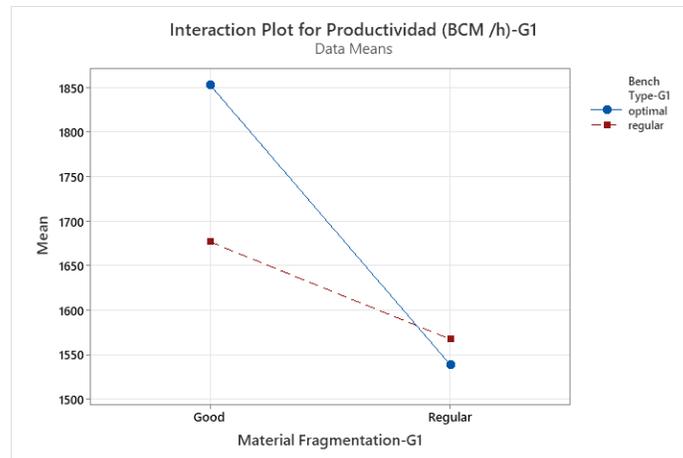
Para efectos de un mejor análisis, se va a dividir los datos para hacer un análisis por bloques, (grupo 1, 2 y 3):

### Grupo 1



En el grupo 1 la productividad se comporta según una distribución normal con media 1.672 BCM's/h y desviación estándar 174 BCM's/h.

La grafica de factores principales muestra que cuando el banco es óptimo y el material está bien fragmentado la productividad es mayor. Gráficamente, se observa que un cambio en la fragmentación impacta más que un cambio en el tamaño del banco.





## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Las gráficas se interceptan por lo que se puede concluir que hay interacción entre los factores, esto se debe tener en cuenta al realizar un modelo de regresión lineal.

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Bench Type-G1	1	15483	15483	0.99	0.344
Material Fragmentation-G1	1	127758	127758	8.15	0.017
Bench Type-G1*Material Fragmentation-G1	1	29893	29893	1.91	0.197
Error	10	156794	15679		
Total	13	408857			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
125.217	61.65%	50.15%	37.81%

El modelo solo explica el 50.15% de la variación de la productividad. La fragmentación y el banco no son significativos estadísticamente dado que el P valor es mayor a 0.1.

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Material Fragmentation-G1	1	206686	206686	12.27	0.004
Error	12	202171	16848		
Total	13	408857			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
129.798	50.55%	46.43%	32.70%

Solo la fragmentación explica el 50% de la variabilidad de la materia. Es decir, que se tienen que analizar los parámetros de perforación y cargue de agente explosivo para llegar a una mejor fragmentación, ya que esto impacta en el 50% de la variación de la productividad.



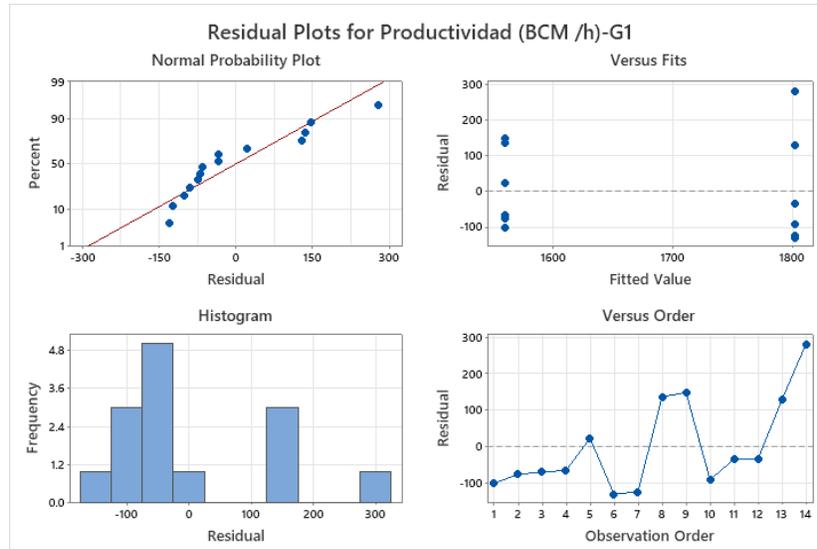
# Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



## Regression Equation

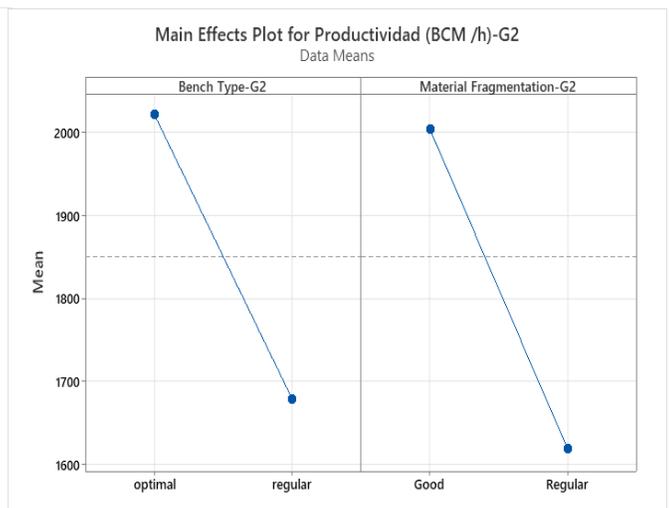
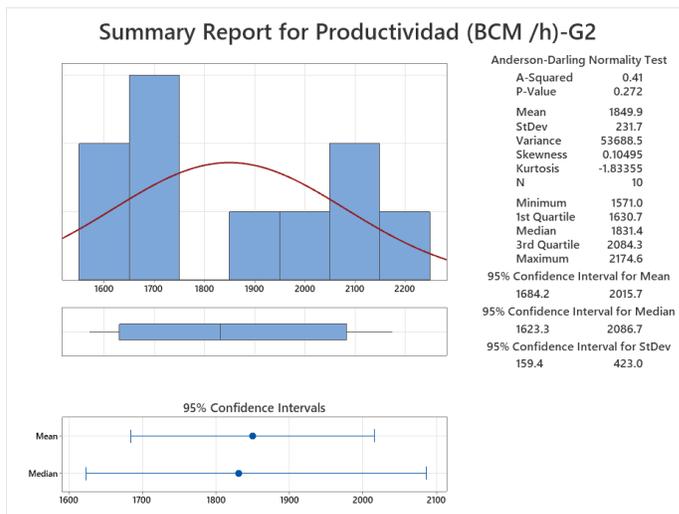
$$\text{Productividad (BCM /h)-G1} = 1802.4 + 0.0 \text{ Material Fragmentation-G1\_Good} - 243.0 \text{ Material Fragmentation-G1\_Regular}$$

Equation treats random terms as though they are fixed.



Los residuos cumplen con los supuestos de independencia y homocedasticidad, pero no cumplen con normalidad.

## Grupo 2

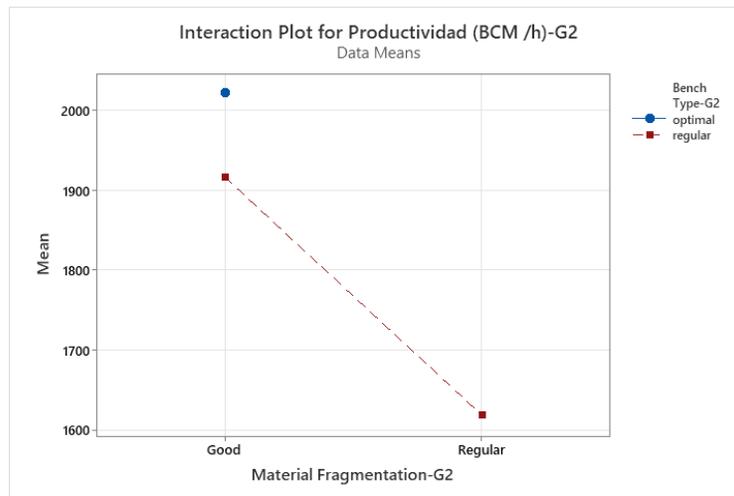




## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



La productividad en el grupo 2 se comporta de forma normal con media 1894 BCM's /h con desviación estándar 231 BCM's/h. Las gráficas de efectos principales muestran que cuando el banco es óptimo y cuando el material está bien fragmentado se obtiene mayor productividad.



La grafica no permite una comparación en las interacciones ya que no hay datos del banco óptico con una fragmentación regular.

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Bench Type-G2	1	9166	9166	0.54	0.487
Material Fragmentation-G2	1	70610	70610	4.15	0.081
Error	7	119241	17034		
Total	9	483197			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
130.516	75.32%	68.27%	*

Teniendo en cuenta el análisis de varianzas, el tipo de banco no es significativo ya que el P Valor es mayor a 0.1.

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Material Fragmentation-G2	1	354791	354791	22.10	0.002
Error	8	128406	16051		
Total	9	483197			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
126.692	73.43%	70.10%	61.04%

El modelo explica el 73.4% de la variabilidad de la productividad



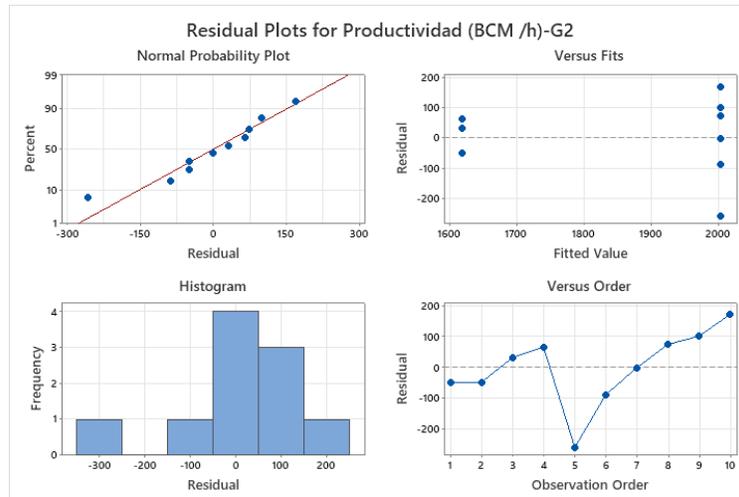
## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### Regression Equation

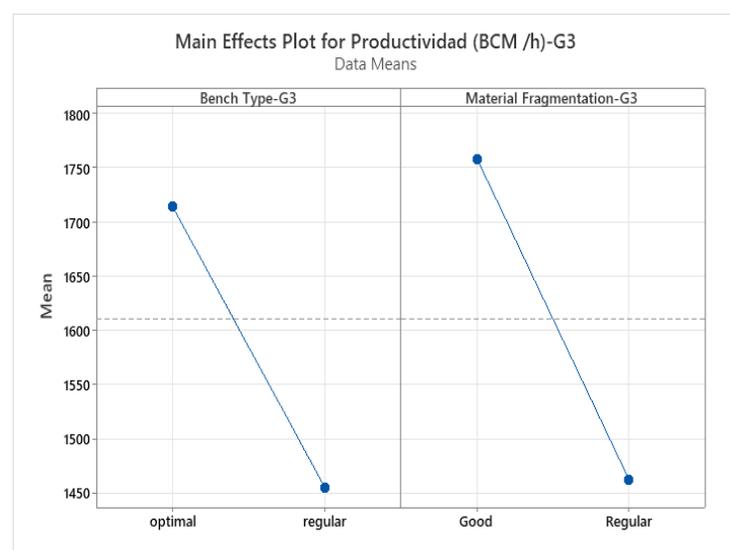
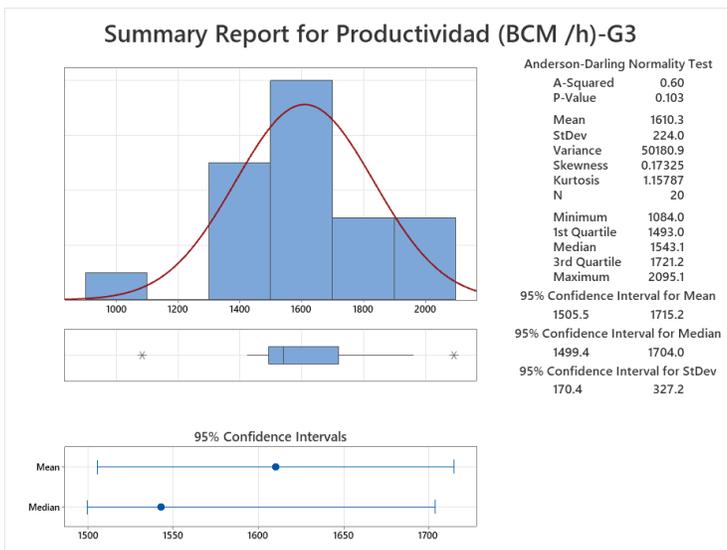
$$\text{Productividad (BCM /h)-G2} = 2003.7 + 0.0 \text{ Material Fragmentation-G2\_Good} - 384.5 \text{ Material Fragmentation-G2\_Regular}$$

Equation treats random terms as though they are fixed.



Gráficamente se pueden validar los supuestos de independencia, homocedasticidad y normalidad para los residuos.

### Grupo 3

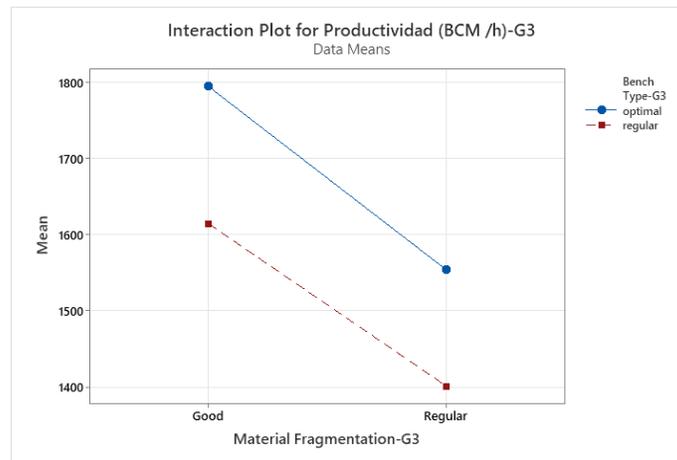




## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



La variable productividad se distribuye normalmente con media 1610 BCM's/h y desviación estándar 224 BCM's/h. Las gráficas de efectos principales muestran que cuando el banco es óptimo y cuando el material está bien fragmentado se obtiene mayor productividad.



Las gráficas evidencian que no hay interacciones entre los factores ya que son paralelas.

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Bench Type-G3	1	106431	106431	4.41	0.051
Material Fragmentation-G3	1	220701	220701	9.14	0.008
Error	17	410713	24160		
Lack-of-Fit	1	721	721	0.03	0.869
Pure Error	16	409992	25624		
Total	19	953437			

### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
155.433	56.92%	51.86%	42.94%

El modelo explica el 51.86% de la variabilidad de la productividad. Solo la fragmentación del material es significativa ya que el tipo de banco tiene un P valor mayor del 0.05.

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Material Fragmentation-G3	1	436294	436294	15.19	0.001
Error	18	517144	28730		
Total	19	953437			

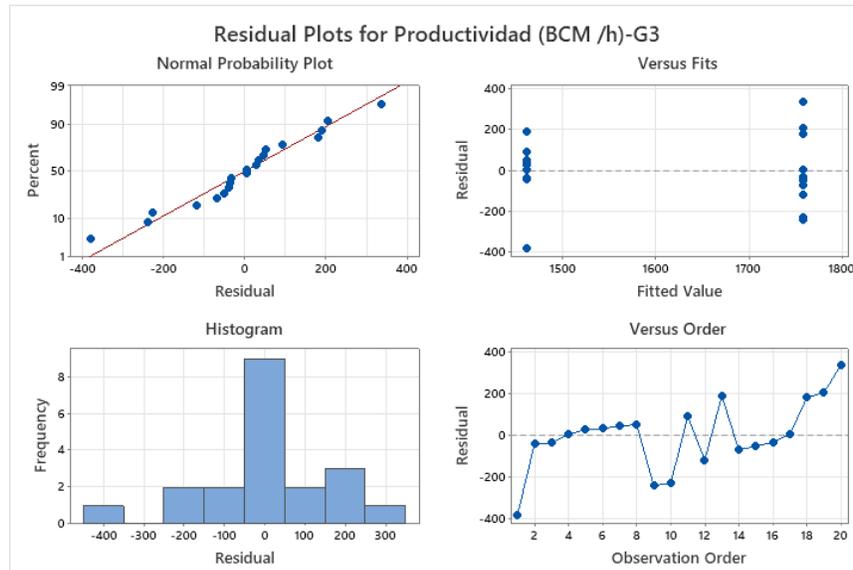
### Model Summary

S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
169.500	45.76%	42.75%	33.04%

El modelo explica el 45% de la variabilidad de la productividad.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Gráficamente se pueden validar los supuestos de independencia, homocedasticidad y normalidad de los residuos

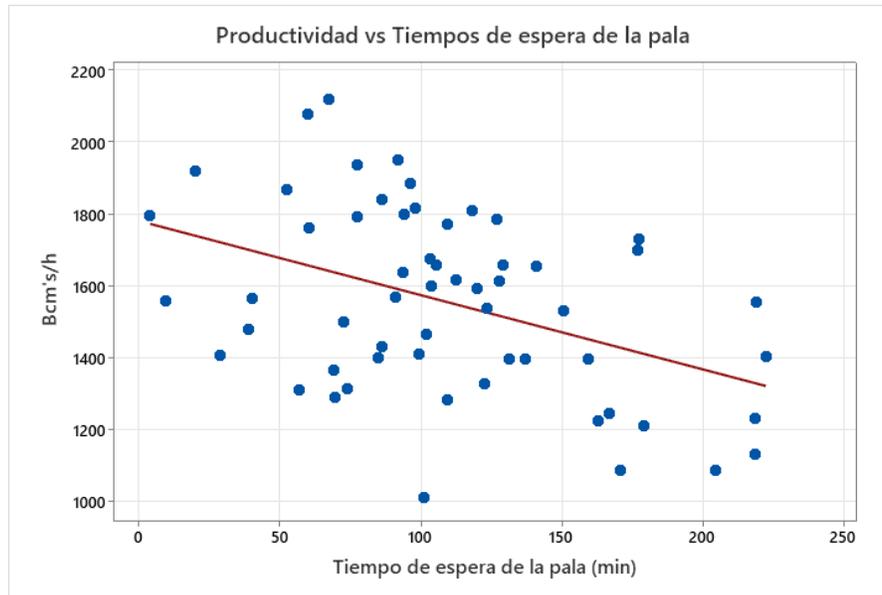
Para los tres grupos se pudo observar que la fragmentación del material explica en por lo menos el 45% de la variación de la productividad.

La productividad de la pala en el sistema Dispatch está calculada como el cociente de los BCM's cargados por la pala y las horas operativas. Éstas horas operativas incluyen los tiempos de espera de la pala por camión. El sistema despacho realiza asignaciones a las palas basado en un modelo de programación dinámico que tiene en cuenta las rutas, los tiempos de cargue de la pala y las prioridades. La compañía se mueve en función del carbón, por lo tanto, a veces ésta pala no tiene mucha prioridad y por condiciones geológicas de lluvia las condiciones de las palas no son las mejores, es por esto que se decidió analizar el tiempo de espera de la pala.

- **El tiempo de espera:** es el tiempo que la pala se encuentra ociosa porque no tiene camiones para ser cargados. Este tiempo depende de la prioridad que tenga la pala basada en sus condiciones y el carbón que está destapando.

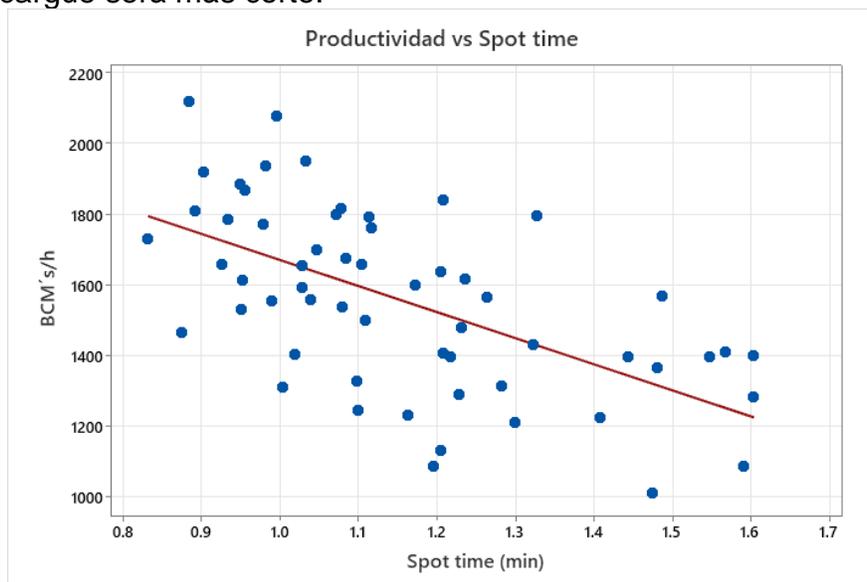


## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



De la gráfica anterior, se puede observar una tendencia que indica que, a mayor tiempo de espera, menor es la productividad.

- **Spot time:** es el tiempo que transcurre desde que el camión llega y se aculata hasta que la pala deja caer el primer balde de material estéril. En este tiempo interviene la experticia del operador y las condiciones del área. Ya que si el camión se aculata al 100% el rango de giro de la pala disminuye y el tiempo de carga será más corto.



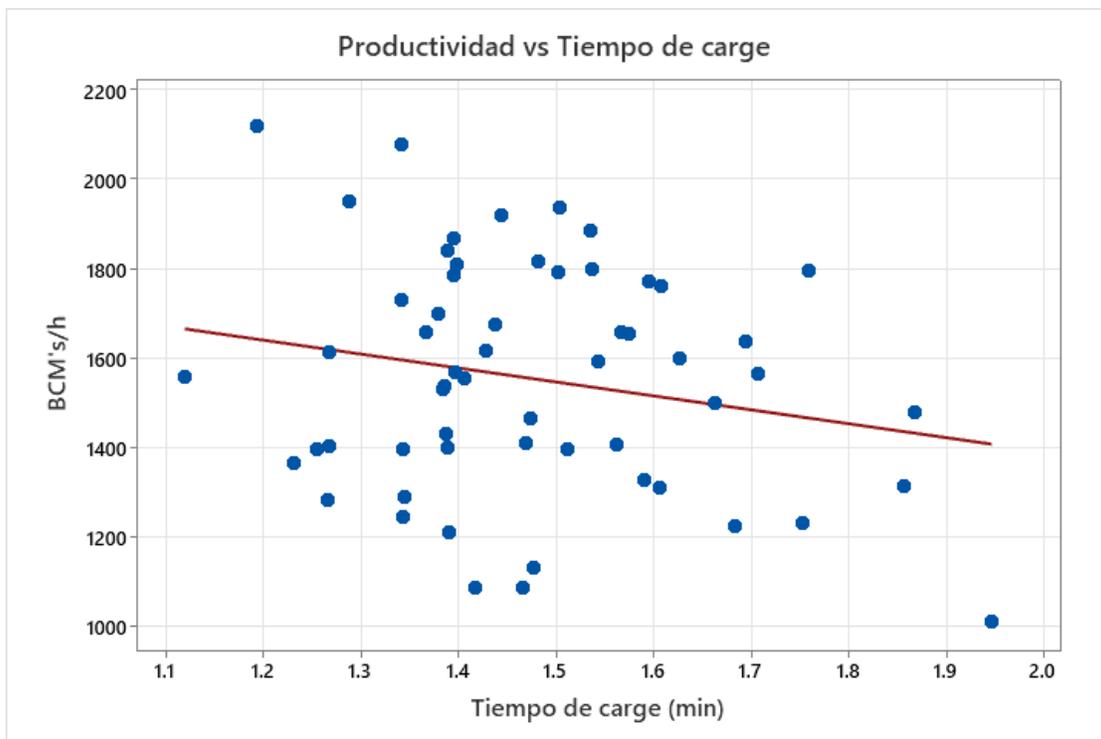


## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



De la gráfica anterior, se puede observar una tendencia que indica que, a mayor Spot time, menor es la productividad.

- **Tiempo de cargue:** es el tiempo que transcurre desde que la pala deja caer el primer balde de material estéril hasta que le deja caer el último y los despacha.



De la gráfica anterior, se puede observar una tendencia que indica que, a mayor tiempo cargue, menor es la productividad.

### Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	3	2109227	703076	23.18	0.000
Espera de la pala (min)	1	740124	740124	24.40	0.000
Spot time (min)	1	1139433	1139433	37.56	0.000
Tiempo de cargue (min)	1	132645	132645	4.37	0.041
Error	54	1637974	30333		
Total	57	3747201			

### Model Summary

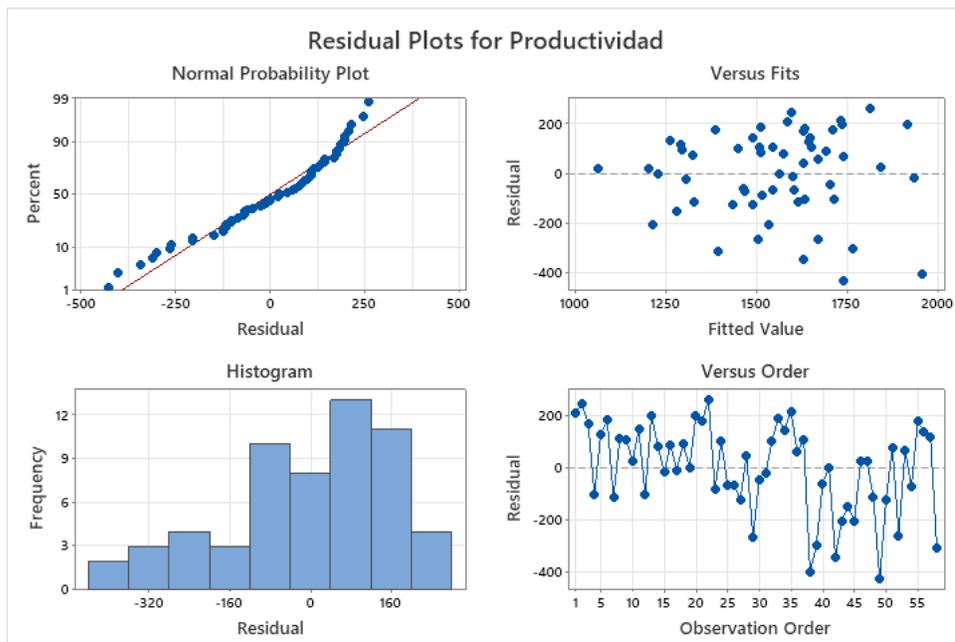
S	R-sq	R-sq(adj)	R-sq(pred)
174.163	56.29%	53.86%	48.96%



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



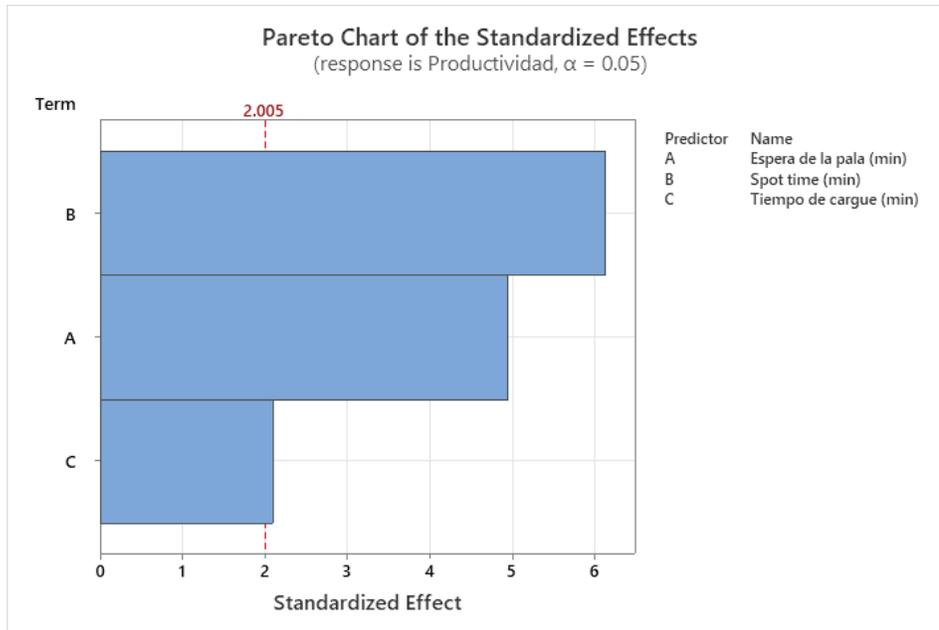
Como P valor para cada uno de los términos es menor a 0.05, se concluye que las variables son significativas. Y que explican el 53.86% de la variabilidad de productividad.



Gráficamente se pueden validar los supuestos de independencia, homocedasticidad y normalidad de los residuos



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Basados en el diagrama de Pareto se puede concluir que de las tres variables el que tiene mayor impacto en la productividad es el spot time, luego el tiempo de espera de la pala y finalmente el tiempo de cargue.

### Variables significativas

- **Operadores/grupos:** Las técnicas que utilizan los operadores es distinta porque se muestran diferencias significativas entre los grupos. Mediante entrenamientos personalizados en simulador y en campo de todos los operadores de la Pala se debe estandarizar los procesos de cargue en aras de mejorar la productividad de la misma. De igual manera, se requiere estandarizar algunos procesos de producción para el flujo de la información sea eficaz en el día a día de la operación.
- **Fragmentación del material:** Para la empresa es rentable trabajar con una ratio de 0.98 y 3/lb para la fragmentación del material, es decir, volar o fragmentar 0.98 y 3 de material estéril por cada libra de mezcla explosiva. En estos momentos, no nos enfocaremos en esta variable debido a que por problemas presupuestales no es rentable para la empresa ahondar en el tema.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



- **Condición mecánica:** El tiempo de cargue está directamente relacionada a los tiempos de ciclos de la pala. Por experiencia, los operadores reportan que la pala está lenta, por lo que también es necesario hacer una gestión en el plan de mantenimiento para asegurar que los tiempos de ciclos de la pala están dentro de los límites de especificación.
- **Tiempos de espera de la pala:** Los tiempos de espera de la pala depende de varios factores:
  - La disponibilidad de camiones
  - La prioridad que tenga el manto de carbón que está destapando la pala
  - Las condiciones mecánicas y del área de la pala

Basados en esas condiciones despacho asignará camiones a la pala y basado en el flujo de camiones, la pala tendrá mayor o menor productividad

- **Spot time:** Este es un tiempo compartido donde interactúan los equipos de apoyo, el entrenamiento de los operadores de camión y de la pala.
- **Tiempo de cargue:** Este tiempo depende de las condiciones del área, entrenamiento del operador de la pala y del camión.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



**7.3** Proponer estrategias claves que permitan el incremento de la productividad en la pala 6239 de la Mina El Descanso de Drummond LTD tomando como referencia modelos y teorías de la ingeniería de métodos y del trabajo.

### MEJORAR

#### Entrenamiento en campo

#### Grupo 1

Operador titular: Roberto Pachón

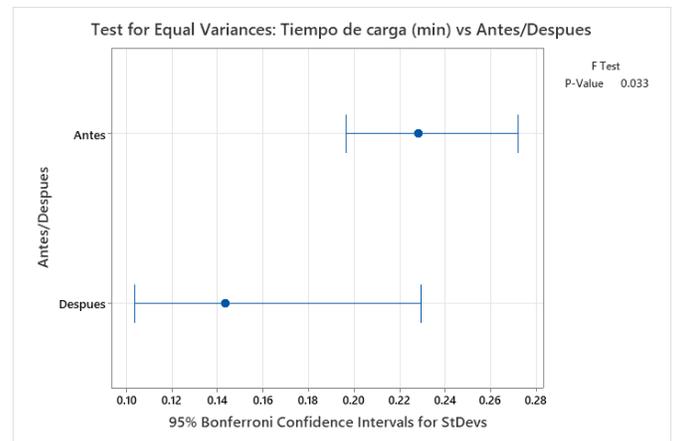
#### Method

Null hypothesis            All variances are equal  
Alternative hypothesis    At least one variance is different  
Significance level         $\alpha = 0.05$

*F method is used. This method is accurate for normal data only.*

#### Tests

Method	Test	
	Statistic	P-Value
F	2.52	0.033



Como P valor es menos a 0.05 se rechaza la hipótesis nula, es decir las varianzas para el tiempo de cargue no son iguales.

#### Method

Test mean = mean of Despues  
Reference mean = mean of Antes  
Equal variances were not assumed for the analysis.

#### Descriptive Statistics

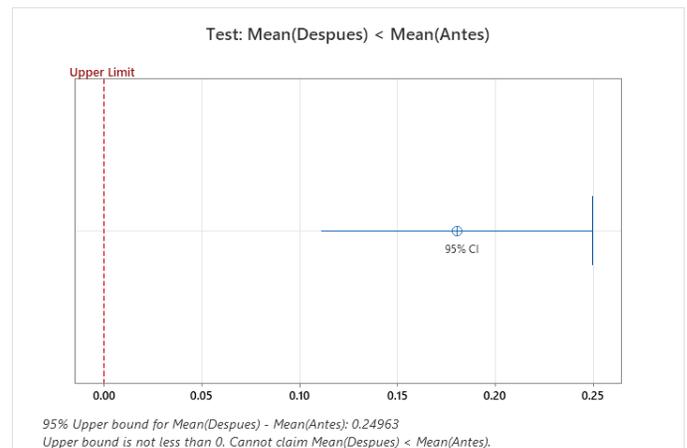
Antes/Despues	N	Mean	StDev	SE Mean
Despues	18	1.7222	0.14371	0.033874
Antes	98	1.5418	0.22836	0.023068

#### Test

Null hypothesis:            Mean(Despues) - Mean(Antes)  $\geq 0$   
Alternative hypothesis:    Mean(Despues) - Mean(Antes)  $< 0$   
 $\alpha$  level:                    0.05

DF	T-Value	P-Value
35	4.4015	1.000

*P-Value > 0.05. Cannot claim Mean(Despues) < Mean(Antes).*





## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Como P valor es mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula, es que decir que la media del tiempo de cargue es mayor o igual a la de antes. Por lo tanto, no ha habido mejora en este grupo.

Se realizo es test para comprobar que cumpliera con la meta de 1.5

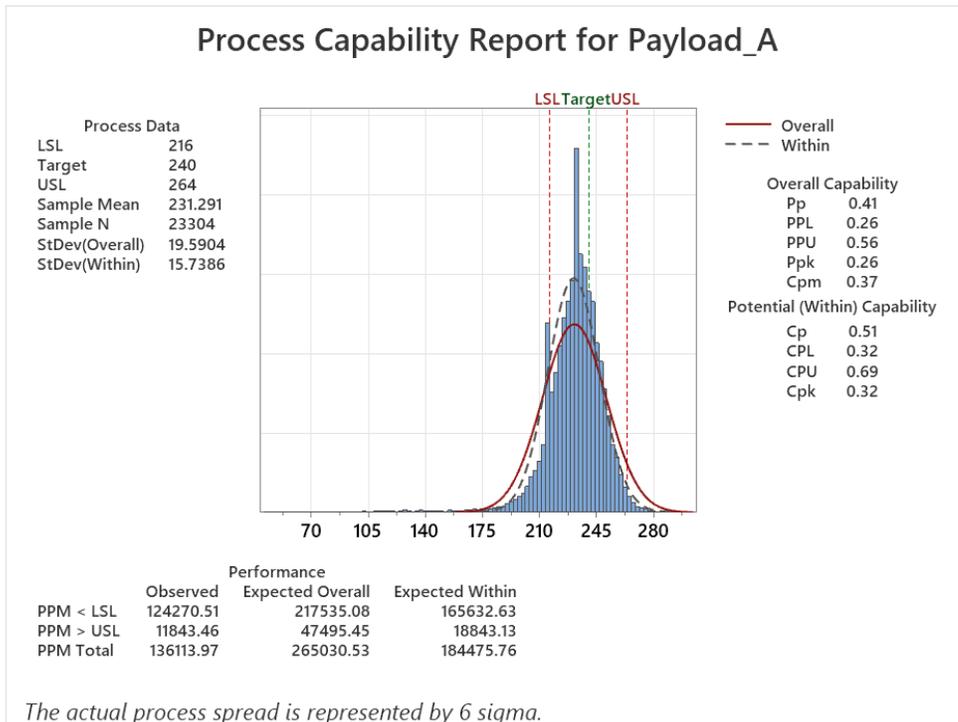
### Test

Null hypothesis: Mean(Tiempo de carga (min)\_D) - Target  $\geq$  0  
 Alternative hypothesis: Mean(Tiempo de carga (min)\_D) - Target  $<$  0  
 $\alpha$  level: 0.05

DF	T-Value	P-Value
17	6.5603	1.000

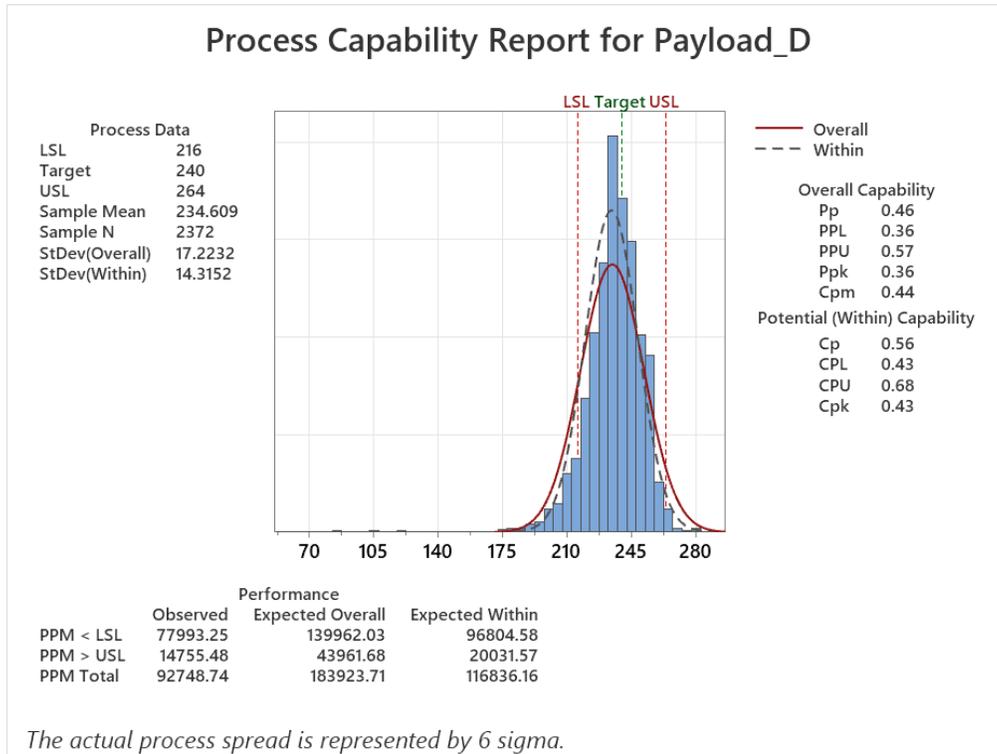
*P-Value > 0.05. Cannot claim Mean(Tiempo de carga (min)\_D) < Target.*

Como P valor es mayor a 0.05, no rechazo la hipótesis nula, por lo tanto, hay que enfocar esfuerzos y analizar el por qué el operador carga lento los camiones.





## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Hubo una mejora en la capacidad, debido a que el Cpk aumento a 0.43 después de los entrenamientos.

### Grupo 2

Operador titular: Hever Varón

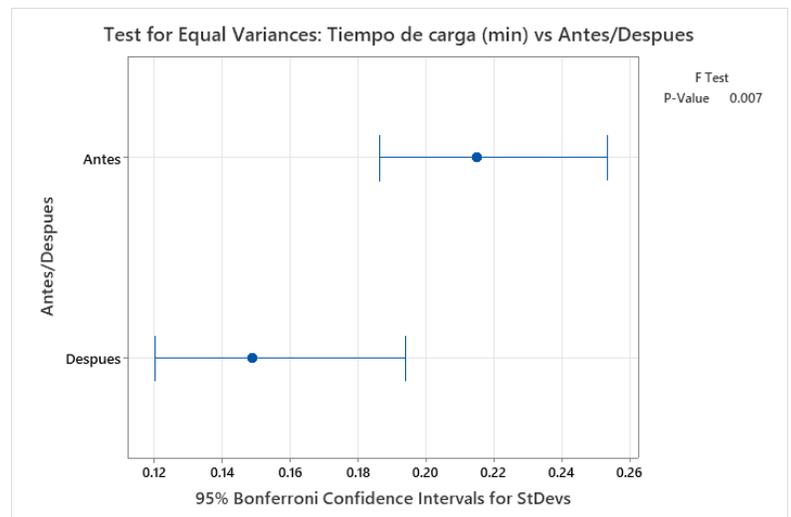
#### Method

Null hypothesis      All variances are equal  
 Alternative hypothesis    At least one variance is different  
 Significance level       $\alpha = 0.05$

*F method is used. This method is accurate for normal data only.*

#### Tests

Test		
Method	Statistic	P-Value
F	2.08	0.007





## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Como P valor es menos a 0.05, rechazo la hipótesis nula, es decir las varianzas son diferentes

### Method

Test mean = mean of Despues  
Reference mean = mean of Antes  
Equal variances were not assumed for the analysis.

### Descriptive Statistics

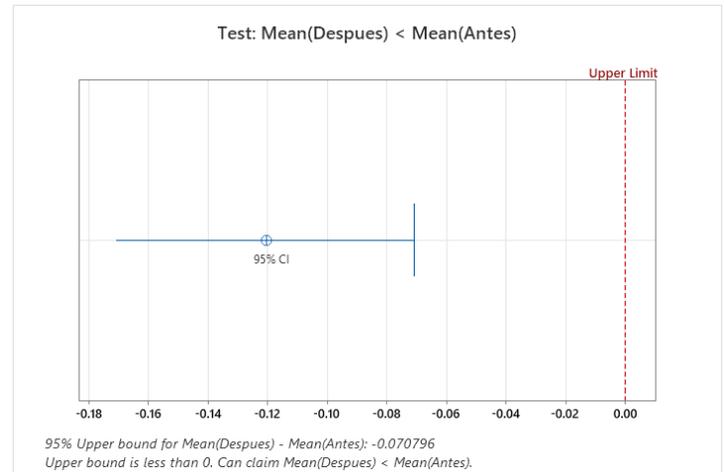
Antes/Despues	N	Mean	StDev	SE Mean
Despues	46	1.3087	0.14881	0.021941
Antes	109	1.4294	0.21487	0.020580

### Test

Null hypothesis: Mean(Despues) - Mean(Antes)  $\geq$  0  
Alternative hypothesis: Mean(Despues) - Mean(Antes)  $<$  0  
 $\alpha$  level: 0.05

DF	T-Value	P-Value
120	-4.0110	0.000

P-Value  $\leq$  0.05. Can claim Mean(Despues)  $<$  Mean(Antes).



Como P valor, es menor a 0.05, se rechaza la hipótesis nula, es decir hubo una disminución en el tiempo de cargue luego del entrenamiento.

Se realizo es test para comprobar que cumpliera con la meta de 1.5

### Test

Null hypothesis: Mean(Tiempo de carga (min)\_D) - Target  $\geq$  0  
Alternative hypothesis: Mean(Tiempo de carga (min)\_D) - Target  $<$  0  
 $\alpha$  level: 0.05

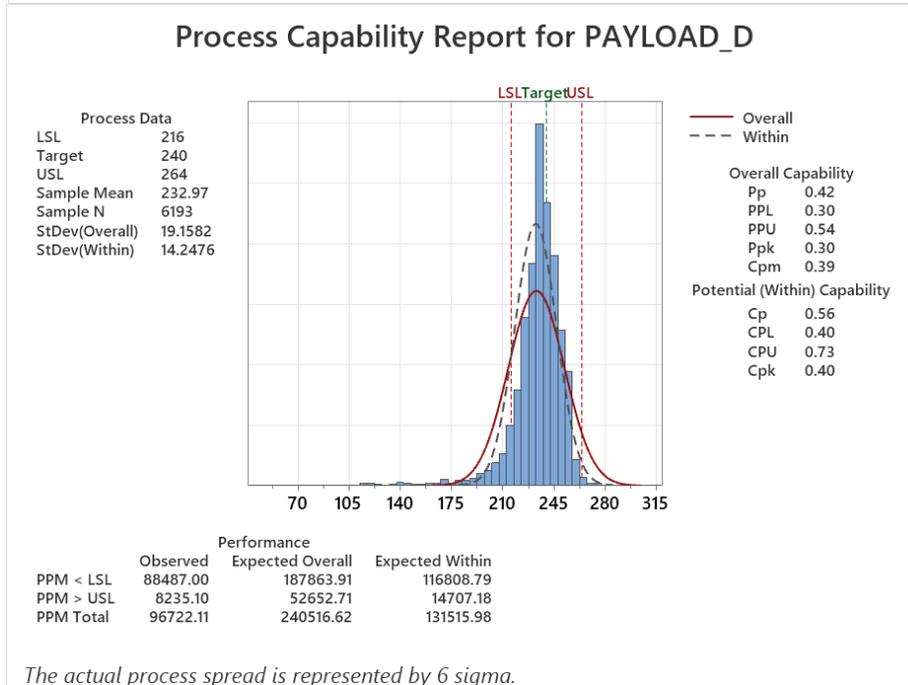
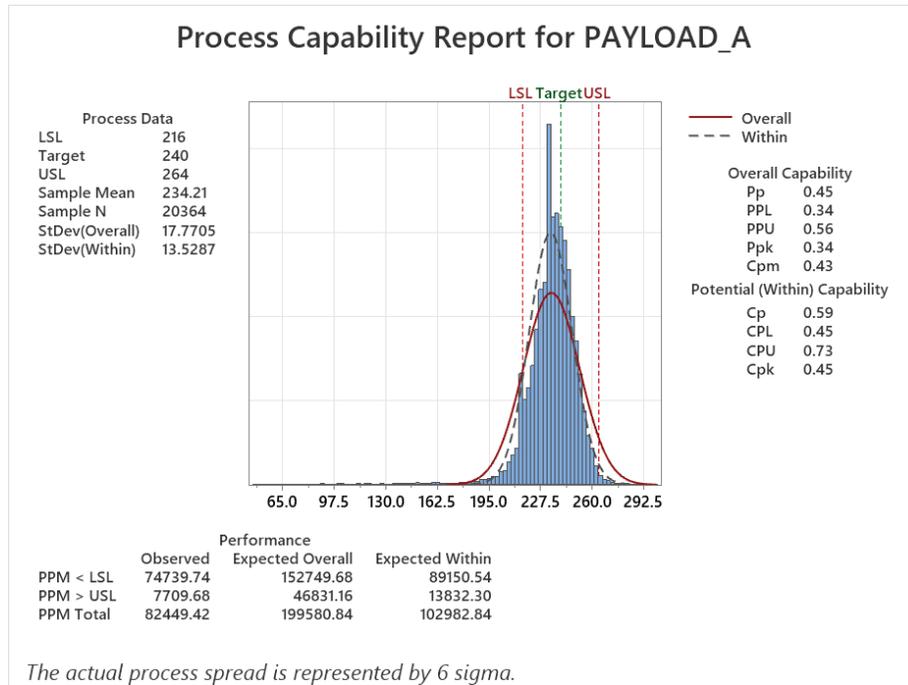
DF	T-Value	P-Value
45	-8.7190	0.000

P-Value  $\leq$  0.05. Can claim Mean(Tiempo de carga (min)\_D)  $<$  Target.

Como Valor P es menor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se puede concluir que el tiempo promedio de cargue es menor a la meta.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



De las graficas se puede observar, que hubo una disminución en la capacidad del proceso ya que pasó de un Cpk de 0.45 a un Cpk de 0.4



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### Grupo 3

Operador titular: Jose Royero

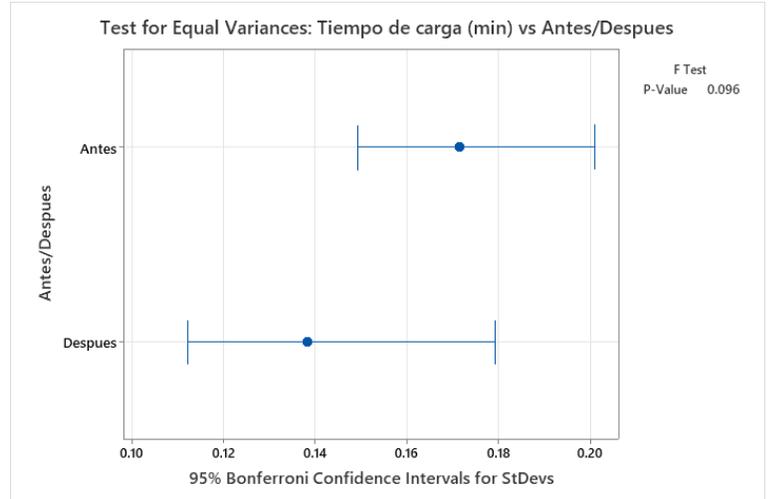
#### Method

Null hypothesis            All variances are equal  
 Alternative hypothesis    At least one variance is different  
 Significance level         $\alpha = 0.05$

*F method is used. This method is accurate for normal data only.*

#### Tests

Test		
Method	Statistic	P-Value
F	1.54	0.096



Como P valor es mayor a 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, por lo tanto, se concluye que las varianzas son iguales

#### Method

Test mean = mean of Despues  
 Reference mean = mean of Antes  
 Equal variances were assumed for the analysis.

#### Descriptive Statistics

Antes/Despues	N	Mean	StDev	SE Mean
Despues	48	1.4437	0.13824	0.019953
Antes	116	1.4345	0.17149	0.015923

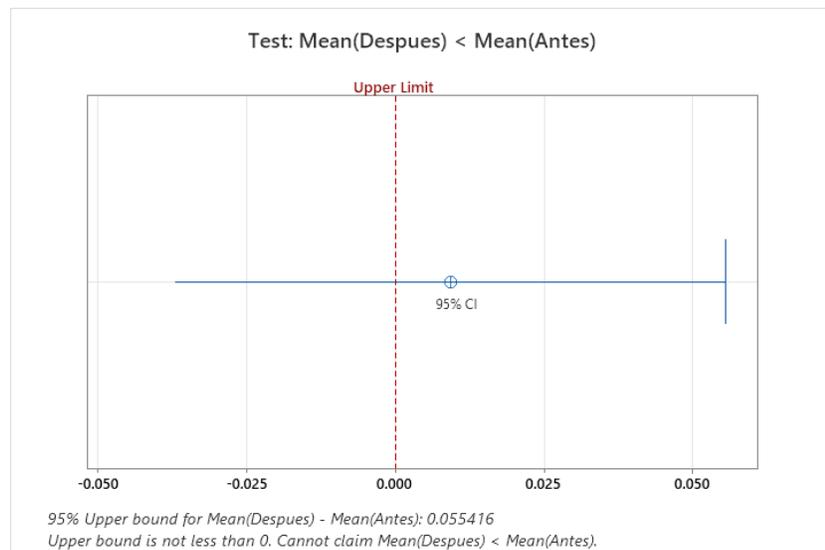
*Pooled StDev = 0.16255*

#### Test

Null hypothesis:             $\text{Mean(Despues)} - \text{Mean(Antes)} \geq 0$   
 Alternative hypothesis:     $\text{Mean(Despues)} - \text{Mean(Antes)} < 0$   
 $\alpha$  level:                    0.05

DF	T-Value	P-Value
162	0.33220	0.630

*P-Value > 0.05. Cannot claim Mean(Despues) < Mean(Antes).*





## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Como valor P, es mayor a 0.05 no se rechaza la hipótesis nula por lo tanto no se puede asegurar que hubo una disminución en el tiempo de cargue luego del entrenamiento.

### Test

Null hypothesis: Mean(Tiempo de carga (min)\_Despues) - Target  $\geq$  0

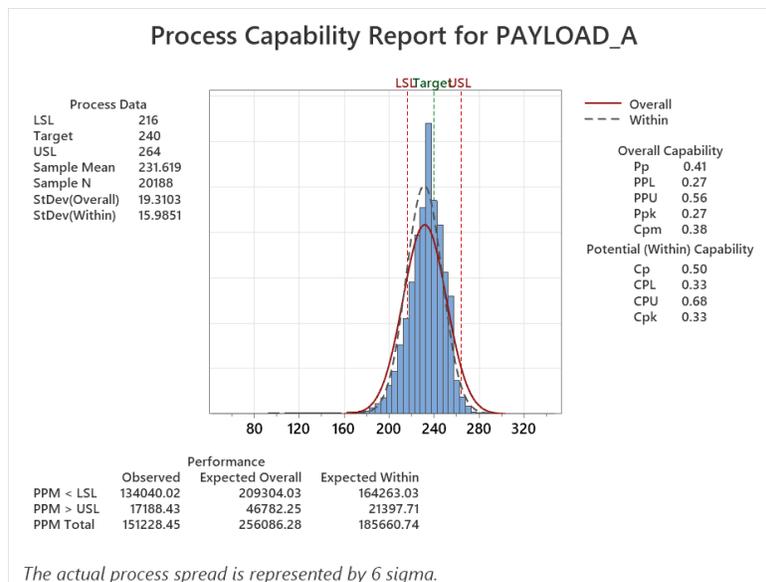
Alternative hypothesis: Mean(Tiempo de carga (min)\_Despues) - Target  $<$  0

$\alpha$  level: 0.05

DF	T-Value	P-Value
47	-2.8192	0.004

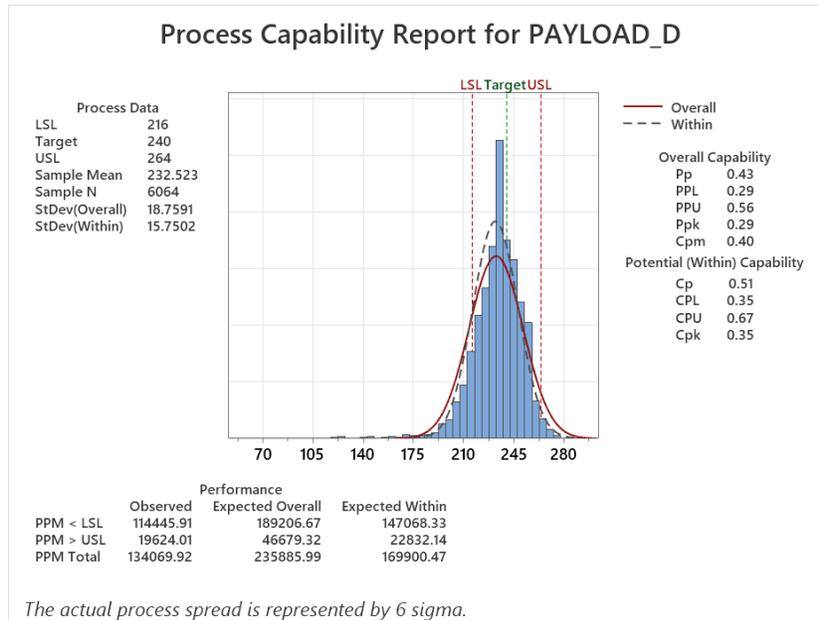
*P-Value  $\leq$  0.05. Can claim Mean(Tiempo de carga (min)\_Despues)  $<$  Target.*

Sin embargo, podemos asegurar que ese tiempo promedio si es menor al target.





## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Según las gráficas podemos asegurar que hubo un aumento en la capacidad ya que el Cpk ahora es 0.35

- 7.4 Documentar las estrategias diseñadas con el fin de promover su ejecución y aprovechamiento de la misma dentro de la Mina El Descanso de Drummond LTD.

### CONTROLAR

Para aumenta y mantener el rendimiento de la pala se debe ejercer estos controles por parte de la supervisión:



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Tabla 2.

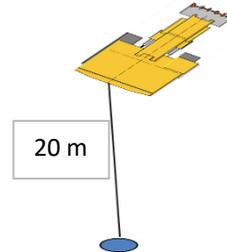
<b>Condiciones óptimas para la operación</b>	
<p>El ángulo de giro de la pala para excavar con referencia al camión debe ser menor a 90°.</p>	
<p>Reducir las colas de materiales para no incrementar los ciclos de cargue de la pala, de esto se encarga el equipo de apoyo o el mismo operador de la pala.</p>	
<p>las cadenas de la pala deben estar situadas a un metro del material.</p>	
<p>Tratar de eliminar las esquinas siempre cuando sea posible.</p>	



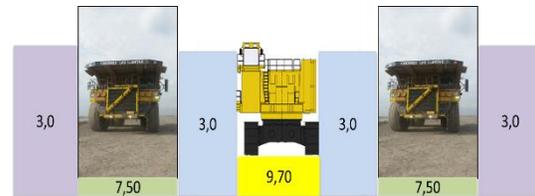
## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



La distancia máxima que debe haber entre la contrapesa de la pala y la llanta es de 20 metros.



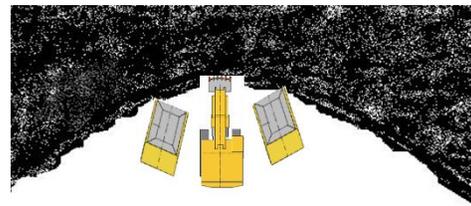
En las dimensiones de corte tenemos que los camiones deben estar posicionados a 3 metros de la pala pc 8000. El ancho mínimo de corte para el cargue doble debe ser 36.7 metros y el medio de corte para moverse entre esquinas debe ser de 18.35 metros.



El cote de la pala debería ser de al menos 8m. Además, se debe mantener una cara de excavación recta para que sea mucho más fácil mantener el piso limpio. Esto ayuda a la buena posición de los camiones y reducción del spot time.



Cuando la pala avanza hasta la cara del corte, el radio de giro aumenta, ocasionando tiempos de cargue más largos. Este tipo de cara o corte también genera una ubicación pobre del camión y más daño de las llantas.

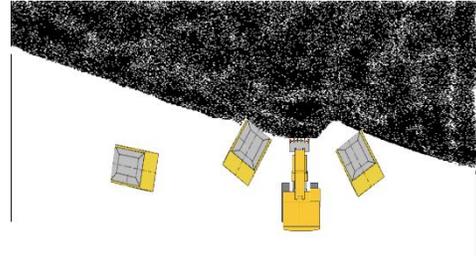




## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



Cuando se hace una excavación de esta manera, el ángulo de giro disminuye, el acceso de los camiones mejora, hay menos uso de equipos de apoyo y es más seguro maniobrar alrededor del cable de energía.



Para que la potencia sea efectiva, el voltaje de la pala con los dos motores encendidos debe estar por encima de los 6.500 V. las presiones a las que deben trabajar en condiciones normales los dos motores de las palas pc 8000 deben ser de 34 Bares.





**Informe de Prácticas Profesionales como  
Opción de Grado**



**8. CRONOGRAMA:**

Diagrama de Gantt

FASES	ACTIVIDAD	MESES																				
		1			2			3			4			5			6					
FASE I	Fase preliminar.																					
	Selección y solicitud de aprobación del tema del proyecto.																					
FASE II	Planificación del desarrollo.																					
	Recolección de información sobre el tema del proyecto.																					
	Análisis de información.																					
FASE III	Inicio del desarrollo.																					
	Análisis e interpretación de datos.																					
	Redacción y revisión de datos.																					
FASE IV	Revisión de correcciones según concepto del tutor.																					
	Informe final.																					



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### 9. PRESUPUESTO:

Este proyecto por ser virtual, no requirió de presupuesto, por lo cual, se tomó la cantidad de horas y el valor de cada una de ellas que el practicante se demoró en la realización del mismo.

<b>Nombre practicante</b>	<b>Luis Eduardo Rodríguez Berbén</b>
<b>Salario mensual (SM)</b>	<b>\$2,015,000</b>
<b>Días laborales (DL)</b>	<b>30 días</b>
<b>Jornada laboral (JL)</b>	<b>12 horas</b>
<b>Horas implementadas (HI)</b>	<b>420 horas</b>
<b>Costo de la empresa (CE)</b>	<b>\$2,350,833</b>

$$CE = ((SM/DL) / JL) * HI$$



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### 10. CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Inmerso en la realización de este proyecto, se logró potenciar varias capacidades, tales como: la resiliencia, trabajo en equipo, esfuerzo, disciplina y administración del tiempo, debido a que se interiorizó en cada uno de ellos y aunque había funciones que cumplir dentro de la empresa, se le dedicaba el tiempo para ir adelantando de a poco y así cumplir con el objetivo. Se logró aprender de forma aplicada lo visto en la universidad en las diferentes materias, además, aunque la empresa tiene muchas áreas, se logró adquirir de la mejor forma el conocimiento de los procesos que se manejan en cada uno de ellas, muchas, por no decir todas, eran nuevas para mí, dando como resultado una satisfacción y siendo un envi6n anímico importante para querer seguir aprendiendo día a día y saber que el mundo laboral está lleno de conocimiento.

En el proceso de investigación en cuanto al diagnóstico inicial se logró identificar lo importante que son las técnicas de operación, lo que permitió definir qué ejecutándolas de manera correcta se reducen los tiempos muertos y se mantiene un constante crecimiento en aras de la productividad. Para esto, se trabajó con herramientas six sigma como el análisis de varianza y la capacidad, lo que le permitió al desarrollo del estudio conocer a fondo diferentes reportes que maneja la empresa y que son útiles para la toma de decisiones a corto plazo. Los resultados obtenidos son satisfactorios para establecer varios controles al proceso, pero lo más importante es estandarizar algunos procesos con el fin de que la gerencia pueda tomar decisiones en tiempo real en aras de la mejora de la productividad de las palas.

Por último, el apoyo de la empresa en el desarrollo de este proyecto de grado fue fundamental debido a que hubo una constante colaboración en el proceso de obtención de la información teniendo en cuenta que se venía trabajando con el proyecto de “Mejoramiento de la productividad de la pala 6239 en mina El Descanso”. Fue realmente importante involucrar a gran parte de los niveles de la organización dentro del desarrollo del proyecto. Sin el compromiso de cada persona que aportó información no habría sido posible la culminación del mismo. Pilares claves que maneja la organización como la seguridad, el empoderamiento, la actitud, la comunicación, el trabajo en equipo y el esfuerzo en cada una de las actividades resultaron decisivas en las etapas diferentes etapas del proyecto.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### Pasos a seguir

- Realizar mayor seguimiento al operador del grupo 1, Roberto Pachón, para mejorar disminuir sus tiempos de cargue y seguir buscando la meta de productividad.
- Realizar entrenamientos a los operadores de la pala, camiones y a los equipos de apoyo para reducir el spot time.
- Realizar entrenamiento a los supervisores para que constantemente garanticen las condiciones de operación con el fin de que las palas sean más productivas.
- Evaluar la posibilidad de monitorear los tiempos y ángulos de giro de la pala; y la masa de que carga en el balde a través de un desarrollo tecnológico. Esto ayudaría a evitar sobre esfuerzos en el equipo.
- Realizar mantenimientos a la pala en intervalos de 2-3 meses para mejorar condición mecánica y llevar un registro del avance de esta.

Le doy las gracias a todas las personas involucradas (Sin importar el orden jerárquico, desde las personas del aseo hasta el más alto rango) que de una u otra manera colaboraron no solo en la realización de este proyecto, sino también en el desarrollo mis prácticas en esta gran empresa.

Agradecimiento a todo el departamento/equipo de Ingeniería de Producción, en especial para **Carlos Javier Cardona Villa** que estuvo constantemente transmitiendo sus conocimientos de excelente forma y siempre fue un apoyo en esta etapa en lo concerniente en el cumplimiento de mis funciones, también, a **Alfonso Hernando Vidal Baute** que desde el primer momento me brindó toda su experiencia en el trabajo en mina y que fue un apoyo para que esta etapa transcurriera y culminara de la mejor forma; ambos, dos grandes personas. Por otra parte, a **Jose Luis Lobo Diaz** debido a que me acompañó durante este tiempo en la realización del mismo, dando opiniones y proponiendo mejoras a los adelantos del documento.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### 11. BIBLIOGRAFÍA

*Drummond LTD.* (5 de Febrero de 2022). Obtenido de <https://www.drummondltd.com/>

(2021). *MEJORAMIENTO DE LA PRODUCTIVIDAD DE LA PALA 6239 MINA EL DESCANSO.* MINA DRUMMOND.



## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado



### ANEXOS

N°	Relación de Anexos
1	Dos (2) fotos del practicante en sus funciones.
2	
3	





## Informe de Prácticas Profesionales como Opción de Grado

