

**CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DE METODOLOGÍAS DE CONTROL AL PROCESO  
DE ACARREO DE ESTÉRIL EN LA EMPRESA CARBONES DEL CERREJÓN**

**FEDERICO ERNESTO RINCÓN PRADA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2013**

**CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DE METODOLOGÍAS DE CONTROL AL PROCESO  
DE ACARREO DE ESTÉRIL EN LA EMPRESA CARBONES DEL CERREJÓN**

**FEDERICO ERNESTO RINCÓN PRADA**

**Proyecto presentado como requisito para optar al título de:  
INGENIERO INDUSTRIAL**

**Director:  
OLGA LUCÍA MANTILLA CELIS  
Ingeniera Industrial y Msc. en Ingeniería Industrial**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS  
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES  
BUCARAMANGA  
2013**

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres Luis Ernesto Rincón y Leonor Prada Arciniégas por su compromiso y acompañamiento constantes en todo el proceso de aprendizaje durante estos seis años de estudios de pregrado.

A la empresa CARBONES DEL CERREJÓN por brindarme la posibilidad de realizar de las prácticas profesionales que dieron como resultado el proyecto de grado descrito en el presente documento. De igual forma a mi tutor y amigo Pedro Julián Pinto Ramírez por su colaboración y liderazgo como tutor delegado.

A la profesora Olga Lucía Mantilla Celis por su diligencia, paciencia y compromiso firme durante la dirección de todo el proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander y su planta docente quienes fueron acompañantes activos durante todo el proceso de pregrado, formando las bases fundamentales que hicieron posible este logro.

## DEDICATORIA

*Nuevamente a mis padres y hermana por su colaboración constante en todo momento.*

*A Dios por guiar siempre mi camino por el mejor sendero profesional  
y presentarme infinidad de oportunidades clave en todo momento.*

*A mis amigos, compañeros, allegados y todas aquellas  
personas que de una u otra forma hicieron parte de este proceso.*

*A Julián Angulo, Edwin Angarita, Andrea Argüello,  
Juliana Niño y Carolina Peláez, quienes realizaron aportes muy significativos,  
tanto en la realización de este proyecto,  
como durante el transcurso de estos seis años de carrera profesional.*

*A todos, Muchas gracias.*

**Federico Ernesto Rincón Prada**

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	16
TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS .....	18
JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO .....	19
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	21
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	21
1.1.1. Diagnóstico de la situación .....	22
1.1.2. Definición del problema .....	33
1.2. OBJETIVOS .....	34
1.2.1. Objetivo General: .....	34
1.2.2. Objetivos Específicos: .....	34
1.3. ALCANCE .....	35
1.4. METODOLOGÍA DE TRABAJO.....	36
1.4.1. Fase 1. Recopilación y análisis de fuentes teóricas.....	36
1.4.2. Fase 2. Recolección de información.....	36
1.4.3. Fase 3. Investigación.....	36
1.4.4. Fase 4. Organización de consultas de producción. ....	37
1.4.5. Fase 5. Caracterización del proceso de acarreo de estéril. ....	37
1.4.6. Fase 6. Identificación de eventos críticos de mayor impacto. ....	38
1.4.7. Fase6. Diseño de metodologías de control de eventos críticos. ....	38
1.4.8. Fase 7. Diseño de algoritmos de control de eventos críticos. ....	38
2. MARCO TEÓRICO .....	39
2.1. CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS .....	39
2.2. DIAGRAMAS DE FLUJO .....	41
2.3. MAPA DE PROCESOS.....	45
2.4. EL FORMATO BOW TIE.....	48
2.5. CONTROL DE EVENTOS CRÍTICOS.....	49
2.6. VISUAL BASIC .....	50
3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO MINERO .....	52

3.1. MINERÍA A CIELO ABIERTO EN CERREJÓN.....	54
3.2. EL PROCESO DE ACARREO DE ESTÉRIL .....	58
4. ORGANIZACIÓN DE LAS CONSULTAS DE PRODUCCIÓN .....	60
4.1. DETERMINACIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA.....	62
4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN.....	63
4.3. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EN EL SISTEMA. ....	65
4.4. DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN RELEVANTE. ....	68
5. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE ACARREO DE ESTÉRIL .....	70
5.1. DETERMINACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN.....	71
5.1.1. Observación directa: .....	71
5.1.2. Entrevistas a personal capacitado:.....	71
5.1.3. Datos históricos:.....	72
5.1.4. Documentos corporativos:.....	72
5.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN .....	72
5.2.1. Recolección de información Cualitativa .....	73
5.2.2. Recolección de información cuantitativa.....	75
5.3. DEFINICIÓN DEL PROCESO DE ACARREO DE ESTÉRIL .....	76
5.3.1. Proceso de cargue .....	79
5.3.2. Proceso de viaje lleno .....	80
5.3.3. Proceso de descargue.....	80
5.3.4. Proceso de viaje vacío .....	80
5.3.5. Subproceso de cambio de turno en caliente:.....	81
5.3.6. Subproceso de parada por lluvia .....	81
5.3.7. Subproceso de parada por down.....	82
5.3.8. Subproceso de parada por mantenimiento preventivo.....	82
5.3.9. Subproceso de parada por refrigerio .....	82
5.3.10. Subproceso de tanqueo de camiones .....	83
5.3.11. Subproceso de parada por voladura.....	83
5.3.12. Subproceso de movimiento de equipos entre tajos: .....	84
5.4. METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS .....	84
5.5. DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROCESOS.....	87
5.6. DETERMINACIÓN DE FACTORES EN CADA PROCESO Y SUBPROCESO .....	87

5.7. MAPA DE PROCESOS DEL ACARREO DE ESTÉRIL .....	90
6. MANEJO DE EVENTOS CRÍTICOS DE CONTROL.....	92
6.1. ANÁLISIS DE LAS CONSULTAS DE PRODUCCIÓN. ....	93
6.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS INDICADORES CRÍTICOS .....	96
6.3. DISEÑO DE METODOLOGÍAS DE CONTROL.....	100
6.3.1. Evento crítico de control:.....	100
6.3.2. Metodología de control:.....	101
6.3.3. Meta:.....	101
6.3.4. Responsable:.....	101
7. DISEÑO DE LOS ALGORITMOS DE CONTROL DE INDICADORES CRÍTICOS ..	108
7.1. DISEÑO INICIAL DE LA APLICACIÓN.....	108
7.2. SELECCIÓN E INTEGRACIÓN DE LAS CONSULTAS DE PRODUCCIÓN.....	110
7.3. ORGANIZACIÓN DE LOS REPORTES DE PRODUCCIÓN.....	111
7.3.1. Reporte de horas de operación por flota:.....	111
7.3.2. Reporte control uso de equipo auxiliar: .....	112
7.3.3. Reporte disponibilidad por flota de equipo:.....	114
7.3.4. Reporte detallado de producción hora a hora:.....	115
7.3.5. Reporte volúmenes y uso por línea de acarreo: .....	116
7.3.6. Horas operativas desde último Tanqueo: .....	117
7.3.7. Reporte región cargue de camiones para cambio en caliente: .....	118
7.3.8. Reporte de Cargas Falsas en CTD:.....	119
7.3.9. Reporte seguimiento tanqueo de camiones:.....	120
7.3.10. Reportes adicionales:.....	121
7.4. PROGRAMACIÓN DE LAS MACROS.....	122
8. HERRAMIENTAS PROPUESTAS PARA EL CONTROL EFECTIVO AL PROCESO DE ACARREO DE ESTÉRIL .....	125
9. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO EN LA EMPRESA .....	126
CONCLUSIONES.....	127
RECOMENDACIONES.....	129
BIBLIOGRAFIA.....	130

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Gráfico de Impactos promedio en la producción entre Oct-11 y Mar-12.....	28
Figura 2. Distribución de impactos en la producción.....	30
Figura 3. Diagrama causa-efecto del proceso actual.....	32
Figura 4. Metodología de determinación de factores para caracterización.....	41
Figura 5. Elementos básicos de los diagramas de flujo.....	43
Figura 6. Ejemplo de un diagrama de flujo.....	44
Figura 7. Mapa de procesos UIS.....	47
Figura 8. Esquema del diagrama BowTie.....	49
Figura 9. Esquema de la cadena del carbón.....	52
Figura 10. Trayecto del Ferrocarril La mina-Puerto Bolívar.....	56
Figura 11. Esquemización del ciclo de cargue.....	58
Figura 12. Query de Power View traído a Excel.....	61
Figura 13. Extracción de Hojas ocultas en CSA.....	66
Figura 14. Ejemplo de una consulta de Hist_Cargas.....	67
Figura 15. Escala de Jerarquías en la operación minera.....	73
Figura 16. Foto tomada desde el mirador del Tajo Patilla.....	74
Figura 17. Esquemización global del proceso de acarreo de estéril.....	76
Figura 18. Fotografía del cargue de un camión de 240 toneladas.....	77
Figura 19. Formato estilo BowTie para la caracterización del p de acarreo de estéril.....	85
Figura 20. Diagrama de flujo del proceso de cargue de camiones.....	88
Figura 21. Mapa de procesos del acarreo de estéril.....	91
Figura 22. Análisis cualitativo del evento crítico Velocidad de Viaje.....	98
Figura 23. Ejemplo de Ficha de caracterización de procesos en formato BowTie, Proceso de Cargue.....	107
Figura 24. Diseño de la hoja menú para la aplicación.....	109
Figura 25. Reporte de horas de operación por flota.....	112
Figura 26. Reporte control uso de equipo auxiliar.....	113
Figura 27. Reporte de disponibilidad de flota.....	114
Figura 28. Reporte detallado de producción hora a hora.....	116

Figura 29. Reporte volúmenes y uso por línea de acarreo.....	117
Figura 30. Reporte de horas operativas desde último Tanqueo .....	118
Figura 31. Reporte de región de cargue para CC .....	119
Figura 32. Reporte de Cargas falsas en CTD .....	120
Figura 33. Reporte seguimiento Tanqueo de camiones .....	121
Figura 34. Diseño final de la aplicación - Consultas de Producción .....	122
Figura 35. Ejemplo de macro utilizada en la aplicación.....	124

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Análisis de capacidad, fecha: 27-02-12.	24
Tabla 2. Análisis de capacidades para los meses Enero y Febrero de 2012.	25
Tabla 3. Impactos en la producción de Oct-11 a Mar-12.	29
Tabla 4. Lista de consultas extraídas de cada aplicación.	68
Tabla 5. Procesos representativos paralelos al acarreo de estéril para 2010 y 2011.	75
Tabla 6. Procesos y subprocesos que conforman el acarreo de estéril	79
Tabla 7. Factores elegidos en el proceso de viaje vacío	89
Tabla 8. Descripción de impactos para la flota Cam320 en Abril-12	95
Tabla 9. Explicación de las fórmulas de impactos en producción.	95
Tabla 10. Distribución de eventos críticos por proceso o subproceso	98
Tabla 11. Asociación entre indicadores y eventos críticos de control, según proceso	102
Tabla 12. Seguimiento y control al proceso de cargue de camiones con estéril	106
Tabla 13. Consulta necesaria para el reporte horas de operación por flota	112

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Macro proceso productivo de minería en Cerrejón	133
ANEXO B. Diagrama de Flujo al proceso de Viaje Vacío	134
ANEXO C. Diagrama de Flujo al proceso de Cargue	135
ANEXO D. Diagrama de Flujo al proceso de Viaje Lleno	136
ANEXO E. Diagrama de Flujo al proceso de Descargue en Botaderos	137
ANEXO F. Diagrama de Flujo al proceso de Cambio de turno en caliente	138
ANEXO G. Diagrama de Flujo al proceso de Parada y arranque por Lluvia	139
ANEXO H. Diagrama de Flujo al proceso de Movimiento de Equipos	140
ANEXO I. Diagrama de Flujo al proceso de Parada por Down no programado	141
ANEXO J. Diagrama de Flujo al proceso de Parada por Mantenimiento preventivo	142
ANEXO K. Diagrama de Flujo al proceso de Parada por Refrigerio	143
ANEXO L. Diagrama de Flujo al proceso de Tanqueo de Camiones	144
ANEXO M. Diagrama de Flujo al proceso de Parada por Voladura	145
ANEXO N. Ficha de caracterización para el proceso de Viaje Vacío	146
ANEXO O. Ficha de caracterización para el proceso de Cargue	147
ANEXO P. Ficha de caracterización para el proceso de Viaje Lleno	148
ANEXO Q. Ficha de caracterización para el proceso de Descargue en Botadero	149
ANEXO R. Ficha de caracterización para el proceso de Cambio de turno en caliente	150
ANEXO S. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por Lluvia	151
ANEXO T. Ficha de caracterización para el proceso de Movimiento de Equipos	152
ANEXO U. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por Down no program.	153
ANEXO V. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por Mantenimiento preventivo	154
ANEXO W. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por Refrigerio	155
ANEXO X. Ficha de caracterización para el proceso de Tanqueo de Camiones	156
ANEXO Y. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por voladura	157
ANEXO Z. Aplicación de Consultas de Producción.xls	158

## RESUMEN

### **TÍTULO:**

CARACTERIZACIÓN Y DISEÑO DE METODOLOGÍAS DE CONTROL AL PROCESO DE ACARREO DE ESTÉRIL EN LA EMPRESA CARBONES DEL CERREJÓN.

### **AUTOR:**

Federico Ernesto Rincón Prada<sup>†</sup>

### **PALABRAS CLAVE:**

Caracterización, Procesos, Acarreo de estéril, Evento crítico, metodología de control, Monitoreo de eventos

### **DESCRIPCIÓN:**

El presente documento consiste en el diseño de una herramienta de control funcional para el departamento de producción de la empresa Carbones del Cerrejón LLC, que impacte directamente en uno de los procesos más importantes de la minería de carbón, el acarreo de estéril, el cual basa su importancia en la alta proporción que presenta con respecto a la minería de carbón que es de 7 a 1. Es decir, para la remoción de una tonelada de carbón es necesaria la remoción de 7 toneladas de material estéril. Para ello, fue necesario realizar una caracterización individual de los procesos de producción involucrados en esta operación mediante la aplicación e implementación de análisis cualitativos y cuantitativos, en donde se definieron los eventos críticos de control que más impacto generan en la producción de estéril, basado esto último en proyectos aplicados anteriormente en la compañía, así como metodologías efectivas y de aplicación directa en tiempo real. Asimismo se desarrolla una aplicación en el software Microsoft Excel 2003 ® enfocada en el monitoreo, análisis y control efectivo de estos eventos críticos por parte de los dueños de cada proceso y subproceso. Finalmente, se presenta el mapa de procesos corporativo para todo el acarreo de estéril, como producto de los análisis concienzudos desarrollados y entregando a la empresa una herramienta con la que aún no cuenta dentro de su direccionamiento estratégico.

---

\* Proyecto de Grado

<sup>†</sup> Facultad de Ingeniería Físico-Mecánicas, Escuela de estudios industriales y empresariales, Director Msc. Olga Lucía Mantilla Célis.

## ABSTRACT

### TITLE:

CHARACTERIZATION AND CONTROL METHODOLOGIES DESIGN TO THE BARREN HAULAGE PROCESS IN THE COMPANY CARBONES DEL CERREJÓN LLC<sup>‡</sup>.

### AUTHOR:

Federico Ernesto Rincón Prada<sup>§</sup>

### KEY WORDS:

Characterization, Process, Barren Haulage, Critical Point, Control Methodology, Event Monitoring

### DESCRIPCIÓN:

The present text consists in the design of a control and functional tool for Production Department in the company CARBONES DEL CERREJÓN LLC, which impacts directly in one of the most important process in coal mining, Barren Haulage Process, wich means it relevance in the high level of proportions with respect to the coal mining, that is of 7:1. It means that for every ton of coal that they extract, they must remove seven tons of barren material. To did this, it was necessary to make an single characterization of the process involved in the operation by the application and implementation of quantitative and qualitative analysis, where were defined the control critical points, based in a set of tools applied in the past inside the company, that make the most collateral damage in the Barren production, so as effective methodologies of real time action. Also, it was developed Microsoft Excel 2003 © software emphasized in the critical points monitoring by the processes and sub processes owners. Finally, it is presented the process map, as a result of the developed conscientious analysis and giving to the company a functional tool that they didn't have during it strategic Management.

---

<sup>‡</sup> Work Degree.

<sup>§</sup> Faculty of Physico-Mechanical Engineering, School of Industrial and Business studies, Director Msc. Olga Lucía Mantilla Célis.

## INTRODUCCIÓN

La empresa Carbones del Cerrejón LLC es un complejo de minería y transporte ubicado en el departamento de La Guajira, Colombia, que exporta carbón térmico a razón de 32 millones de toneladas al año, convirtiéndola en la mina de carbón a cielo abierto más grande del mundo. En este sentido, el proceso de minado de carbón resulta una operación altamente compleja que resulta gracias a la sinergia entre personas, equipos y operaciones secuenciales allí desempeñadas.

Teniendo en cuenta el macro-proceso productivo general de la mina (Ver Anexo A), el suelo productivo es removido dejando una capa dura de material estéril. Esta capa es volada con explosivos facilitando su extracción y acarreo hasta llegar a los mantos de carbón, que luego de ser apilados con tractores de oruga, es llevado en camiones de 190 toneladas de capacidad hacia las plantas de trituración y lavado en búsqueda de la mezcla exacta entre el tamaño y el poder calorífico solicitado por el cliente. A partir de allí, el mineral es cargado en los trenes de la compañía llegando hasta el puerto de Puerto Bolívar<sup>1</sup> para su posterior exportación.

Si bien lo más importante para la compañía radica en la explotación y venta del carbón, no se puede desconocer la importancia relativa que tiene remover el material que se encuentra por encima de los mantos, calculado en una proporción de 7:1 en volumen<sup>2</sup> con respecto al mineral en cuestión.

---

<sup>1</sup>Ubicado en Bahía Portete en la alta Guajira, es el terminal carbonífero más importante de América Latina y uno de los de mayor tamaño del mundo. Fuente: Página Web Cerrejón.

<sup>2</sup> Estos cálculos representan un promedio de los planes mensuales de minería en los que diariamente se remueven 720.000 metros cúbicos de material estéril por cada 103.000 Toneladas de carbón.

Debido a esto, el presente proyecto abarca los siguientes puntos en su ejecución: Inicialmente se organizará y clasificará la información existente en la compañía concerniente al proceso de acarreo de estéril mediante la investigación y recopilación de las estadísticas de producción; segundo, se observará y caracterizará el proceso en sus diferentes etapas en un formato estilo *BowTie*<sup>3</sup>, sugerido por Cerrejón, debido al conocimiento previo que se tiene de ésta herramienta en los formatos de análisis de riesgos que se manejan diariamente e incluyendo el mapa de procesos del acarreo de estéril; tercero, mediante análisis cualitativos y cuantitativos se verificarán los datos obtenidos a través de las herramientas oficiales de la compañía, obteniendo los eventos críticos que mayor impactan ordinariamente a la producción; cuarto, se diseñan y proponen unas metodologías de control de los eventos críticos identificados que serán implementadas por el estudiante en práctica siguiente; Quinto, se diseñarán unos algoritmos que controlen estos eventos críticos basados en la información obtenida mediante la caracterización. Estos algoritmos se plantean y se diseñan con el fin de incluirlos más adelante en las herramientas oficiales de la compañía.

---

<sup>3</sup> Diagrama generalmente usado para la evaluación de riesgos. Su nombre se da debido a que su diseño presenta formas de corbatín.

## TABLA DE CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

OBJETIVO	DESCRIPCIÓN	CUMPLIMIENTO
1	Revisar, seleccionar, clasificar y depurar los datos arrojados por las aplicaciones actuales referentes al proceso de acarreo de estéril mediante el uso de herramientas de información existentes en la compañía.	Capítulo 3. Organización de las consultas de producción
2	Caracterizar el proceso de acarreo de estéril en cada una de sus etapas haciendo uso de la información existente y de la observación en campo.	Capítulo 4. Caracterización del proceso de Acarreo de Estéril
3	Determinar los puntos críticos potencialmente mejorables y definir aquellos que tienen mayor impacto en el proceso de acarreo de estéril. En ésta definición de puntos críticos se hará uso de herramientas de análisis cualitativas y cuantitativas.	Capítulo 5. Manejo de puntos críticos de control
4	Diseñar metodologías de control de puntos críticos existentes en el proceso de acarreo de estéril.	
5	Desarrollar algoritmos de consulta que permitan controlar los puntos críticos de mayor impacto, para su posterior inclusión en las herramientas oficiales de la compañía.	Capítulo 6. Diseño de los algoritmos de control de puntos críticos

## JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

La operación minera de Cerrejón se puede dividir en dos áreas específicas: el área netamente operativa y el área de control. Dentro del área operativa se encuentran los equipos y el personal en campo desempeñando sus labores diarias, desde el movimiento de camiones de 320 toneladas, hasta los equipos auxiliares de arreglo de vías (como los tractores pequeños). Cada uno de estos equipos está siendo constantemente monitoreado y supervisado por un sistema de información enlazado a una gran base de datos principal, llamado el sistema CTD.<sup>4</sup> Este sistema es el que controla, en tiempo real, el estado actual de cualquier equipo y registra todos los datos operativos (tiempos, cantidades, ubicación) de los mismos en cada momento, y es administrado por los actores involucrados en el área de control. Dicha área es donde se certifica que la operación esté cumpliendo con los planes mensuales diseñados a principio de cada periodo, por lo cual exige que las personas clasificadas en esta área deban contar con todas las herramientas apropiadas para ejercer un control efectivo de la operación minera.

Teniendo en cuenta esto, se observó una oportunidad de desarrollar un proyecto de pertinencia práctica, con el fin de realizar propuestas que contribuyan al buen flujo de la información entre las partes interesadas dentro del sistema, en procura que el personal del área de control pueda administrar de manera efectiva a toda la operación. En cerrejón, la información de producción se cierra cada 60 minutos, y se generan reportes por parte de los analistas en cuanto a volúmenes, desempeño de flotas, desempeño de zonas, cumplimiento del plan y eventos espontáneos presentados en este periodo producto de su constante monitoreo de la operación.

---

<sup>4</sup> Siglas en inglés para Computer Truck Dispatch.

Si se parte del hecho que esta operación demanda una gran cantidad de recursos para la compañía, el estar regido bajo un control en el “hora-hora” puede significar pérdidas importantes e indeseables para la misma. Por ende, la realización de una propuesta de mejora que aplique un control efectivo en un plazo menor, significará para el analista minutos valiosos en donde puede evitar situaciones que ralenticen el rendimiento operativo de un turno completo.

Por otra parte, el diseño de la operación exige una disparidad en las capacidades de las flotas de cargue y acarreo de estéril; disparidad fundamentada en el hecho que resulta más costoso para la empresa mantener detenido un equipo de acarreo, que la improductividad de los equipos de cargue. A pesar de esto, la compañía no tiene establecido hasta qué punto debe ser sostenida esta diferencia de capacidad y se ha observado que el proceso de acarreo de estéril aún tiene un potencial de mejora operativo, basado en los reportes de impactos<sup>5</sup> generados por las herramientas de información de Cerrejón y que indican que la operación reduce su eficiencia de obtención de carbón y de estéril gracias a factores críticos no controlados en tiempo real.

Lo anterior implica que apostar por el diseño de herramientas que conlleven a una mejora oportuna y un mayor aprovechamiento de la capacidad del sistema de acarreo, radicará en el mejoramiento de los indicadores globales de producción mediante la caracterización, análisis, identificación y control de los eventos críticos de mayor impacto a la producción, con metodologías fácilmente aplicables, y en donde los dueños de los procesos se encuentren en capacidad de corregir situaciones de manera eficiente.

---

<sup>5</sup> Ver planteamiento del problema

## 1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La compañía planea anualmente una cantidad de volúmenes meta tanto de carbón como de material estéril a través de un presupuesto operativo o *budget*, que depende de las necesidades y objetivos de los accionistas para el año en curso. A su vez, el departamento técnico realiza mensualmente un plan de minería en donde se incluyen todos los parámetros de la operación como uso y disponibilidad de equipos, avance de los tajos, lugares de explotación, y principalmente volúmenes a remover.

En términos de volumen, normalmente no se cumple exactamente con lo planeado mes a mes, ya sea porque se sobrepasa o porque no se alcanzan a completar los volúmenes planeados por la dirección. Estas situaciones se presentan debido a efectos internos y externos a la operación, y en algunos casos, por eventos inevitables como las lluvias.

En el caso de situaciones internas, el incumplimiento de estos planes mensuales se da mayoritariamente debido a situaciones operativas que son evitables y solucionables en el corto plazo, pudiendo lograr una mayor eficiencia dentro del proceso minero, y que por alguna causa son obviadas en momentos específicos. La razón de esto es que para los analistas de producción implica una inversión de tiempo significativa el hecho de investigar a fondo cualquier evento de ineficiencia operativa a lo largo de un turno mediante la generación de consultas extensas en la base de datos de la empresa, y más si se tiene en cuenta que su labor principal consiste en el monitoreo constante y repetitivo de los indicadores globales de la

producción, gracias al uso de las herramientas de información de la compañía ya diseñadas para tal fin.

Así pues, para el diagnóstico de la situación a estudiarse siguió una metodología de la siguiente manera: primero, se realizó un análisis cuantitativo de las capacidades de las flotas involucradas en el proceso, con el fin de tener una certeza (en cifras) que se está cumpliendo con la disparidad de capacidades mencionada; segundo, se observaron los diferentes impactos en la producción sucedidos en dos periodos de tiempo diferentes, en procura de analizar y determinar cuáles de ellos se presentan y en cuanto afectan la operación; tercero, se introdujo un análisis cualitativo mediante un diagrama de causa-efecto que identificó y relacionó las causalidades de tales impactos.

#### 1.1.1. Diagnóstico de la situación

Según Gerard Brown<sup>6</sup>, un diagnóstico *“es un análisis de la empresa que tiene como resultado destacar sus defectos, descubrir sus correcciones y determinar la forma de proceder a aplicarlas que, no sólo se refiere a la corrección de los aspectos negativos, sino al re potenciamiento mismo de los aspectos positivos”*. De este modo, para comenzar con el diagnóstico, se realizó un análisis comparativo entre las capacidades productivas de las flotas de acarreo y cargue de estéril, que validó la afirmación inicial de diferencia de capacidad en favor de la flota de cargue.

---

<sup>6</sup> BROWN GERARD. El diagnóstico de la empresa. Ibérica europea de Ediciones, S.A. 1972, Pág. 6.

- Análisis de Capacidades:

Para la realización de esta etapa se utilizó una herramienta de información de la empresa<sup>7</sup>, la cual calcula en términos reales la capacidad total de una flota basada en los parámetros, restricciones y rendimiento de sus componentes individuales a lo largo de una hora y durante un turno. Esta herramienta funciona conectada directamente con la base de datos de Cerrejón (Power View), y se actualiza mediante el funcionamiento de una macro de Excel que realiza las operaciones e indicaciones necesarias para generar reportes de capacidad elegidos por el analista. Como resultado final de la herramienta, se puede obtener una tabla que muestra la hora del turno que haya transcurrido hasta el momento, la fecha, la capacidad de cada flota (cargue y acarreo), la determinación de la flota restrictiva para cada hora, el volumen real obtenido en la hora, el cumplimiento porcentual que relaciona el volumen real obtenido versus el volumen máximo estimado (capacidad de flota restrictiva), y un par de impactos referentes al uso y la productividad de los equipos que justifican el cumplimiento o incumplimiento porcentual estimado.

La finalidad en el uso de esta herramienta era demostrar cuantitativamente que la capacidad de acarreo de estéril es menor que el cargue, validando el objetivo central del proyecto que es el diseño de una herramienta integral que incremente la capacidad del recurso restrictivo del proceso. Inicialmente, la aplicación se corrió para un turno en específico tuviese unas condiciones climatológicas excelentes, evitando un posible sesgo de los datos finales, escogiendo el día lunes 27 de febrero del año en curso en jornada diurna. Los resultados obtenidos mediante la aplicación de cumplimiento de capacidades son puestos en evidencia a continuación en la Tabla 1.

---

<sup>7</sup> Aplicación llamada *Cumplimiento de Capacidades*.

**Tabla 1.** Análisis de capacidad, fecha: 27-02-12.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD MINA								
		ANÁLISIS TURNO		27-FEB-12 Diurno			Flota restrictiva	
Hos	CAPACIDAD EQUIPO DE ACARREO	CAPACIDAD EQUIPO DE CARGUE	FLOTA RESTRICTIVA	VOLUMEN MAXIMO ESTIMADO	VOLUMEN REAL	CUMPLIMIENTO VOLUMEN	Capacidad Impactada por Uso	Capacidad Impactada por Productividad
0	33.267	32.987	Pala	32.987	29.017	87,97%	(2.391,44)	(1.083,87)
1	32.719	34.514	Camion ✓	32.719	32.922	100,62%	(2.330,93)	3.711,15
2	31.263	33.667	Camion ✓	31.263	31.879	101,97%	(1.751,24)	3.307,63
3	31.240	32.185	Camion ✓	31.240	31.713	101,51%	(837,00)	2.958,45
4	30.627	32.252	Camion ✓	30.627	30.821	100,64%	(639,45)	2.531,26
5	31.022	32.706	Camion ✓	31.022	27.761	89,49%	(3.292,55)	2.101,18
6	31.983	33.629	Camion ✓	31.983	29.639	92,67%	(3.700,78)	1.510,35
7	31.295	31.392	Camion ✓	31.295	28.005	89,49%	(3.387,63)	867,71
8	30.142	30.398	Camion ✓	30.142	28.397	94,21%	(2.432,26)	2.283,31
9	30.696	31.286	Camion ✓	30.696	30.682	99,95%	(1.401,81)	2.787,36
10	32.695	33.785	Camion ✓	32.695	32.027	97,96%	(1.399,42)	1.532,53
11	34.472	33.218	Pala	33.218	27.217	81,93%	(464,11)	(4.860,01)
<b>TOTAL</b>	<b>381.420</b>	<b>392.019</b>	<b>Camion</b>	<b>379.886</b>	<b>360.082</b>	<b>94,79%</b>	<b>(24.028,62)</b>	<b>17.647,04</b>

**Fuente:** Aplicación cumplimiento de capacidades.

En los resultados se evidencia cómo a lo largo del turno la flota de acarreo es la de menor capacidad operativa, como se observa con la sumatoria total de las capacidades estimadas en cada hora, indicando la flota con el menor valor absoluto (381.420 BCM's<sup>8</sup>). Se realizó este mismo análisis para los meses de enero y febrero, calculando un promedio de todos los turnos con el fin de robustecer los resultados arrojados por la aplicación<sup>9</sup>. Los resultados de esta segunda corrida de datos se presentan en la Tabla 2.

<sup>8</sup> Un BCM es la medida estándar que tiene la compañía para medir el material estéril removido. Son siglas en inglés y su significado es *Metro Cúbico de Banco*.

<sup>9</sup> La aplicación de cumplimiento de capacidades tan sólo funciona para un turno a la vez, las corridas se realizaron una a una y se calculó el promedio aritmético de los resultados.

**Tabla 2.** Análisis de capacidades para los meses Enero y Febrero de 2012.

ANÁLISIS DE CAPACIDAD MINA								
ANÁLISIS TURNO			ENE-FEB-12					
Hos	CAPACIDAD EQUIPO DE ACARREO	CAPACIDAD EQUIPO DE CARGUE	FLOTA RESTRICTIVA	VOLUMEN MAXIMO ESTIMADO	VOLUMEN REAL	CUMPLIMIENTO VOLUMEN	Flota restrictiva	
							Capacidad Impactada por Uso	Capacidad Impactada por Productividad
0	34.294	31.148	Pala	31.148	31.762	101,97%	(2.391,44)	(1.083,87)
1	30.516	31.235	Camion ✓	30.516	30.227	99,05%	(2.330,93)	3.711,15
2	32.104	32.736	Camion ✓	32.104	29.860	93,01%	(1.751,24)	3.307,63
3	33.573	33.067	Pala	33.067	29.231	88,40%	(3.359,27)	2.382,44
4	32.653	33.785	Camion ✓	32.653	29.271	89,64%	(639,45)	2.531,26
5	30.504	30.999	Camion ✓	30.504	31.185	102,23%	(3.292,55)	2.101,18
6	32.836	33.563	Camion ✓	32.836	31.692	96,52%	(3.700,78)	1.510,35
7	32.308	32.082	Pala	32.082	29.743	92,71%	(3.182,52)	(803,09)
8	31.762	33.656	Camion ✓	31.762	31.835	100,23%	(2.432,26)	2.283,31
9	31.587	31.799	Camion ✓	31.587	29.316	92,81%	(1.401,81)	2.787,36
10	31.526	32.312	Camion ✓	31.526	31.926	101,27%	(1.399,42)	1.532,53
11	31.851	32.904	Camion ✓	31.851	30.133	94,61%	(1.863,04)	(2.530,82)
	385.514	389.286	Camion	381.636	366.180	95,95%	(27.744,71)	17.729,40

**Fuente:** Aplicación cumplimiento de capacidades.

Observando el promedio de los meses de enero y febrero, en aproximadamente 9 de las 12 horas del turno (un 75% del tiempo) la flota con menor capacidad correspondió siempre a la flota de acarreo. Lo anterior permite concluir que los camiones son el “tambor” de la producción de estéril, ya que marcan el ritmo de la operación. Esto es así debido a que los equipos de cargue, aparte de llenar los camiones, también hacen tareas de movimiento y condicionamiento de las condiciones de cargue<sup>10</sup>. De igual manera, la velocidad de traslado de un equipo de cargue es muy baja, lo que facilita que la operación sufra el menor impacto posible en el momento en que estos equipos necesiten moverse entre zonas de la operación.

<sup>10</sup> Como construcción de vías, bermas, laderas, entre otras.

Se observó también que hay periodos en donde la flota crítica corresponde a la flota de cargue. Estas situaciones se dan debido a eventos puntuales que influyen en la operación pero no son parte de este estudio<sup>11</sup>. De este modo, se validó la afirmación realizada sobre la flota restrictiva dentro del proceso, ajustándose al objetivo central del proyecto puesto que el enfoque se realiza sobre el recurso que realmente necesita mejorar su desempeño. A su vez se debe tener en cuenta que el proceso de acarreo de estéril no opera de manera 100% eficiente, puesto que los planes mensuales no siempre se cumplen, lo que obliga a tomar medidas correctivas cautelares no planteadas inicialmente que garanticen dicho cumplimiento.

Luego de esto, se realizó el análisis de los impactos más trascendentes sobre la flota de acarreo de estéril, según las herramientas propias de la empresa diseñadas ello.

- Análisis factorial de Producción<sup>12</sup>.

Este análisis factorial se compone de 2 partes, una aplicación para flota de acarreo, y una aplicación para flota de cargue, sin embargo, para efectos de este documento se tendrá en cuenta solo la flota de acarreo. El análisis se realizó teniendo en cuenta los meses de producción entre octubre del 2011 y marzo de 2012. El funcionamiento de la siguiente aplicación puede resumirse de la siguiente manera:

- El sistema CTD de los equipos registra todas las operaciones de los mismos en una base de datos común que va a parar a una estación central de

---

<sup>11</sup> Como daños simultáneos a varios equipos, atollamiento de varias palas, falta de operadores, entre otras.

<sup>12</sup> Referido a un proyecto predecesor y nombrado de esta manera por su autor, debido a la determinación de los impactos positivos o negativos en la operación por los diferentes factores inherentes a los equipos tales como: uso, disponibilidad, productividad, entre otros.

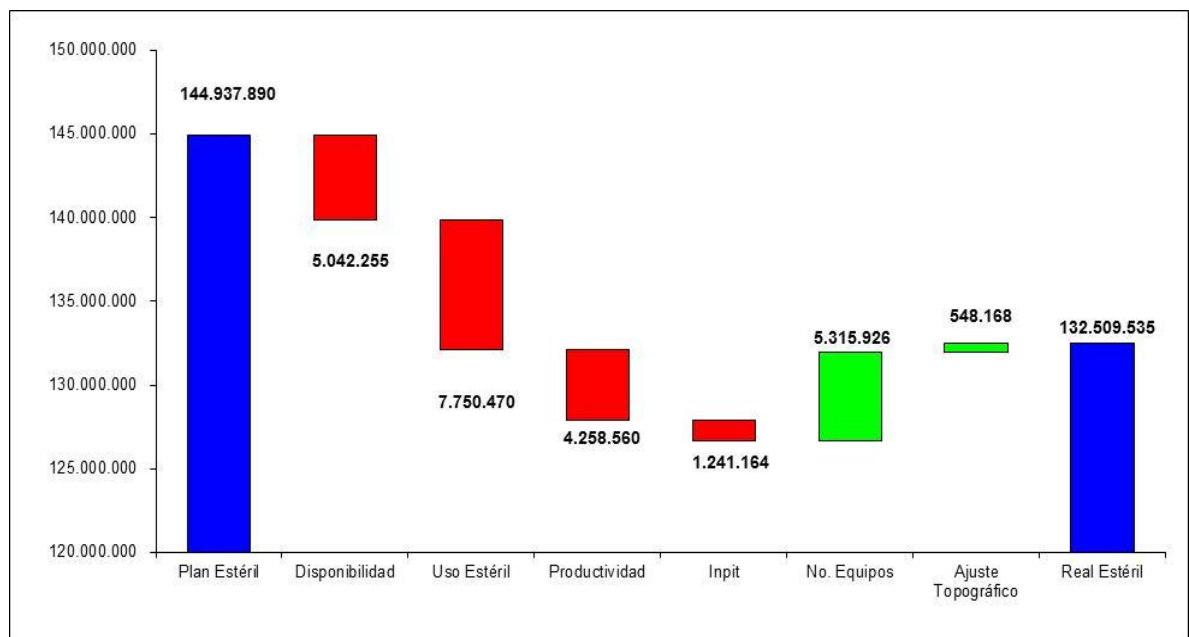
almacenamiento. Esta estación condensa los datos en un software llamado Power View.

- Power View se refresca cada 5 minutos y permite una conexión directa con Excel, mediante la función de insertar datos mediante un servidor SQL.
- Para los parámetros incluidos en el análisis, se hace una extracción organizada desde dicha base de datos y entre los turnos deseados, y se extraen todos los datos de volúmenes, estados, horas de operación y de parada; para cada equipo y zona en particular.
- A partir de allí se resumen las cifras mediante tablas dinámicas que condensan por fecha, turno, grupo, equipo, volúmenes, tipo de carga, tipo de equipo y zona de operación.
- Teniendo esta configuración de cifras, mediante la inclusión de fórmulas se depuran los datos como impactos acogiendo varios factores según el valor a calcular. A manera de ejemplo, si se quiere calcular el impacto por uso de equipos, éste será igual a la diferencia entre el uso porcentual real versus el planeado, multiplicada por la totalidad de horas de operación del equipo, la disponibilidad porcentual planeada y la productividad planeada en BCM's/hora. Esta operación sirve para calcular los demás impactos que luego son resumidos en otra tabla dinámica que suma la totalidad del rubro establecido.

En la Figura 1 se presentan los datos de producción para los 6 meses de operación con la suma de todos los impactos, logrando obtener una visión de los problemas operativos ocurridos durante el periodo en cuestión. De acuerdo a la figura 1, se observó la sumatoria tanto de los planes, los impactos y el volumen real extraído en dicho periodo en la operación. Es notable cómo se había planeado un total de 144.937.890 BCM's, y debido los impactos presentados el volumen real fue finalmente de 132.509.535 BCM's.

Antes de continuar, se aclara al lector que el impacto de **disponibilidad** depende principalmente del departamento de mantenimiento, dejando los demás impactos por **uso de equipos, productividad de equipos, impacto por inpit y número de equipos en la operación**, para el control principal del departamento de producción. A su vez, se aclara que tanto el uso como la productividad dependen de prácticas operativas en producción. El uso se define como el porcentaje de utilización de un equipo cuando este está disponible, y la productividad como la cantidad de BCM's por hora que pueda extraer cierto equipo.

**Figura 1.** Gráfico de Impactos promedio en la producción entre Oct-11 y Mar-12.



**Fuente:** Aplicación análisis factorial para flota de acarreo.

En este caso, es evidente que el proceso tiene un potencial de mejora bastante grande puesto que estos casi 12 millones de BCM's "perdidos" representan poco más del 8% del total planeado para 6 meses; por lo cual, observando la Tabla 3, los impactos negativos más importantes corresponden al uso y productividad de equipos (se excluyó la disponibilidad por las razones mencionadas anteriormente).

**Tabla 3.** Impactos en la producción de Oct-11 a Mar-12.

IMPACTOS EN LA PRODUCCIÓN DE ESTÉRIL OCT-11 A MAR-12		
Descripción	Impactos	Totales
Plan Estéril		144.937.890
Disponibilidad	(5.042.255)	
Uso Estéril	(7.750.470)	
Productividad	(4.258.560)	
Inpit	(1.241.164)	
No. Equipos	5.315.926	
Ajuste Topográfico	548.168	
Real Estéril		132.509.535

**Fuente:** Aplicación análisis factorial, flota de acarreo.

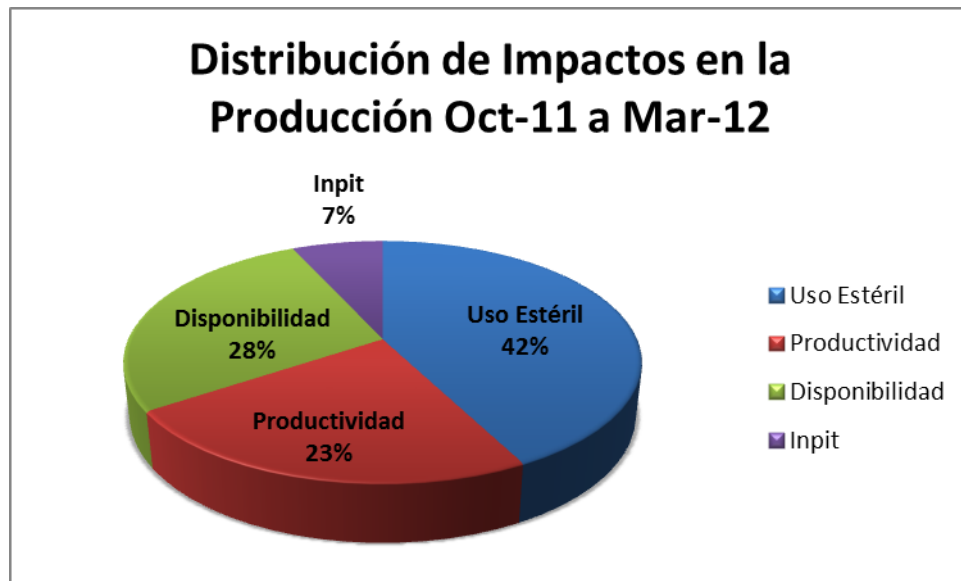
Estos 2 impactos, uso estéril y productividad (ver tabla 3), representan alrededor del 63% de las pérdidas en este periodo y precisamente son factores que dependen de las prácticas operativas cotidianas. Por ende, enfatizar en el mejoramiento de estos 2 indicadores de desempeño redundará en mejoras importantes dentro del proceso de acarreo de estéril.

Vale la pena referenciar a los otros impactos en procura de validar su descarte en el análisis. El impacto por **Inpit** corresponde a todo aquel material estéril que no cumple su ciclo normal de ir hacia los botaderos establecidos, sino que es usado para realizar construcciones dentro de la mina como vías o bermas. Esto hace necesario que en algún momento de la operación se necesite contar con este material. El impacto por **número de equipos** (también conocido como equipo diferente a plan), corresponde a cualquier volumen removido que se haga con un equipo que no estaba planeado para que realizase ese trabajo en particular y que sume en la consecución del plan mensual.

Se resalta que todos los equipos planean su completa operación del mes incluyendo paradas por mantenimiento o reparaciones de urgencia (cuando un equipo opera más o menos horas para las que se planeó se considera este impacto). Por último el impacto por ajuste topográfico relaciona todos los datos de volúmenes del sistema con una verificación real de los volúmenes extraídos y depositados en los botaderos, y haciendo un ajuste correctivo a fin de mes.

Volviendo a la Tabla 3, el impacto debido al uso y la productividad de los equipos fue el que en mayor medida contribuyó al no cumplimiento de los planes durante el periodo analizado. La Figura 2 muestra claramente esta posición.

**Figura 2.** Distribución de impactos en la producción.



Como se observa, aproximadamente el 63% de los impactos en los 6 meses mencionados fueron debidos al uso y la productividad de los equipos; impactos que se hubiesen podido evitar mediante herramientas de control efectivas en el tiempo, una de las cuales se obtendrán al finalizar el estudio.

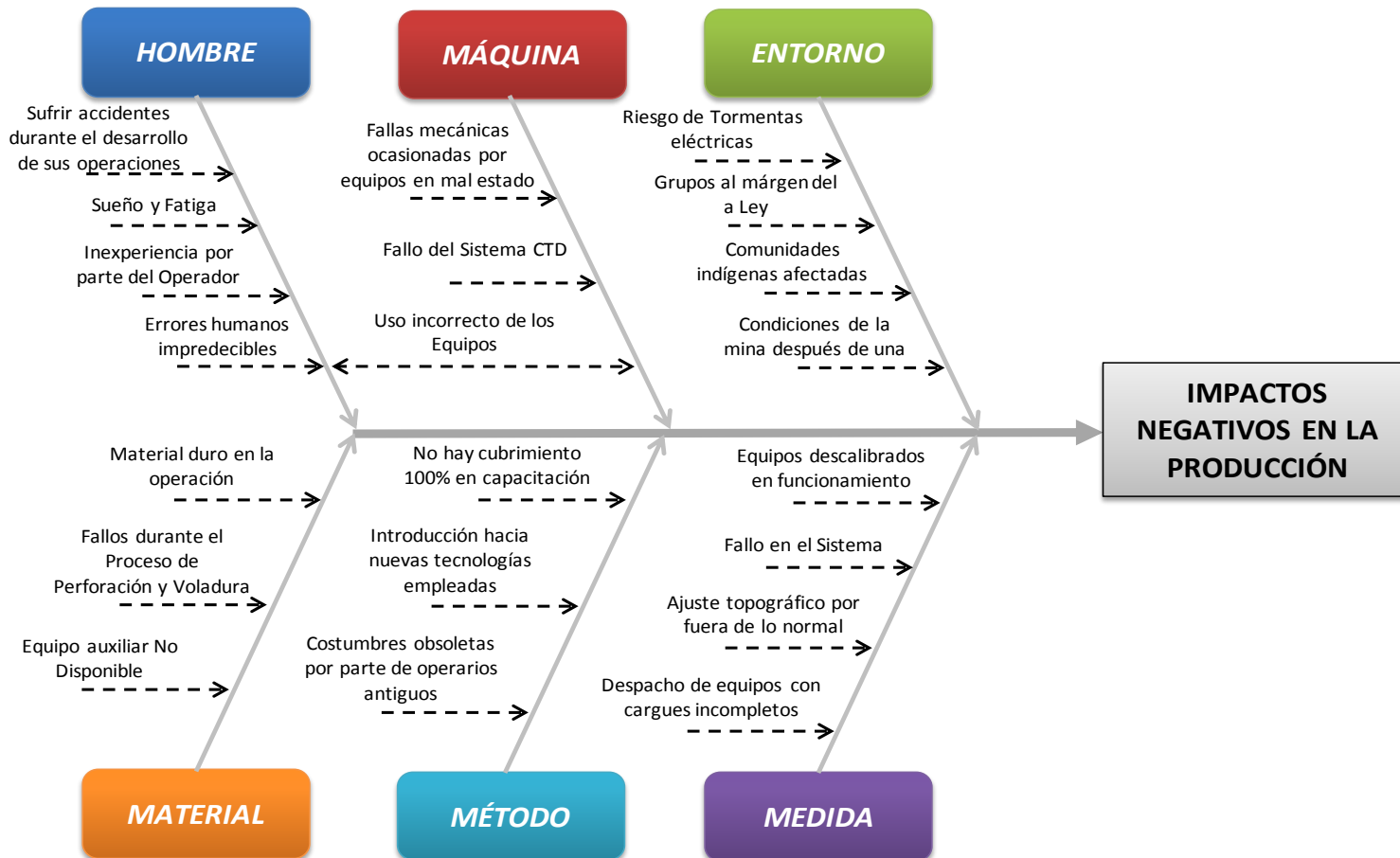
Es por esto, que se evidencia un potencial de mejora sobre el proceso asociado al recurso restrictivo de capacidad. Según los datos, de los 12 millones de BCM's que se perdieron en los 6 meses analizados el 63%, es decir 7 millones y medio de BCM's de pérdidas, pueden ser mitigados, en parte, por la herramienta diseñada al final del estudio. Esto corresponde al potencial de mejora del proceso en términos reales, puesto que las estimaciones están basadas en los planes de minería que ya consideran la diferencia lógica de capacidades entre los equipos de cargue y acarreo de estéril, así como la estimación de producción real de la mina según los intereses de la compañía.

- Diagrama de causa-efecto

También conocido como la espina de pescado, aporta una visión integral de la situación a estudiar basada en datos extraídos de la producción, desglosando los problemas en una lluvia de causas que los generan. Es una relación gráfica en la que puede verse una especie de Columna de un Pescado, ubicando las causas y las subcausas enfocadas hacia el efecto principal. Como ya se dijo, los problemas más importantes se encuentran tanto en el uso como en la productividad de los equipos, impactos que dependen del departamento de producción y las prácticas operativas de sus integrantes. En la Figura 3 se observa la distribución cualitativa de las causas más importantes asociadas a los impactos.

Para la elaboración de este diagrama se contó con la recopilación de una serie de entrevistas informales con diferentes integrantes del equipo de producción de Cerrejón. El resultado de estas entrevistas generó unos factores comunes que se clasificaron según el parámetro (de las 6M) al cual se consideró más adecuado, resumido esto en la Figura 3.

**Figura 3.** Diagrama causa-efecto del proceso actual.



Analizado bajo el concepto de las 6M<sup>17</sup>, se observó factor por factor que tipo de causas provocaban una disminución del desempeño de la producción obteniendo los resultados presentados en la Figura 3. Factores como la fatiga y el cansancio en los operadores, la falta de experiencia, o los errores humanos son determinantes sobre todo para personal entrante en la compañía<sup>18</sup>. De igual manera, las fallas mecánicas, de procedimientos, agentes externos, materiales duros, introducción de nuevas tecnologías, viejas costumbres, entre otras; también han sido consideradas como factores importantes a la hora de evaluar cualitativamente la calidad del proceso. Estos factores se determinaron gracias al conocimiento y experiencia del tutor y del personal entrevistado durante la realización de la práctica, así como de la revisión de los eventos trascendentales en producción.

#### 1.1.2. Definición del problema

- La flota de acarreo de estéril es un recurso restrictivo de capacidad con un importante potencial de mejoramiento (8%) que puede aprovecharse mediante la aplicación de herramientas enfocadas en el control efectivo (en tiempo real), con mayor nivel de detalle a como se hace actualmente.
- Causas como el uso incorrecto de los equipos, falta de experiencia en los operadores, errores procedimentales y de seguridad, fallas mecánicas o fallas externas, impactan directamente en el uso y la disponibilidad de los equipos haciéndolos operar de manera ineficiente y por debajo de los planes mensuales de minería considerados por el departamento técnico. Estas causas tanto internas como externas pueden controlarse de manera más eficiente por parte de los analistas de producción, mediante la herramienta adecuada.
- No se cuenta con una identificación específica de cuáles son los eventos críticos más importantes de cada operación, lo cual hace perder la visión

---

<sup>17</sup> Measurement, materials, men, methods, machine, milieu (environment).

<sup>18</sup> Fenómeno muy repetitivo debido a la continua expansión de la operación.

detallada del proceso puesto que el control efectivo se aplica sobre los indicadores globales principales de los equipos en la mina.

- Existen causas corregibles de manera práctica y oportuna que mejoraría el cumplimiento de los planes mensuales y el Budget anual de la compañía.
- La empresa no cuenta con un mapa de procesos del acarreo de estéril (teniendo en cuenta la alta importancia de esta operación), como tampoco una metodología documentada sobre el efectivo control del mismo. La compañía presenta documentos sobre el control minero en general habiendo pasado por alto la importancia que tiene para los dueños de los procesos involucrados el tener su propia hoja de ruta y control efectivo en el tiempo.

## **1.2.OBJETIVOS**

### 1.2.1. Objetivo General:

Caracterizar y analizar el proceso de acarreo de estéril, con el fin de identificar los eventos críticos de mayor impacto en la producción y establecer metodologías de control, claves y sostenibles en el tiempo.

### 1.2.2. Objetivos Específicos:

- Revisar, seleccionar, clasificar y depurar los datos arrojados por las aplicaciones actuales referentes al proceso de acarreo de estéril<sup>19</sup>, mediante el uso de herramientas de información existentes en la compañía.
- Caracterizar el proceso de acarreo de estéril en cada una de sus etapas haciendo uso de la información existente y de la observación en campo.
- Determinar los eventos críticos potencialmente mejorables y definir aquellos que tienen mayor impacto en el proceso de acarreo de estéril. En ésta

---

<sup>19</sup> Herramientas creadas en Excel destinadas a obtener información relacionada con las distintas operaciones sucedidas en el departamento de producción.

definición de eventos críticos se hará uso de herramientas de análisis cualitativas y cuantitativas.

- Diseñar metodologías de control de eventos críticos existentes en el proceso de acarreo de estéril.
- Desarrollar algoritmos de consulta<sup>20</sup> que permitan controlar los eventos críticos de mayor impacto, para su posterior inclusión en las herramientas oficiales de la compañía.

### **1.3.ALCANCE**

Este proyecto fue desarrollado bajo un marco estructural que se basa en el diseño de una herramienta para el departamento de producción de Cerrejón, que facilite la labor de los analistas y dueños de los procesos y subprocesos en la operación conjunta del acarreo de estéril. Los límites de la realización del proyecto abarcan desde la organización de las consultas de producción existentes en la compañía, extrayendo las más útiles concernientes al proceso en estudio, pasando por la identificación plena del acarreo de estéril bajo el marco de la caracterización de procesos con Ingeniería Industrial, la identificación de los eventos críticos de mayor impacto a la producción de estéril, el desarrollo de una aplicación en Excel que reporte, en tiempo real, el rendimiento de cada evento crítico durante la operación, y finalmente el diseño de las metodologías de control de cada evento crítico dentro del proceso.

Cabe aclarar que este proyecto se realizó bajo una línea de proyectos que se asignan semestralmente al estudiante en práctica que trabaje bajo la Superintendencia del CTD; y consiste en el diseño de estas herramientas funcionales que mejoraren el desempeño de la operación en general. Sin embargo, la implementación de las medidas adoptadas aquí, corresponden a las

---

<sup>20</sup> Son aplicaciones en Excel que permitan realizar consultas de información referente al proceso de acarreo de estéril en procura de lograr el control más efectivo.

funciones del estudiante en práctica siguiente asignado para el mismo puesto de trabajo.

## **1.4.METODOLOGÍA DE TRABAJO**

### 1.4.1. Fase 1. Recopilación y análisis de fuentes teóricas.

Como primer paso se hizo una recopilación de la información relevante al proyecto. Se tomaron como referencia los proyectos realizados anteriormente en la compañía que influían en el proceso de acarreo de estéril, así como proyectos que fueron desarrollados en el sector y enfocados al mismo proceso o en áreas similares, y que aportaran información al proyecto.

### 1.4.2. Fase 2. Recolección de información

Ésta etapa tuvo como fin el conocimiento de los parámetros propios de Cerrejón correspondientes a la visión general del proceso de acarreo de estéril y el estado real en que éste se encontraba. Luego de haber recopilado toda la información teórica y bibliográfica en la fase anterior, se comenzó a tomar toda la información inherente al proceso de acarreo de estéril en donde se concentraron los parámetros operacionales, estándares operativos y de seguridad, subprocesos más importantes, procesos de apoyo, recurso humano implicado en el proceso, entre otros.

### 1.4.3. Fase 3. Investigación

Esta fase buscaba adquirir y desarrollar los conocimientos y habilidades necesarios para el desarrollo del libro de proyecto, lo cual comprendía la caracterización del proceso, la búsqueda e identificación de eventos críticos, diseño de metodologías de control, el diseño de los algoritmos matemáticos de control y manejo de bases de datos de Power View. Para ello se profundizó en la bibliografía seleccionada, así como en las temáticas propuestas y afines a los intereses del presente documento, tanto para lograr un manejo propio de los

tópicos a desarrollar, como para formar una base documental suficientemente sólida. Por ende, se hizo una depuración completa de la información consultada en las fases anteriores, entre ellas: proyectos anteriores similares, así como los estándares operativos y de seguridad, reglamentación y legislación vigente sobre aspectos relevantes en minería, folletos, documentos y bibliografía aplicada en el área.

#### 1.4.4. Fase 4. Organización de consultas de producción.

Luego de tener la información depurada de las consultas de producción (realizada en la fase 2), se organizaron estas consultas teniendo como base el conocimiento adquirido sobre el proceso de acarreo de estéril, y los parámetros más importantes del mismo, con el fin de tener una base de datos más estructurada y ajustada a lo que se requiere en el proyecto. En últimas, ésta es la base principal para desarrollar los algoritmos finales teniendo en cuenta que se contará con una fuente de información cuantitativa, significativa y ordenada.

#### 1.4.5. Fase 5. Caracterización del proceso de acarreo de estéril.

A partir de la depuración de la información obtenida, tanto cualitativa como cuantitativa, se procedió a caracterizar el proceso de acarreo de estéril en todas sus etapas, buscando los procesos y subprocesos más representativos que lo componen, detallando los aspectos más importantes dentro de éstos como: entradas, objetivos, salidas, recursos, dueños y líderes del proceso, etc., con el fin de lograr alto grado de detalle y de la manera más ajustada posible. Estas caracterizaciones se validaron a través de diferentes personas involucradas en el proceso de acarreo de estéril.

Finalmente, ésta caracterización se consignó en un formato estilo BowTie<sup>21</sup>, que para efectos de practicidad en la empresa fue sugerido por el tutor encargado,

---

<sup>21</sup> Ver marco teórico.

debido a que muchos miembros de la organización conocían éste formato gracias a la implementación de un sistema de clasificación de riesgos operativos. Es importante resaltar que el formato no es exactamente igual, ni se rige por la metodología que utiliza para su diligenciamiento, sólo se tomó como una plantilla de presentación.

#### 1.4.6. Fase 6. Identificación de eventos críticos de mayor impacto.

Con las consultas de producción ya más organizadas (fase 4) y soportado sobre las demás herramientas oficiales de la compañía, se identificaron cuantitativamente los eventos críticos, o las operaciones dentro del proceso que más impactan a la producción y por ende merecen más atención por parte del autor. Se debe tener en cuenta que para ésta identificación de eventos críticos ya se contaba con la base de los procesos y subprocesos identificados y caracterizados, para efectos de asignar el evento crítico al lugar que corresponda.

#### 1.4.7. Fase 6. Diseño de metodologías de control de eventos críticos.

Dentro de esta fase se organizaron los eventos críticos de control dentro del proceso o subproceso donde fueron identificados o donde tenían mayor impacto en los resultados de producción (tanto cualitativos como cuantitativos). A raíz de esto, se diseñó la metodología de control más efectiva para cada punto acorde a los parámetros de cada proceso con su respectivo indicador de control. A su vez, se incluyó el directo responsable del control de dicho evento crítico quien se encargará de monitorear su operación en procura de cumplir con el indicador meta de cada uno.

#### 1.4.8. Fase 7. Diseño de algoritmos de control de eventos críticos.

Finalmente, y luego de tener los eventos críticos identificados y clasificados, se procedió a diseñar la herramienta que permita controlarlos de manera efectiva y en el menor tiempo de respuesta posible.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS

Un proceso es un conjunto de actividades interrelacionadas que interactúan y transforman elementos de entrada en resultados. Generalmente, los resultados de entrada de los procesos suelen ser productos o resultado de otros procesos predecesores. Para que los procesos funcionen eficientemente, es necesario determinar todas las actividades relacionadas entre sí, en aras de listar las características más importantes de las operaciones productivas ejerciendo control futuro de las mismas. A este proceso se le conoce como *Caracterización de Procesos*<sup>22</sup>.

Según Córdoba Carlos (2009), la caracterización de cualquier proceso es una forma de separarlo en sus partes pequeñas más importantes, llevándolo desde lo general hasta lo particular de sus parámetros. Es así como es posible ampliar la visión de una operación observando que no sólo se trata de describirla con palabras, sino que se enfoca en destacar sus componentes, su finalidad y su importancia, siendo comprendida por cualquier persona que desee conocer, saber o hasta interactuar directamente con dicho proceso<sup>23</sup>.

La caracterización de procesos consiste en identificar las características de los procesos en una organización, y se orienta a ser uno de los primeros pasos para adoptar un enfoque basado en procesos, identificando qué procesos deben

---

<sup>22</sup> INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS, ICONTEC. Norma técnica Colombiana NTC-ISO 9001, Sistemas de gestión de la Calidad. Requisitos. Tercera actualización, p3.

<sup>23</sup> CORDOBA, Carlos. Caracterización de los procesos. [En línea] Julio 5 de 2009. Disponible en la Web: <http://gerenciaprosesos.comunidadcoomeva.com>

aparecer en la estructura de procesos global del sistema<sup>24</sup>. La información que define la caracterización de procesos varía de acuerdo al tipo de organización, pero como mínimo debe disponer de:

- Elementos de entrada.
- Elementos de salida.
- Responsables.
- Objetivos.
- Indicadores.
- Procesos relacionados.
- Recursos utilizados.
- Alcance del proceso.

Metodológicamente hablando, una forma correcta de caracterizar un proceso productivo se da de la siguiente manera<sup>25</sup>:

- Inicialmente se plantea que toda la caracterización mantenga siempre un “hilo conductor” a través del procedimiento.
- La caracterización se basa en el enfoque por procesos, es decir, aplicar un pensamiento de izquierda a derecha.
- Inicialmente se hace necesaria la identificación de tres factores primarios: Misión, Líder y límites, los cuales definirán los parámetros y el alcance total de cada operación para caracterizar.
- Una vez descrito esto, se debe identificar uno de los productos (el más representativo) que arroje el proceso al finalizar.
- Con el producto identificado, se mencionan los clientes, subprocessos e indicadores de control para la obtención de la salida final del proceso.

---

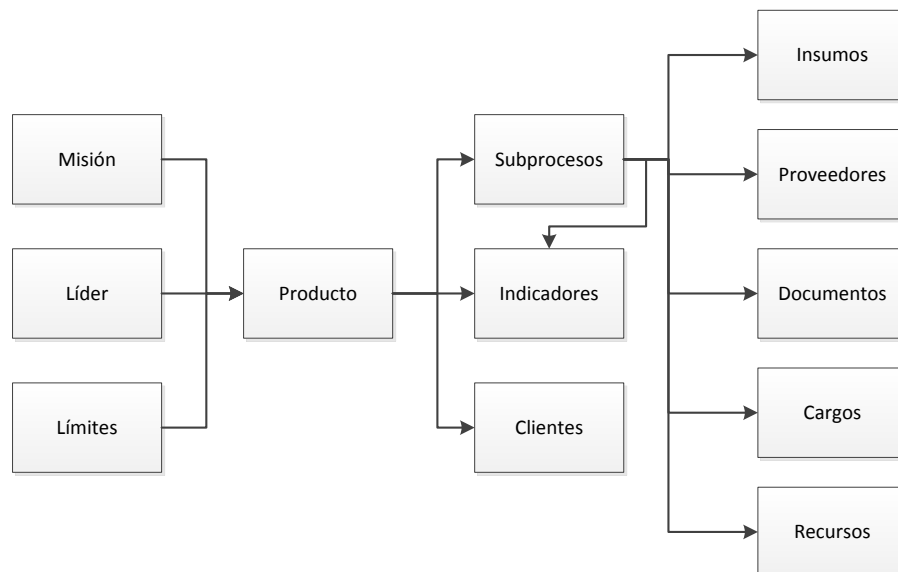
<sup>24</sup> Área metropolitana centro occidente AMCO. Caracterización de procesos de recursos físicos. [En línea]. Disponible en la web: <http://www.amco.gov.co/>

<sup>25</sup> Opcit p31.

- Asimismo, de los subprocesos se desprende la determinación de los restantes documentos, proveedores, cargos, recursos e insumos necesarios para la realización de los objetivos del proceso.
- Es importante enlazar todos los factores bajo una coherencia lógica entre sí, teniendo en cuenta que los objetivos del proceso deben ser acordes con los productos obtenidos de él.

En la Figura 4 se presenta un esquema que apoya esta metodología de caracterización descrita.

**Figura 4.** Metodología de determinación de factores para caracterización



## 2.2. DIAGRAMAS DE FLUJO

Un Diagrama de Flujo representa la esquematización gráfica de un algoritmo utilizando diversos símbolos para representar operaciones específicas que deben ser realizadas bien sea para resolver un problema, o para desarrollar el proceso como tal. La indicación particular es que las operaciones deben seguir un orden lógico de ejecución con un inicio y un fin único. Se les llama diagramas de flujo porque los símbolos utilizados se conectan por medio de flechas para indicar la secuencia de operación y representan la forma más tradicional y duradera para

especificar los detalles algorítmicos de un proceso. La creación del diagrama de flujo es una actividad que agrega valor, pues el proceso que representa está ahora disponible para ser analizado, no sólo por quienes lo llevan a cabo, sino también por todas las partes interesadas que aportarán nuevas ideas para cambiarlo y mejorarlo.

Para Ortiz Néstor (1999)<sup>26</sup>, un diagrama de flujo es la representación gráfica de las actividades que conforman un procedimiento. Por lo general, muchos de los procesos productivos y de servicios presentan despilfarros en alguno de sus puntos, a lo largo de la operación. En una empresa se realizan simultáneamente muchos procesos, más sin embargo pocas veces se analizan sus fallas o posibilidades de mejoramiento. Por ende, una herramienta de apoyo gerencial trascendental en la toma de decisiones son los diagramas de flujo de procesos que describen paso a paso las operaciones necesarias para cumplir los objetivos destinados a cada proceso.

De igual manera, los diagramas de flujo se dividen en tres tipos que son:

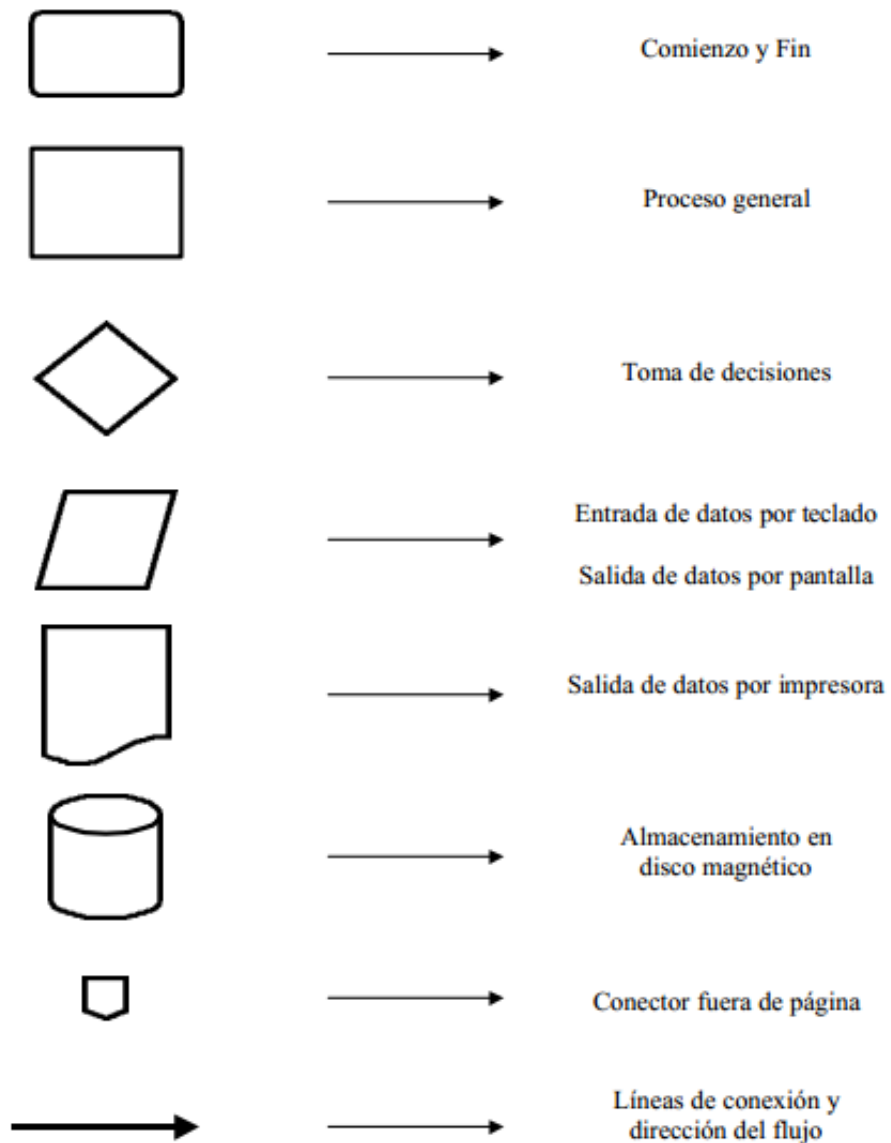
- Diagrama de bloque: Descripción de los procesos por bloques. Es usado principalmente para la esquematización de macro procesos productivos extensos.
- Diagrama de flujo simple: Diagrama específico de los procesos administrativos. Es fácil establecer una visión holística de la situación mediante el diseño del mismo, más sin embargo no vincula a las personas involucradas dentro de las operaciones.
- Diagrama de flujo funcional: No sólo permite la visualización global de los procesos diagramados sino que, a diferencia del anterior, éste permite relacionar de manera práctica a las personas involucradas en cualquier procedimiento.

---

<sup>26</sup> ORTIZ, Néstor. Análisis y mejoramiento de los procesos de la Empresa. Universidad Industrial de Santander, 1999, p133.

Un diagrama de flujo está compuesto de diversos símbolos como se muestra en la Figura 5 a continuación:

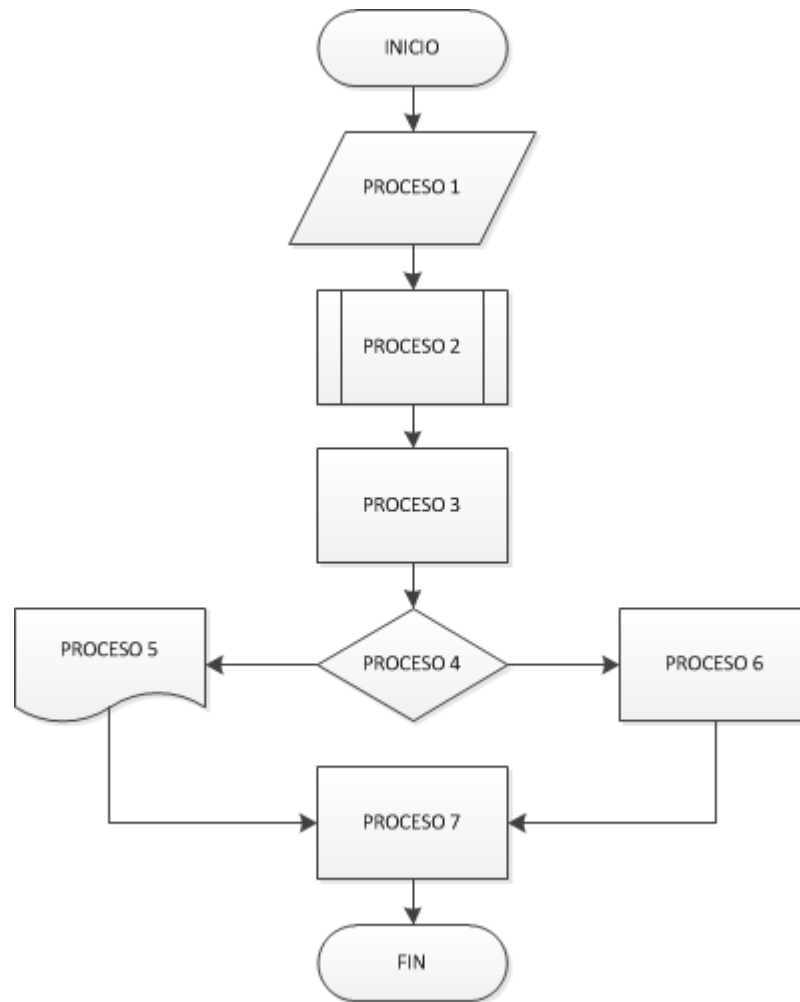
**Figura 5.** Elementos básicos de los diagramas de flujo.



**Fuente:** Universidad de Salamanca. Apuntes de informática, diagramas de flujo.

Para esquematizar un ejemplo de un diagrama de flujo a continuación se muestra en la Figura 6:

**Figura 6.** Ejemplo de un diagrama de flujo



Schroeder Roger (2008)<sup>27</sup>, ha propuesto los siguientes pasos consecutivos en el análisis de los diagramas de flujo:

1. Selección de un proceso productivo relevante dentro de la compañía
2. Armar un grupo, designando un líder, en procura de realizar análisis y mejoramientos al sistema basado en soluciones encontradas.

---

<sup>27</sup> SCHROEDER, Roger. Operations Management, contemporary concepts and cases. 4<sup>th</sup> Edition. McGraw Hill, 2008. p51.

3. Decidir los objetivos del análisis.
4. Definición de clientes y proveedores del sistema.
5. Establecer los indicadores de rendimiento de los procesos involucrados.
6. Monitorear constantemente el diseño de estos diagramas.
7. Supervisar con los altos mandos los resultados obtenidos
8. Implementar el nuevo diseño de proceso

### **2.3. MAPA DE PROCESOS**

El mapa de proceso contribuye a hacer visible el trabajo que se lleva a cabo en un sistema de una forma distinta a la que ordinariamente se conoce. A su vez, ofrece una visión general del sistema o proceso a diagramar. En él se representan los procesos que componen el sistema, así como sus relaciones principales. Dichas relaciones se indican mediante flechas y registros que representan flujos de información.

Los mapas de procesos son el primer paso para la administración de los mismos y consiste en herramientas que permiten documentar, analizar, mejorar, definir límites y rediseñar la forma de operar. Además, teniendo conocimiento de las entradas, salidas e interrelaciones entre ellas es posible<sup>28</sup>:

- Entender cómo interactúan los procesos dentro del sistema de negocio
- Localizar puntos de falla y problemas puntuales
- Evaluar las actividades que generan valor a los clientes
- Identificar qué procesos necesitan reingeniería
- Mejorar la satisfacción de los clientes.

---

<sup>28</sup> BOEHRINGER Robert, KING Paul. Article: Process mapping giving great direction. OrionDevelopmentGroup, 2006.

El mapa de procesos es una herramienta que permite mostrar las interacciones a una escala macro, en donde los procesos operativos interactúan con los de soporte, que comparten “necesidades” y “recursos” y con los de gestión administrativa porque comparten “datos” e “información”<sup>29</sup>.

Por otra parte, estos diagramas son poderosas herramientas de comunicación que proporcionan una evidente comprensión en la forma como operan los procesos; tienen la ventaja de reflejar con precisión las operaciones actuales y a partir de allí es posible evaluarlas con claridad. De la misma forma, un mapa de procesos identifica las actividades que se hayan agregado a un proceso con el paso del tiempo y en procura de adaptar y renovar los procedimientos antiguos. En síntesis, un mapa de procesos es *la representación gráfica de todos los pasos involucrados en un proceso completo o en un segmento específico*<sup>30</sup>.

A través de este tipo de gráfica se permiten ver tareas o pasos que a menudo pasan desapercibidos en el día a día, y que sin embargo, afectan positiva o negativamente el resultado final de un sistema complejo. Los mapas de proceso permiten la identificación clara de los individuos que intervienen en el proceso, la tarea que realizan, a quién afectan cuando su trabajo no se realiza correctamente y el valor de cada tarea o su contribución al mismo. También permite evaluar cómo se entrelazan las distintas tareas que se requieren para completar una operación, si son paralelas o secuenciales. Los mapas de procesos se representan uno y cada uno de los procesos que componen un sistema así como sus relaciones principales. Dichas relaciones se indican mediante gráficos en forma de mapas conceptuales los cuales representan los flujos de información. Como un ejemplo de esto se muestra en la Figura 7 el mapa de procesos de la Universidad Industrial de Santander.

---

<sup>29</sup> PEREZ Jose A. Gestión por procesos. 4th Edición. ESIC Editorial. Madrid, 2010. p34.

<sup>30</sup> SUMMERS Donna C.S. Administración de la Calidad en las empresas. PersonEducation, México, 2006. p214.

**Figura 7.** Mapa de procesos UIS



**Fuente:** Página web Universidad Industrial de Santander

El mapa de procesos presenta una visión general de los sistemas productivos de las empresas, en donde además se presentan los procesos que lo componen así como sus relaciones principales. Teniendo en cuenta que no existe un formato predeterminado para construir un mapa de procesos, cada organización debe adoptar el diseño que mejor se adapte a su sistema, de ahí la flexibilidad que ofrece a parametrización y caracterización de procesos, los cuales se pueden agregar, así como también editar, activar/desactivar y organizar, lo que permitirá tener un mejor control en el flujo de la información de la empresa<sup>31</sup>.

Según Cohuo José<sup>32</sup>, una de las metodologías para el diseño de mapas de proceso organizacionales consiste en lo siguiente:

<sup>31</sup> Soluciones SIG, empresa de diseño de soluciones organizacionales. [En línea]. Disponible en la web: <http://www.solucionessig.com/portal/>

<sup>32</sup> Instituto Superior de Calkini, ITESCAM. Elaboración de mapas de proceso. [En línea]. Disponible en la web: <http://www.itescam.edu.mx/portal/>

- Identificación de los actores y dueños de los procesos
- Identificar la línea operativa existente
- Integrar los procesos de apoyo, soporte y línea administrativa
- Identificar e integrar los demás procesos involucrados en el sistema

#### **2.4. EL FORMATO BOW TIE.**

El origen de este diagrama es realmente desconocido. Su primera mención científica corresponde a una publicación a la Universidad de Queensland, Australia en 1979<sup>33</sup>. Este diagrama generalmente ha sido asociado con los análisis de riesgos biológicos, así como también es referido como un ejemplo de seguridad, lo cual hace que la evaluación de los riesgos en seguridad sea de forma más fácil.

Es llamado de esta forma, o también conocido como análisis mariposa, teniendo en cuenta su forma de corbatín de dos flechas apuntando hacia un círculo interior. El diagrama BowTie es una herramienta que representa diferentes escenarios críticos al momento de presentarse una situación riesgosa en donde, para cada evento de seguridad hay asociado unos niveles de severidad y de daños sustanciales según el peligro al que se esté expuesto<sup>34</sup>.

Este elemento facilita la comprensión de cualquier situación de riesgo puesto que va de izquierda a derecha desde los riesgos preventivos, pasando por el riesgo máximo en el momento de presentarse la pérdida de control, y finalizando con las acciones de recuperación y reposición en caso de presentarse los riesgos máximos.

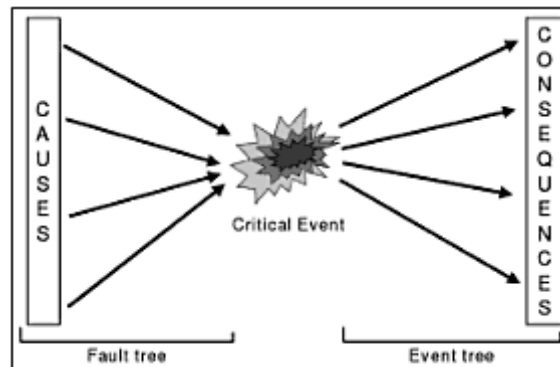
En la Figura 8a continuación se presenta un esquema del formato BowTie.

---

<sup>33</sup> BOWTIE\_XP. Next generation, Bow-Tie tool. Risk Management Made Easily

<sup>34</sup> BREBBIA C.A. Riks Analysis VIII. WIT Press. USA, 2007. p116.

**Figura 8.** Esquema del diagrama BowTie



**Fuente:**RiskAnalysis VIII

Para efectos de éste análisis, el formato BowTie sirvió plenamente como una guía en su presentación para diseñar unas fichas con la caracterización del proceso de acarreo de estéril. Se hizo de esta forma puesto que actualmente la compañía estaba evaluando este formato dentro de un proyecto de manejo y control de riesgos en la operación, y la idea era familiarizarlos con el objetivo del presente documento, presentando una ficha muy similar a la ya conocida, pero enfocada en describir los procesos operativos mencionados.

## **2.5. CONTROL DE EVENTOS CRÍTICOS**

El control de eventos críticos es un instrumento importante para establecer controles que se orienten hacia medidas preventivas o correctivas que eviten resultados adversos e inesperados en cada fase del Proceso Productivo a tratar, ya que el Control es aplicable en todo momento y permite a los dueños y líderes de las operaciones poder estar al tanto de todos los detalles de su funcionamiento, estableciendo las medidas de evaluación para poder medir el desempeño de todas las áreas funcionales. Los eventos críticos de control y los medios de evaluación, aportan los factores críticos para la evaluación del desempeño con base en los planes proyectados, por lo tanto las organizaciones deberán medir sus resultados constantemente como herramienta de mejora continua.

Dentro de un proceso productivo, la determinación de los eventos críticos se define como una fase en la que puede aplicarse un control a la operación y que resulta esencial para prevenir o eliminar cualquier actividad que redunde en resultados negativos en los indicadores de rendimiento de cada proceso o subproceso en general<sup>35</sup>. Por ende, si se ha identificado una operación errónea en una fase donde se justifique efectuar un control, y si no existe ninguna medida de control en esa fase o en cualquier otra, deberá incluirse alguna que resulte efectiva en el tiempo.

La determinación de un eventos críticos de control puede verse facilitada por la aplicación de un árbol de decisiones representado mediante una metodología lógica. La aplicación de este árbol de decisiones deberá de ser flexible para ajustarse al tipo de operación a estudiar. Como parte esencial de cualquier caracterización de procesos, es necesario incluir indicadores de control que faciliten el monitoreo constante y efectivo de cualquiera de ellos.

## **2.6. VISUAL BASIC**

Visual-Basic es una herramienta de diseño de aplicaciones para Windows, en la que estas se desarrollan en una gran parte a partir del diseño de una interface gráfica. En una aplicación Visual - Basic, el programa está formado por una parte de código puro, y otras partes asociadas a los objetos que forman la interface gráfica. Es por tanto un término medio entre la programación tradicional y la programación orientada a objetos.

Visual Basic es un lenguaje de programación de los llamados "visuales", puesto que parte de la programación que se realiza con él se basa en la utilización de elementos perceptibles a la vista. Tradicionalmente el lenguaje Basic

---

<sup>35</sup>Mi tecnológico. Temario universitario por carreras físico mecánicas. [En línea]. Disponible en la web: <http://www.mitecnologico.com/admon/Main/PuntosCriticosDelControl>

(BeginnersAll-PurposeSymbolicInstructionCode)<sup>36</sup> es considerado como el lenguaje de los principiantes en el mundo de la programación, si bien no tiene la potencia suficiente para cubrir todas las expectativas de los programadores avanzados. Visual Basic es una aplicación y un lenguaje de programación desarrollado por Alan Cooper para Microsoft originado en el clásico lenguaje BASIC, y como su nombre lo indica, utiliza una interfaz totalmente visual<sup>37</sup>.

Actualmente, los programas creados en Visual Basic sólo funcionan en Windows. La aplicación Visual Basic, permite crear ventanas, botones, menús, etc. de forma sencilla con solo arrastrar y soltar los elementos. Luego se pueden definir las apariencias, posiciones y comportamientos tanto de forma visual como utilizando códigos de programación y el objetivo de visual basic es permitir a todos los desarrolladores en general abordar el desarrollo de aplicaciones complejas con facilidad, eliminando los errores de programación más comunes en C y C++.

En Microsoft Excel®, este lenguaje se utiliza para la programación de Macros, elemento altamente útil en la realización de aplicaciones y el manejo efectivo de bases de datos de manera rápida y precisa. Mediante esta programación, se dan las órdenes para que el programa ejecute tareas y lleve a los resultados deseados por el programador. A su vez, las macros facilitan el manejo de grandes bases de datos puesto que automatizan las funciones de Excel y transforman el programa en una aplicación independiente y amigable con el usuario.

---

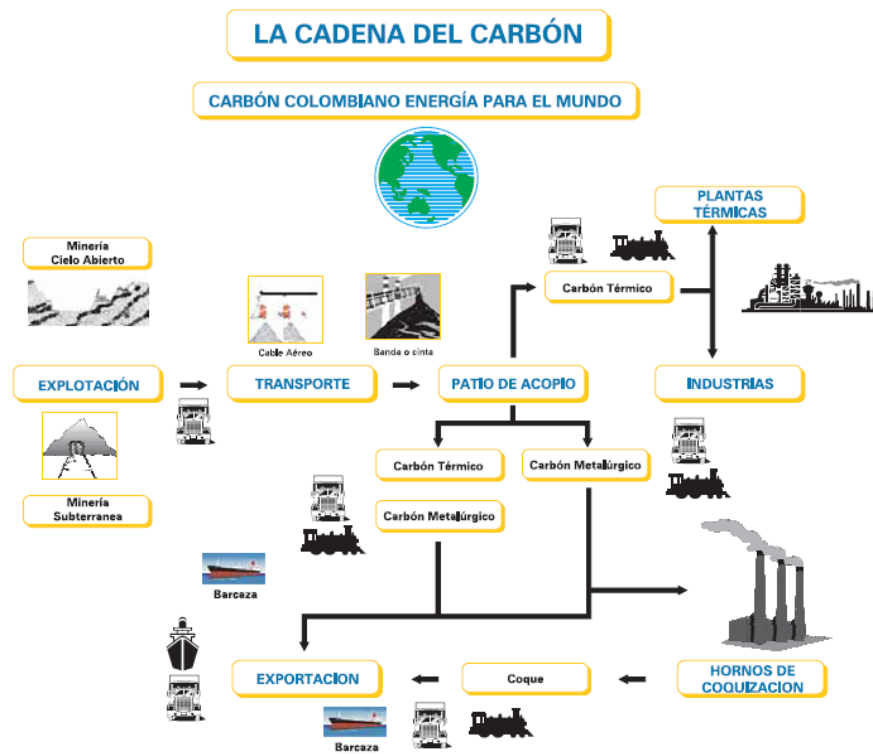
<sup>36</sup>GARCIA José, BRAVO Goncal. Manual de Visual Basic para Excel. 2003, p4.

<sup>37</sup>Op cit., p43.

### 3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO MINERO

El proceso de minería de carbón se desarrolla en seis etapas (macroprocesos) que son: deforestación, exploración, explotación, acopio, transporte, exportación y rehabilitación, las cuales abarcan una compleja integración de factores naturales, ambientales, humanos, económicos, etc.; que derivan finalmente en extracción y uso del mineral. La Figura 9 representa una esquematización completa de la cadena de producción del carbón.

**Figura 9.** Esquema de la cadena del carbón



**Fuente:** [http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena\\_carbon.pdf](http://www.upme.gov.co/Docs/Cadena_carbon.pdf)

En la etapa de **deforestación**, las capas de material vegetal y suelo fértil son removidas y dispuestas en bancos especiales para su preservación y posterior reforestación de la zona, luego de cumplir su tiempo de vida útil de explotación.

Esta es la etapa inicial y sus procesos deben ser amigables con el medio ambiente, mitigando en menor medida el impacto hacia las especies de flora y fauna que sean trasladadas de allí. Luego de esto, comienza una etapa de **exploración**, en donde los geólogos realizan perforaciones y estudios del terreno para determinar conceptualmente la configuración, diseño y distribución de los mantos de carbón en la zona, y realizando los planes de avance de minería según las necesidades de la operación.

Según los planes obtenidos, sigue un proceso de **explotación** planeado y secuencial, en donde todos los recursos de la operación se ponen al servicio de esta etapa. La explotación tiene en cuenta desde la perforación del suelo, voladura, remoción, cargue y transporte tanto de material estéril como del mineral que se va a obtener. Esta es la etapa más importante del proceso y la que más alto grado de complejidad aporta, puesto que se enfoca en el proceso netamente de minería sobre la superficie. El material que es extraído de la mina es transportado a lugares de **acopio** en donde se ordena y clasifica según las necesidades y requerimientos tanto de la empresa como de sus clientes, y funciona como etapa intermedia al proceso de **transporte**.

El **transporte** del material se realiza bien sea en vehículos propios de la empresa, como en equipos alquilados o subcontratados según sea el caso. Generalmente, este transporte se realiza hasta lugares específicos de embarque como los puertos; y es allí donde, luego de haberse cumplido todos los requisitos legales y normativos del país, se realiza el proceso de **exportación** en donde la mayoría de las veces se hace con buques contratados por la empresa cliente. Finalmente, la empresa encargada de explotar la región debe realizar un proceso de **rehabilitación** de tierras y especies, comprometiéndose a recuperar la mayor parte posible, mitigando así en la menor medida el impacto medioambiental generado por su operación.

### 3.1. MINERÍA A CIELO ABIERTO EN CERREJÓN

Los procesos mineros a cielo abierto son denominados de esta manera puesto que se ejecutan sobre la superficie de un terreno, a diferencia de la minería subterránea que (como su nombre lo indica), se realiza por debajo del mismo. Este tipo de procesos mineros se consideran más económicos que la minería subterránea, teniendo en cuenta que se incurren en menores costos de infraestructura, túneles y sistemas de transportes que se adapten a las condiciones de terrenos específicos. Cabe resaltar que la rentabilidad de la operación es limitada y genera beneficios positivos siempre y cuando los yacimientos de minerales se encuentren a una distancia no muy distante de la superficie descapotada.

Hoy, Colombia es el primer productor de carbón en América Latina y el décimo en el mundo. El territorio alberga las mayores reservas de toda Latinoamérica (se calculan unos yacimientos potenciales de 16.992 millones de toneladas). A un ritmo de extracción similar al actual, se aseguraría la explotación carbonífera colombiana durante unos 100-120 años<sup>38</sup>, lo que facilita las operaciones de explotación y expansión minera a cielo abierto dentro del territorio nacional.

Cerrejón es un complejo de minería y transporte localizado en la península de La Guajira al noroeste de Colombia. Su proceso de minería a cielo abierto es una operación integrada y en secuencia que se desarrolla en un área aproximada de 69.000 hectáreas, y que se inicia con la limpieza de la superficie y retiro cuidadoso de la capa vegetal que se almacena en bancos de suelo para la futura rehabilitación de las tierras intervenidas por la operación minera, extrayendo la madera aprovechable y derribando la vegetación arbórea remanente. Asimismo, realiza un inventario de los ejemplares de fauna más vulnerables presentes en las

---

<sup>38</sup> RONDEROS, María Teresa. La fiebre minera se apoderó de Colombia. Revista Semana. 6 de septiembre de 2011. <<http://www.semana.com/nacion/fiebre-minera-apodero-colombia/163716-3.aspx>>

áreas que hay que intervenir, se les rescata y se relocaliza en áreas evaluadas y aprobadas como sitios de recepción.

A partir de allí, la siguiente etapa consiste en hacer un estudio geológico previo a la explotación, basado en la realización de un plan de perforación que genere una base de datos geotécnica, a partir de donde se plantea un modelamiento geológico y geográfico de la zona, desarrollando finalmente el plan minero de explotación. Entonces, se diseña una red de pozos a taladrar en donde se tomarán muestras litológicas que determinan la profundidad, el espesor y las características de los minerales más importantes ubicados en estos pozos potenciales. Una vez hecho este muestro, cargando la información a la base de datos, se estudia el terreno para realizar los procesos de perforación, voladura y remoción del material estéril.

Luego, los taladros hacen perforaciones en donde son cargados con agente de voladura para luego realizar la fragmentación del suelo, permitiendo que las palas remuevan el material estéril. En la voladura, se fragmenta la estructura y se avanza según el plan para ir descapotando mantos de carbón, manejando una inclinación de tajo de  $14^{\circ}$ <sup>39</sup>. Palas hidráulicas y eléctricas cargan éste material estéril en camiones de 320 y 240 toneladas de capacidad y acto seguido es depositado en botaderos planeados para su disposición final, según la zona de remoción, hasta dejar expuestos los mantos de carbón.

Una vez los mantos de carbón quedan a la vista, los tractores apilan el material, en donde cargadores frontales y palas hidráulicas entran a cargar el carbón en camiones de 190 toneladas de capacidad, que luego son enviados hacia una de las dos plantas trituradoras o a las diferentes pilas de almacenamiento, dependiendo de su calidad o poder calorífico. El carbón que llega de la mina o de las pilas es triturado acorde a los requerimientos de los clientes a través un

---

<sup>39</sup> CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED. Proyecto de eficiencia y efectividad administrativa, 2009. Pág. 22.

sistema integrado<sup>40</sup> que recibe el carbón, lo tritura y, luego de asegurar la calidad deseada, lo lleva por medio de una banda transportadora hacia la parte superior de los silos para luego cargarlo al ferrocarril. La altura de cada silo es de aproximadamente 72 metros, tienen una capacidad de 13.000 toneladas cada uno, y cada silo puede cargar por completo un tren largo a una velocidad de 1,3 a 1,5 Km/hora, siempre en movimiento. La operación de descargue empieza cuando el tren pasa por debajo de los silos, y de manera electrónica, un operador abre las compuertas de descarga que liberan el mineral y llenan cada vagón. Una vez el tren es cargado se le hace un proceso de raspado, compactación y adición de agua con un subsistema supresor de polvo, que elimina la polución y contaminación durante el viaje, y es de esta manera como el tren emprende su recorrido de 150 kilómetros hacia el puerto de Puerto Bolívar<sup>41</sup>, como se observa en la Figura 10.

**Figura 10.** Trayecto del Ferrocarril La mina-Puerto Bolívar.



**Fuente:** <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=248489>

<sup>40</sup> Compuesto por dos plantas trituradoras y dos silos.

<sup>41</sup> Es considerado el terminal carbonífero más importante de América Latina. Ubicado sobre el mar Caribe, recibe buques de hasta 175.000 toneladas de peso muerto y con un canal navegable de 19 metros de profundidad, 225 metros de ancho y 4 kilómetros de largo.

En puerto, el descargue se realiza por medio de un dispositivo automático, que al hacer contacto con cada vagón del tren, acciona un sistema que abre las compuertas inferiores permitiendo la salida del mineral, para luego cerrarlas y continuar con el siguiente vagón. El material descargado de los vagones pasa por cuatro alimentadores y un sistema de bandas transportadoras y estaciones de transferencias, donde es retribuido hacia uno de los tres apiladores reclamadores, que lo depositan en las pilas de almacenamiento, y luego lo recuperan y envían hacia el cargador lineal de los barcos. Estos lo depositan dentro las bodegas de los buques carboneros que zarpan hacia diversos países del mundo. Se resalta que el ciclo completo de cargue, transporte, descargue en puerto y regreso a la mina dura aproximadamente 12 horas, a razón de 9 trenes diarios en promedio.

Finalmente, es importante para la compañía que todas las actividades de producción, transporte y embarque de carbón se lleven a cabo teniendo en cuenta la protección del medio ambiente. La estructura y las funciones biológicas de las tierras intervenidas por la minería se reconstruyen mediante la rehabilitación de terrenos, donde se restablece el ecosistema dejándolo en las condiciones similares o mejores a las que tenía originalmente. Se hace la estabilización del suelo, usando semillas de pasto **buffel**<sup>42</sup> que crea una nueva estructura de suelo, con penetración directa sobre el mismo. Luego de dos o tres años en estabilización, se comienza con la siembra de árboles nativos de la región para igualar las condiciones de los bosques naturales que antes poblaban el terreno. Los animales se establecen en zonas de protección de especies nativas como babillas, venados, tigrillos, iguanas, tortugas verdes, cardenales, etc. Sobre la superficie de los botaderos de estéril o áreas de retrollenado liberados por la minería, se conforma un nuevo suelo, con el objeto de construir en unos pocos bosques similares a los existentes en el vecindario de la minería.

---

<sup>42</sup> Tipo de pasto tropical de origen africano, caracterizado principalmente por su crecimiento en épocas de verano, de tipo perenne, de raíces profundas, y resistente a las sequías, el pastoreo y la quema.

### 3.2. EL PROCESO DE ACARREO DE ESTÉRIL

El proceso de acarreo de estéril puede definirse tácitamente a partir del ciclo de cargue, el cual corresponde a la operación que va desde el cargue de cada camión con el material estéril, hasta la disposición de material en cada botadero y su posterior nueva asignación. La esquematización de este ciclo puede verse en la Figura 11.

**Figura 11.** Esquematización del ciclo de cargue



El ciclo completo se compone de cuatro etapas fundamentales que son: cargue, viaje lleno, descargue, viaje vacío. En estas cuatro etapas se desarrolla todo el proceso de acarreo, explicado brevemente de la siguiente manera:

Luego de realizar la voladura, los equipos de cargue se posicionan y se mueven según la planeación minera y el avance de los tajos se hace acorde a la posición de los mantos de carbón. Al posicionarse, las palas comienzan a realizar el cargue de los camiones que se van acumulando en fila, que, luego de ser cargados, solicitan asignación en el sistema para alguno de los botaderos disponibles en cada tajo, iniciando un proceso de viaje lleno. Al llegar allí, el operador de camión indica en el sistema su nueva posición y procede a realizar el descargue en el botadero según el procedimiento estándar de operación. Luego del descargue, el

camión solicita nueva asignación de pala al sistema para continuar nuevamente con el ciclo.

Durante el ciclo se presentan necesariamente interrupciones asociadas a operaciones de apoyo y soporte, así como a procesos repentinos e inesperados como las lluvias. Durante el mediodía, el proceso se detiene para realizar voladura en las zonas especificadas por el plan, tiempo durante el cual los operarios toman su refrigerio que corresponde al almuerzo de la jornada. Este periodo se conoce como “la continua” y abarca las horas 7, 8 y 9 del turno normal de operación (sea diurno o nocturno).

A su vez, todo el proceso está monitoreado por los analistas de producción que se encuentran en el mismo departamento, y dentro de la base de operaciones remotas en la mina. Estos analistas cuentan con la tecnología necesaria para controlar el proceso desde un computador y son los encargados de manejar las herramientas de información de la compañía. Esto es a lo que se le conoce como el CTD.

#### 4. ORGANIZACIÓN DE LAS CONSULTAS DE PRODUCCIÓN

Actualmente, cualquier persona del departamento de producción con una cuenta de acceso a los computadores de la empresa y unos conocimientos del software corporativo puede tener acceso a la base de datos principal, en donde es consignada absolutamente toda la información a detalle de la totalidad de los procesos operativos involucrados dentro de la mina. Este software responde al nombre de Power View, y consiste en una herramienta de SQL (Structured Query Language)<sup>43</sup> que consiste en un software de organización de grandes bases de datos y consultas, que organiza y genera reportes dependiendo de la información a solicitar. En Cerrejón, este software es altamente utilizado y contiene los datos de todos los eventos y movimientos que realiza cada equipo durante cada segundo del día, guardando su información para una posterior organización y clasificación según lo solicitado por el analista. La información se trae enlazando Querys<sup>44</sup> entre sí, de manera que se unan de forma lógica, comprendiendo que la consulta contiene similares parámetros de búsqueda. Las bases de datos aquí organizadas son llevadas a Excel en forma de tablas, y ajustadas a los parámetros de búsqueda seleccionados anteriormente. En la Figura 12 se muestra un ejemplo de un Query traído desde Power View hacia Excel.

La Figura 12 muestra algunos parámetros de producción obtenidos mediante una consulta realizada desde Power View. Contiene elementos como los equipos, el lugar de carga, volúmenes, tiempos, turnos, etc. Es importante destacar la información correspondiente a esta base de datos, ya que esta es la base fundamental para el desarrollo de la aplicación final.

---

<sup>43</sup> SQL Software, soluciones integrales empresariales. [En línea]. Disponible en la web: [www.sqlsoftware.com.co/](http://www.sqlsoftware.com.co/)

<sup>44</sup> Son búsquedas o pedidos de datos almacenados en una base de datos.

Figura 12. Query de Power View traído a Excel

emqmttype	status	reason	category	SumOfduration	emqmtid	crew	mes	unit	emqt	name	StatName	CatName	Status
Car789C	1	30	1	2,005000114	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	LUCES	Down	Down	Down
Car789C	2	1	2	8,354999989	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	DISPONIBLE	Disponible	Disponible	Operaci
Car789C	3	2	2	0,009722223	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	FALTA DE PALA/SIN FERROCAR	Standby	Disponible	Operaci
Car789C	3	12	3	0,636388861	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	BUSCANDO OPERADOR	Standby	Standby	Standby
Car789C	3	754	3	0,0125	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	PESAJE EN BASCULA	Standby	Standby	Standby
Car789C	3	800	3	0,039999999	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	MNTO ENTREGA OPERATIVO	Standby	Standby	Standby
Car789C	4	13	2	0,183055554	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	ESPERA TRIT	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	4	14	2	0,040833332	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	ESPERA PLAV	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	4	21	2	0,348888888	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	CAMBIO TURNO EN CALIENTE	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	4	420	2	0,107500002	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	ESPERANDO PARA TANQUEO	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	4	421	3	0,261111111	022-250	Caribes	JUL	Camion	022-250	COMBUSTIBLE	Demora	Standby	Standby
Car789C	2	1	2	10,787499991	022-251	Caribes	JUL	Camion	022-251	DISPONIBLE	Disponible	Disponible	Operaci
Car789C	3	2	2	0,066944443	022-251	Caribes	JUL	Camion	022-251	FALTA DE PALA/SIN FERROCAR	Standby	Disponible	Operaci
Car789C	3	754	3	0,0275	022-251	Caribes	JUL	Camion	022-251	PESAJE EN BASCULA	Standby	Standby	Standby
Car789C	4	4	3	0,820833325	022-251	Caribes	JUL	Camion	022-251	REFRIGERIO	Demora	Standby	Standby
Car789C	4	13	2	0,066111111	022-251	Caribes	JUL	Camion	022-251	ESPERA TRIT	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	4	18	2	0,231111109	022-251	Caribes	JUL	Camion	022-251	DEMORA EN TIENDA	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	2	1	2	10,731388884	022-252	Caribes	JUL	Camion	022-252	DISPONIBLE	Disponible	Disponible	Operaci
Car789C	3	14	3	0,455277771	022-252	Caribes	JUL	Camion	022-252	OPERADOR BAJADO PARA:	Standby	Standby	Standby
Car789C	3	754	3	0,047499998	022-252	Caribes	JUL	Camion	022-252	PESAJE EN BASCULA	Standby	Standby	Standby
Car789C	4	4	3	0,483611107	022-252	Caribes	JUL	Camion	022-252	REFRIGERIO	Demora	Standby	Standby
Car789C	4	10	2	0,219444446	022-252	Caribes	JUL	Camion	022-252	OTROS	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	4	13	2	0,070277778	022-252	Caribes	JUL	Camion	022-252	ESPERA TRIT	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	2	1	2	10,464444453	022-253	Caribes	JUL	Camion	022-253	DISPONIBLE	Disponible	Disponible	Operaci
Car789C	3	14	3	0,194722222	022-253	Caribes	JUL	Camion	022-253	OPERADOR BAJADO PARA:	Standby	Standby	Standby
Car789C	3	700	2	0,008333333	022-253	Caribes	JUL	Camion	022-253	CAMBIO DE OPERADOR	Standby	Disponible	Operaci
Car789C	3	754	3	0,023055555	022-253	Caribes	JUL	Camion	022-253	PESAJE EN BASCULA	Standby	Standby	Standby
Car789C	4	4	3	0,485833347	022-253	Caribes	JUL	Camion	022-253	REFRIGERIO	Demora	Standby	Standby
Car789C	4	13	2	0,516944438	022-253	Caribes	JUL	Camion	022-253	ESPERA TRIT	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	4	21	2	0,055277779	022-253	Caribes	JUL	Camion	022-253	CAMBIO TURNO EN CALIENTE	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	4	421	3	0,251388878	022-253	Caribes	JUL	Camion	022-253	COMBUSTIBLE	Demora	Standby	Standby
Car789C	2	1	2	10,52249993	022-254	Caribes	JUL	Camion	022-254	DISPONIBLE	Disponible	Disponible	Operaci
Car789C	3	2	2	0,152222216	022-254	Caribes	JUL	Camion	022-254	FALTA DE PALA/SIN FERROCAR	Standby	Disponible	Operaci
Car789C	3	435	3	0,159166666	022-254	Caribes	JUL	Camion	022-254	MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE	Standby	Standby	Standby
Car789C	3	754	3	0,034166666	022-254	Caribes	JUL	Camion	022-254	PESAJE EN BASCULA	Standby	Standby	Standby
Car789C	4	4	3	0,482777774	022-254	Caribes	JUL	Camion	022-254	REFRIGERIO	Demora	Standby	Standby
Car789C	4	13	2	0,536111113	022-254	Caribes	JUL	Camion	022-254	ESPERA TRIT	Demora	Disponible	Operaci
Car789C	4	421	3	0,113055557	022-254	Caribes	JUL	Camion	022-254	COMBUSTIBLE	Demora	Standby	Standby
Car789C	2	1	2	9,769722224	022-255	Caribes	JUL	Camion	022-255	DISPONIBLE	Disponible	Disponible	Operaci
Car789C	3	2	2	0,404722217	022-255	Caribes	JUL	Camion	022-255	FALTA DE PALA/SIN FERROCAR	Standby	Disponible	Operaci
Car789C	3	435	3	0,038333334	022-255	Caribes	JUL	Camion	022-255	MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE	Standby	Standby	Standby
Car789C	3	436	2	0,025833333	022-255	Caribes	JUL	Camion	022-255	BOTADERO NO DISPONIBLE	Standby	Disponible	Operaci

En otras palabras, cualquier persona tiene la posibilidad de generar las consultas que considere pertinentes dentro del sistema en el momento en que necesite información sobre los procesos de minería. El problema de esto, es que requiere comprender la lógica y la dinámica del software puesto que éste no es de naturaleza “friendlyuser”<sup>45</sup>, e implica que el usuario debe hacer los enlaces precisos entre los campos que desee buscar para no generar consultas erróneas. Dicho de otra manera, quien quiera hacer una consulta en Power View debe conocer el programa y saber enlazar las entidades de manera precisa. Por ende, en Cerrejón se han generado múltiples aplicaciones por parte de los dueños de los procesos operativos, en procura de estandarizar y facilitar esta práctica común, que si bien suministra los requerimientos de información de cliente, resulta en una actividad tediosa y demorada que no siempre puede llegar a ser tan eficiente como se pudiese desear en cualquier otro escenario, aun sabiendo manejar el

<sup>45</sup> Término en inglés que significa “Fácil de utilizar”

programa. La búsqueda de dicha información depende de un tipo de programación precisa de las matrices de datos consignadas en el software principal, factor que añade la posibilidad de cometer errores en las consultas y de igual manera en los análisis que de allí se desprendan.

La finalidad principal de esta parte del proyecto, consistió en desglosar las aplicaciones más usadas y extraer de allí las consultas más importantes, de tal manera que se generara una herramienta enfocada exclusivamente en el proceso de acarreo de estéril para el departamento de producción. La recolección de la información necesaria para la compilación organizada de las consultas de producción tuvo en cuenta la siguiente metodología:

#### **4.1. DETERMINACIÓN DE LA INFORMACIÓN NECESARIA.**

Consiste en extraer las consultas relacionadas con el proceso de acarreo de estéril, en sus variables visiblemente más importantes. Estas variables corresponden información relacionada con:

- Cargas de material: volumen, tipo de carga, tiempo total, tajo, distancia recorrida, lugar de botado.
- Equipo: Tipo de equipo, flota, número de identificación, horas de operación, horas de no operación, actividad empleada.
- Fecha y hora: Turno, día, hora-turno, operario, identificación de operario, grupo natural del operario, línea.
- Ubicación: Lugar de las cargas, lugar de la operación, tajo, botadero asignado.
- Eventos: Tipo de evento actual, duración del evento, causa del evento, estado actual.

## 4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN.

Se escogieron aquellas aplicaciones más populares y que han permanecido vigentes dentro del departamento. Para llegar a esta conclusión, bastó con hacer observación directa a las personas que más trabajan la información de producción conformando una lista de diez aplicaciones. Las fuentes de información necesarias para la extracción de las consultas son enlistadas a continuación:

- CSA<sup>46</sup>: Es el analizador de turno estrella de la compañía. Una de las herramientas más usadas y contiene la información de producción más relevante en términos globales. Se actualiza directamente de la base de datos de Power View (únicamente) y genera un reporte de cada hora sobre las estadísticas de la producción para un turno determinado.
- Análisis Factorial (palas y camiones): Herramienta utilizada para calcular los impactos en la producción generados por el desempeño de cada uno de los equipos dentro de la operación. Contiene gran información al detalle sobre la producción de los equipos tanto de cargue como acarreo, y las posibles causas de las ineficiencias más importantes dentro de cada proceso. Esta herramienta fue utilizada para realizar el diagnóstico principal del problema.
- Cumplimiento de capacidades: Aplicación utilizada también para efectos del diagnóstico del problema. Esta herramienta provee el cálculo de la capacidad real de las flotas tanto de cargue como de acarreo hora a hora en un turno normal de 12 horas. A su vez también provee el cálculo real de los impactos en uso y productividad que afectaron la capacidad de cada recurso en este tiempo.
- Reporte de KPI's: Conocidos como *Key Production Index*<sup>47</sup>, por sus siglas en inglés, el reporte de los KPI's es una herramienta que mide al departamento de producción en aspectos globales tan importantes como:

---

<sup>46</sup> Siglas para *Cerrejón Shift Analyzer*

<sup>47</sup> Término en inglés que significa "Indicador clave de producción"

seguridad, cumplimiento de planes, productividad de flota, desempeño de flotas, alimentación de las plantas de carbón, movimientos de trenes, entre otras. Su actualización es manual y automática.

- ARCI: Por sus siglas en inglés de *After Rain Conditions Impact*<sup>48</sup>, es una herramienta especialmente diseñada para medir el impacto de la lluvia sobre cada uno de los equipos de cargue instalados en la mina. A su vez, sirve para medir la velocidad de recuperación de la operación una vez se detiene por completo en un evento por lluvia.
- Registro de cargue de palas y camiones: Consiste en una de las aplicaciones más sencillas en cuanto a su uso y diseño. Básicamente esta herramienta contiene datos específicos del cargue de los equipos principales (palas y camiones), en donde se efectúa un control sobre las cargas realizadas sobre los equipos de acarreo en procura de identificar anomalías en el peso de cada una de ellas, teniendo en cuenta que los equipos pueden tender a dañarse si sobre ellos se aplica constantemente cargas desmedidas con respecto a su capacidad.
- Query de Botaderos: Esta herramienta también bastante sencilla, consiste en una consulta con toda la información relevante de los botaderos y su operación en cada turno. Se actualiza digitando el turno correspondiente y cargando una información adicional de los planes mensuales de minería.
- Registro de equipo auxiliar: Corresponde al análisis detallado de los eventos y la producción de los equipos auxiliares de la operación como traíllas, mototraíllas, tractores, tanqueros, etc.
- Informe de Volúmenes de Producción: Esta aplicación es bastante utilizada en la compañía y reporta las estadísticas globales de la producción al cierre de cada turno. Se actualiza con la base de datos de Power View mediante el cargue automático desde el software Business Object. La información más relevante aquí contenida corresponde a datos de volúmenes de carbón y estéril, uso y desempeño de flotas, desempeño de cada grupo y cuadrilla, desempeño por jornada, entre otras.

---

<sup>48</sup> Término en inglés que significa "Impacto en las condiciones de operación después de evento por lluvia"

- Planes Mensuales de Minería (PPM): Son herramientas generadas por el departamento técnico de producción al principio de cada mes y ajustadas al budget de la compañía. Contienen la información sobre los planes de cada uno de los equipos en la mina como horas de operación, producción, horas de mantenimiento, etc; así como toda la información planeada referente a cada zona, tajo, grupo, cuadrilla, y demás participantes de los procesos. Se define como el marco de referencia del departamento de producción para cada mes del año en curso. Cabe resaltar que los meses Cerrejón van del 28 al 27 de cada mes, y esto es para estandarizar el comienzo-fin de los mismos (nótese que por febrero se hace necesario trabajar bajo esta nomenclatura).

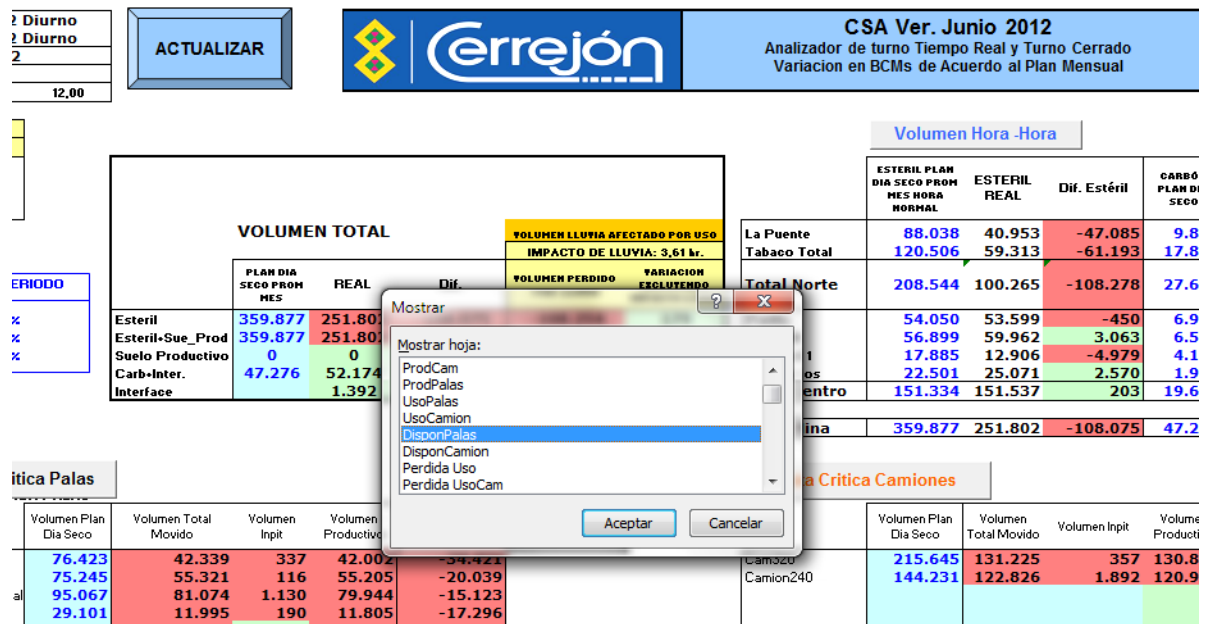
#### **4.3. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EN EL SISTEMA.**

Para entrar en detalle en este punto se hace la aclaración sobre el funcionamiento general de las aplicaciones de producción. Todas ellas están hechas en Microsoft Excel ® 2003, ya que es el paquete de Office presente en la gran mayoría de computadores de la compañía. Estas aplicaciones funcionan mediante el cargue de unos Querys desde la base de datos de Power View, bajo la opción de '*Datos/Otras fuentes/Desde SQL Server*', y a partir de allí se generan las consultas pertinentes, aplicando filtros y enlazando los campos necesarios, lo que va a parar a la hoja de cálculo del programa. Una vez allí, se toman como las bases de datos de la aplicación, y se dejan abiertas para modificar los filtros y actualizar el Query al momento de cambiar los parámetros de cada consulta.

Estas hojas con bases de datos generalmente se dejan ocultas y alimentan tablas dinámicas que, en últimas, funcionan como reportes finales puesto que estas tablas compilan matrices de datos extensas. Si se hace necesario, el diseñador de la aplicación puede incluir fórmulas matemáticas para dar sentido a algunos datos que requiera y/o crear macros para la automatización de su propia aplicación, volviendo las consultas más amigables para cualquier usuario.

Con base a lo expuesto en el párrafo anterior, se realizó la desarticulación de cada aplicación en búsqueda de las consultas más importantes provenientes de Power View. Luego de tener identificadas las herramientas más importantes, se realizó una disgregación y se extrajeron sus consultas concernientes al acarreo de estéril, teniendo en cuenta la información necesaria para el proceso. Para ello, fue indispensable mostrar las hojas de respaldo de cada aplicación, como también abrir las macros y los Querys pertinentes. Como se observa en la Figura 13, una aplicación como el CSA puede tener un alto número de hojas ocultas.

**Figura 13.** Extracción de Hojas ocultas en CSA



La Figura 14 es un ejemplo de los campos que puede requerir un Query para mostrarse tal cual se observa allí. Las variables de las que se hace mención, corresponden a los nombres de cada columna de datos que se genera en el sistema. Siguiendo este método, se hizo un barrido en las bases de datos de cada una de estas aplicaciones obteniendo las consultas respectivas y referenciadas en la Tabla 4, a su vez que se seleccionaron las consultas más importantes con respecto al acarreo de estéril.

**Figura 14.** Ejemplo de una consulta de Hist\_Cargas

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Per-cam-turno-grupo	Per-cam	shiftindex	Periodo	mes	shift	Grupos	Tajo	excav	Tipo de Equipo	load	SumOfloadtons
201112Car789CDiurnoCaribes	201112Car789C	30612	201112	NOV	Diurno	Caribes	Comuneros	C22	Car789C	1	8010
201112Camion240DiurnoCaribes	201112Camion240	30612	201112	NOV	Diurno	Caribes	La Puente	E02	Camion240	4	93,0000763
201112Cam320DiurnoCaribes	201112Cam320	30612	201112	NOV	Diurno	Caribes	La Puente	K01	Cam320	3	11222,35211
201112Camion240DiurnoCaribes	201112Camion240	30612	201112	NOV	Diurno	Caribes	La Puente	Q01	Camion240	3	651,0000534
201112Cam320DiurnoCaribes	201112Cam320	30612	201112	NOV	Diurno	Caribes	Patilla	E05	Cam320	3	6669,264084
201112Cam320DiurnoCaribes	201112Cam320	30612	201112	NOV	Diurno	Caribes	Tabaco Total	E21	Cam320	3	5205,258865
201112Cam320DiurnoCaribes	201112Cam320	30612	201112	NOV	Diurno	Caribes	Tabaco Total	E23	Cam320	3	7553,212311
201112Car789CNocturnoLideres	201112Car789C	30613	201112	NOV	Nocturno	Lideres	Comuneros	C20	Car789C	1	6052
201112Camion240NocturnoLideres	201112Camion240	30613	201112	NOV	Nocturno	Lideres	Oreganal 1	Q03	Camion240	3	8221,943733
201112Camion240NocturnoLideres	201112Camion240	30613	201112	NOV	Nocturno	Lideres	Patilla	I33	Camion240	3	5079,012589
201112Camion240NocturnoLideres	201112Camion240	30613	201112	NOV	Nocturno	Lideres	Tabaco Total	E01	Camion240	3	651,0000534
201112Camion240NocturnoLideres	201112Camion240	30613	201112	NOV	Nocturno	Lideres	Tabaco Total	E12	Camion240	3	653,3483353
201112Camion240NocturnoLideres	201112Camion240	30613	201112	NOV	Nocturno	Lideres	Tajo 100	Q02	Camion240	3	5309,180565
201112Car789CDiurnoTitanes	201112Car789C	30614	201112	NOV	Diurno	Titanes	La Puente	C21	Car789C	6	1602
201112Cam320DiurnoTitanes	201112Cam320	30614	201112	NOV	Diurno	Titanes	La Puente	E08	Cam320	4	125
201112Car789CDiurnoTitanes	201112Car789C	30614	201112	NOV	Diurno	Titanes	La Puente	I32	Car789C	1	356
201112Camion240DiurnoTitanes	201112Camion240	30614	201112	NOV	Diurno	Titanes	Patilla	I33	Camion240	4	93,00000763
201112Car789CDiurnoTitanes	201112Car789C	30614	201112	NOV	Diurno	Titanes	Tajo 100	C20	Car789C	1	6170,311707
201112Car789CDiurnoLideres	201112Car789C	30616	201112	NOV	Diurno	Lideres	Comuneros	C23	Car789C	1	3026
201112Cam320DiurnoLideres	201112Cam320	30616	201112	NOV	Diurno	Lideres	La Puente	E24	Cam320	3	13400,59898
201112Cam320DiurnoLideres	201112Cam320	30616	201112	NOV	Diurno	Lideres	Patilla	I12	Cam320	4	116,0069122
201112Camion240DiurnoLideres	201112Camion240	30616	201112	NOV	Diurno	Lideres	Patilla	I12	Camion240	6	448,9919739
201112Car789CDiurnoLideres	201112Car789C	30616	201112	NOV	Diurno	Lideres	Tabaco Total	C25	Car789C	6	178
201112Camion240DiurnoLideres	201112Camion240	30616	201112	NOV	Diurno	Lideres	Tabaco Total	C26	Camion240	2	1027,696648

**Fuente:**Análisis Factorial de Camiones

En este caso, dichas consultas están codificadas con su nombre real dentro de la base de Power View y corresponden a abreviaciones de lo que realmente contienen. Por ejemplo, la palabra “Hist” corresponde a que son valores históricos y la palabra Titanes que le acompaña corresponde a la información de campo como: “Cargas, descargas, fuel”.

Estas consultas se repiten en cada aplicación y resultan ser bastante comunes entre sí. Lo que comparten aquí es el nombre de los campos completos que necesita cada Query para generarse y se diferencian en el tipo de filtros o de variables que requiere cada una, según lo que se quiera mostrar. Estos filtros corresponden a datos que ingresa el usuario como el código del turno, la fecha, el equipo determinado, un evento en específico, el tipo de carga, las horas requeridas, etc. Es importante tener esto presente a la hora de valorar la tabla 4, puesto que parece que se tratara de las mismas consultas y esto realmente no es así.

**Tabla 4.** Lista de consultas extraídas de cada aplicación.

<b>Aplicación</b>	<b>Consultas extraídas</b>
CSA	Hist_Cargas, Hist_Descargas, Hist_Fuel, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_EqmCat, Cer_Periodo
Análisis Factorial Palas	Hist_Cargas, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_EqmCat, Cer_Periodo (Todo Palas)
Análisis Factorial Camiones	Hist_Cargas, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_EqmCat, Cer_Periodo (Todo camiones)
Cumplimiento de Capacidades	Hist_Cargas, Hist_Descargas, Hist_Fuel, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_EqmCat, Cer_Periodo, Hist_OperId
Reporte KPI's	Hist_Cargas, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_EqmCat, Cer_Periodo (Todo Equipos)
ARCI	Hist_Cargas, Status_Events, Hist_Equimlist
Registro de Cargue Palas	Hist_Cargas, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_EqmCat, Cer_Periodo (Todo Palas)
Registro de Cargue Camiones	Hist_Cargas, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_EqmCat, Cer_Periodo (Todo camiones)
Query de Botaderos	Hist_Cargas, Hist_Descargas, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_OperId
Registro de Equipo auxiliar	Hist_Cargas, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_EqmCat, Cer_Periodo (Equipo Aux.)
PRD Inf. De volúmenes	Hist_Cargas, Hist_Descargas, Hist_Fuel, Status_Events, Hist_Turnos, Hist_Equimlist, Hist_EqmCat, Cer_Periodo, Hist_OperId
Plan Mensual de Minería	Los planes son cargados manualmente por el Departamento técnico a principio de mes. Sin embargo, se puede generar la consulta misma de los planes en el sistema mediante Cer_Periodo, Hist_Turnos, Hist_Plan

#### **4.4. DEPURACIÓN DE LA INFORMACIÓN RELEVANTE.**

Resumiendo, la lista de consultas (de manera general) compilada de todas estas aplicaciones se describe a continuación:

- **Hist\_Cargas:** Contiene toda la información en cuanto a volúmenes de producción y horas de operación se trata, en cada uno de los equipos disponibles y trabajando en la mina. Solo tiene en cuenta las horas productivas de cada equipo cuando está realizando una carga o algún trabajo productivo.

- Hist\_Descargas: Contiene toda la información sobre los descargues en los botaderos de cada uno de los camiones en la mina, incluyendo cantidades, tiempos, distancias y lugares de origen-destino; así como información sobre los operarios involucrados en dicha operación.
- Hist\_OperId: Corresponde a toda la información cargada en el sistema con respecto al personal operativo en producción. Abarca campos como nombre, cédula, grupo, cuadrilla, línea, horas de operación y de ociosidad.
- Status\_Event: Contiene toda la información correspondiente a los eventos y situaciones puntuales de cada equipo en la mina. Abarca tiempos y status (con nombre incluido) para cada una de los 780 códigos disponibles para los eventos presentados en los equipos. Es importante aclarar que esta consulta nunca puede enlazarse con alguna tabla de Hist\_Cargas, puesto que generaría un error importante en los datos.
- Hist\_Turnos: Abarca el historial de turnos de la producción, incluyendo fechas, hora, código de turno (Shiftindex), grupo, jornada (diurna-nocturna), hora, lugar.
- Hist\_Equimlist: Es la lista detallada de cada uno de los equipos integrantes de la producción, abarca el tipo de equipo, la flota, el número serial de cada uno, la fecha y el turno establecidos en la búsqueda.
- Cer\_Periodo: Tiene una información más global de los periodos a trata, más concretamente con respecto a meses y años, mes plan, etc.
- Hist\_Fuel: Corresponde a los eventos más importantes por tanqueo de equipos, siendo una de las operaciones trascendentales llevadas a cabo día a día. Contiene la información de equipos, tiempo de tanqueo, turno, hora de tanqueo, isla donde tanquea, entre otras.

Estas consultas dependen mucho del filtro que se ponga. Por ejemplo, un Hist\_Equimlist puede traer información de palas, camiones o equipo auxiliar, dependiendo lo que se indique.

## **5. CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO DE ACARREO DE ESTÉRIL**

La caracterización del proceso de acarreo de estéril consiste en describir al detalle todos los procesos y subprocesos más importantes que alimentan esta operación, y sirve como el punto de partida trascendental para determinar los factores críticos productivos, la metodología de control de puntos y el sistema para el manejo efectivo y en tiempo real de los factores críticos. Esta técnica es adecuada para la planificación y administración de un proceso operativo o administrativo, recopilando toda la información pertinente en cada una de sus etapas y componentes más importantes, para que tanto clientes proveedores, líderes y personal involucrado adquiera una visión holística e integral del proceso, comprendiendo tanto el propósito general como los pormenores particulares que lo conforman.

Para el caso de Cerrejón, uno de los problemas que se identificó es que para el acarreo de estéril no existe definida una caracterización al detalle de todos sus procesos operativos. De hecho, en el mapa de procesos corporativo general en el apartado de minería de carbón y estéril, se despliega una desagregación global de esta operación en donde se muestra al acarreo de estéril como una sola operación que va desde el descapote, pasando por el transporte y desembocando en los botaderos de material. Es así como se incluyó dentro de los entregables del proyecto la presentación al detalle de cada uno de los procesos más importantes dentro del acarreo de estéril que, a pesar de ser el punto de partida para el cumplimiento de los objetivos planteados, será una herramienta altamente útil para los dueños y administradores de los procesos en cuanto a la determinación de estándares concretos y documentados.

Antes de avanzar, se aclara lo siguiente: El proceso de acarreo de estéril se compone básicamente de cuatro operaciones fundamentales que son cargue de camión (en el área de pala), viaje lleno (a botadero), descargue de camión (en

botadero), viaje vacío (cierre de ciclo). Intrínsecamente, estos cuatro serían los únicos procesos a evaluar en cuanto al acarreo de estéril se trata. Sin embargo durante la operación se presentan situaciones que son obligatorias, como las paradas por combustible, las paradas por voladura, entre otras; que impactan positiva o negativamente en la producción afectando con el curso normal del acarreo de estéril.

## **5.1. DETERMINACIÓN DE LAS FUENTES DE INFORMACIÓN**

Para entender los procesos y subprocesos del acarreo de estéril fue necesario emplear una metodología de búsqueda de información, que complementa una investigación cualitativa mediante observación directa y entrevistas personales con actores implicados en el proceso; así como una investigación cualitativa haciendo uso de las herramientas oficiales de la compañía. Realizar esta metodología fue posible debido a que se puede contar con historial y experiencia en el personal que permita facilitar el proceso de recolección de información, sin embargo es fundamental que este sea desarrollado de manera sistemática. Las fuentes de información que se emplearon para la realización de la caracterización de procesos fueron:

### **5.1.1. Observación directa:**

Se realizaron visitas programadas a la operación en la mina, donde se observó el funcionamiento normal de cualquiera de los tajos, tomando anotaciones desde el mirador del tajo sobre todas las situaciones puntuales presentadas y con la asesoría de uno de los supervisores de minería quien resolvía directamente las dudas sobre el proceso.

### **5.1.2. Entrevistas a personal capacitado:**

Esta fuente fue utilizada para la verificación de los sistemas definidos por observación directa y/o para recolectar información de la cual no se lleve ningún

registro. Por ejemplo, corresponde a la información cualitativa del sistema, adquirida por la experiencia profesional de los operarios como los procedimientos difíciles de ejecutar (por efecto del terreno), o las operaciones más les cuestan dominar a los operarios en campo, entre otros. Por la experiencia de los supervisores, pueden definir que, desatascar una pala después de una lluvia es un evento inesperado e implica un movimiento de recursos importante puesto que la operación no puede detenerse por mucho tiempo.

#### 5.1.3. Datos históricos:

Como se mencionó con anterioridad, la compañía cuenta con un sistema de información que contiene los registros históricos de todas las operaciones realizadas por sus equipos en operación desde el año 2004. Este universo de datos sirvió para determinar cuantitativamente los procesos más representativos en el acarreo de estéril, generando una lista como la que se menciona posteriormente en la Tabla 6.

#### 5.1.4. Documentos corporativos:

Consisten en los manuales de procedimiento y operación con que cuentan los operarios de camión en entrenamiento y supervisión. Estos documentos son un paso a paso procedimental para la comprensión de su operación, incluidos los procedimientos y protocolos de seguridad.

## 5.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Teniendo identificados los requerimientos de información y contando con su disponibilidad dentro de las fuentes del sistema, el siguiente paso fue acudir a ellas y recolectar la información. Esta recolección abordó un enfoque general en primera instancia, pasando a un enfoque particular sobre las operaciones con mayor grado de detalle.

### 5.2.1. Recolección de información Cualitativa

Para la toma de información se determinó una forma de realizar esta investigación por jerarquía de mando dentro de la operación. Para ello, y siguiendo una estructura que fuera de lo general a lo particular, se realizaron entrevistas a los actores directos involucrados en la operación, según la línea de mando establecida por Cerrejón, como se ilustra en la Figura 15.

**Figura 15.** Escala de Jerarquías en la operación minera



Inicialmente se realizaron entrevistas directas con los Superintendentes de minería de cada uno de los 6 tajos, en donde se realizó el primer acercamiento hacia la comprensión total del proceso por parte del autor. Esta persona fue quien dio la información más general sobre todo el proceso de acarreo de estéril, en cuanto a la lógica de operación normal. Acto seguido, se realizaron visitas a cada uno de los 6 tajos de la mina: Tabaco, La puente, Patilla, Oreganal, Tajo 100 y comuneros<sup>49</sup>, realizando una observación directa desde los miradores de cada uno

<sup>49</sup> Escritos en orden de Norte a Sur

de estos tajos (Ver Figura 16). La finalidad de ello era conocer la operación desde una perspectiva visual, detallando el flujo de equipos, las operaciones, el inicio y fin de cada ciclo, y comprendiendo los conceptos técnicos y operativos explicados por parte del supervisor de minería a cargo del tajo.

**Figura 16.** Foto tomada desde el mirador del Tajo Patilla



Con esta perspectiva se pudo observar la extensión completa de la operación productiva, desde el acomodo del manto de carbón por parte del tractor de oruga (equipo auxiliar), hasta el viaje de cada camión hasta su botadero de estéril o pila de carbón respectiva. Teniendo en cuenta esto, se realizó el segundo acercamiento a la operación, donde las personas a cargo de brindar toda la información de soporte al respecto correspondían a los encargados de cada Tajo dentro del turno, personas idóneas y especializadas para este fin.

Asimismo, se conversó con los supervisores de línea, quienes brindaron la entrevista realizando un recorrido dentro del tajo a un nivel de -50 metros sobre el

nivel del mar. La información suministrada fue más específica y enfocada a aspectos puntuales tanto de su función como la de los operarios a su cargo. Finalmente, se hizo un recorrido directo al proceso desde los camiones destinados para el material estéril, donde se lograron conversaciones directas y haciendo recorridos con cada operador al momento de su operación. Durante esta última observación, se realizaron varios ciclos pala-botadero-pala, e inclusive algunos procesos adicionales como las paradas por refrigerio, lluvia y combustible.

Cabe resaltar que el autor realizó otras entrevistas al personal administrativo de producción, así como a los analistas de la base principal de operaciones, quienes son los encargados de manejar las aplicaciones de producción y los indicadores de rendimiento del proceso. Se acudió también a ellos puesto que tienen un conocimiento extensivo de la operación desde un punto de vista del control, distinto al enfoque operativo de los demás entrevistados.

#### 5.2.2. Recolección de información cuantitativa

Haciendo uso de la base de datos de la compañía, se realizó una consulta que relacionara los eventos de los camiones más representativos para asociarlos a uno de los procesos en particular. Entonces, para reconocer concretamente el tipo de operaciones y procesos a considerar, se realizó una consulta en la base de datos de Power View/Status\_event, intentando relacionar los códigos de actividad de los camiones, junto con las horas dedicadas a tal proceso. Con estos datos de los últimos dos años se determinaron los procesos representativos resumidos en la Tabla 5.

Se aclara que hubo operaciones distintas como “parada por accidente”, “demora por rocas en la vía”, entre otras, que no registraban una suma de horas mayor a 3500 para los últimos 2 años. Bajo este criterio fueron desestimadas como operación representativa dentro de la operación.

**Tabla 5.** Procesos representativos paralelos al acarreo de estéril para 2010 y 2011.

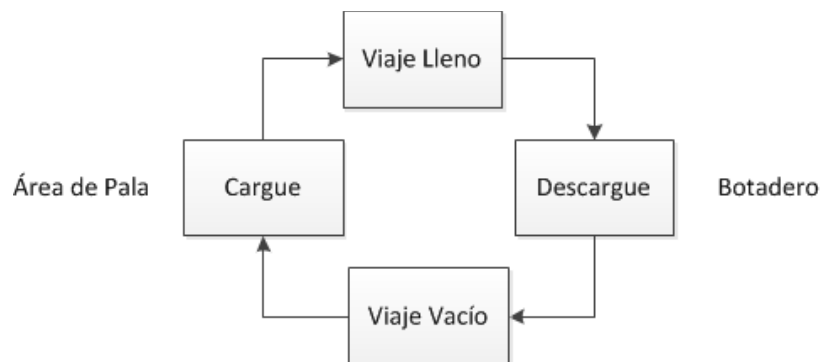
Proceso	Suma de Horas
Parada por Down	864.240
Parada por lluvia	322.248
Mantenimiento Preventivo	164.520
Refrigerio	76.680
Tanqueo	62.568
Cambio de Turno en Caliente	24.072
Cambio de sitio programado	22.440
Voladura	17.640

Fuente: Base de datos de Cerrejón

### 5.3. DEFINICIÓN DEL PROCESO DE ACARREO DE ESTÉRIL

Obtenida la información cualitativa y cuantitativa del proceso de acarreo de estéril, se depuraron estos conceptos, se analizaron y recolectaron las entrevistas para definir correctamente el sistema del acarreo de estéril, se define lo siguiente: el proceso de acarreo de estéril se basa en un ciclo pala-botadero-pala hecho por los camiones de 320 y 240 toneladas destinados para ello. De manera fundamental, el proceso se compone de cuatro operaciones principales en su haber que son: cargue, viaje lleno, descargue y viaje vacío, ilustrados en la Figura 17:

Figura 17. Esquematación global del proceso de acarreo de estéril



Dentro de este ciclo, el sistema puede presentar algunas alteraciones por efectos propios de la operación minera (planeados) o algunos imprevistos puntuales que

afectan el curso normal del proceso (no planeados). Esto hace que todo el proceso se detenga o varíe, impactando directamente a la producción.

El procedimiento del acarreo de estéril comienza cuando los camiones se acercan al área de la pala y esperan parqueados (en cola) mientras ésta se desocupa. Cuando tiene la orden por parte del operario de pala, el camionero se estaciona en reversa, programa el código en el equipo de cargue y comienza el proceso en donde observa el tonelaje de material que va siendo cargado en su respectiva tolva. La Figura 18 es una fotografía del proceso de cargue para un camión de 240 toneladas.

**Figura 18.** Fotografía del cargue de un camión de 240 toneladas



Una vez cargado, el operador de pala le da la orden de salida al camionero, el cual cambia el código de operación y le pide al sistema CTD la asignación de uno de los botaderos establecidos según cada tajo, al cual debe llegar y descargar el material<sup>50</sup>. Si en esta operación no hay contratiempos, el operador de camión llega a su destino, cambia nuevamente el código en el sistema de su máquina, y se dirige de la manera más segura a la zona de descarga del botadero, terminando la operación y reiniciando el ciclo con una nueva asignación de pala para cargue por parte del sistema CTD.

---

<sup>50</sup> El sistema CTD (*Computer Truck Dispatch*), funciona con programación lineal y le asigna al camión la menor distancia entre su ubicación actual y el botadero disponible de la zona.

Como se dijo, dentro de este ciclo pueden presentarse salidas del sistema que hacen que los camiones cambien su actividad normal, lo que se determinó en la Tabla 5 como procesos paralelos al acarreo de estéril. Se incluyen dentro de éstos las paradas por lluvias, tanqueo de combustible, parada para refrigerio, mantenimientos preventivos, cambios de sitio programados, paradas por down (averías), entre otros; y se consideran como parte del proceso de acarreo puesto que son inherentes y obligatorias en cualquiera de los equipos. No es posible dejar fuera de consideración estas actividades, dado que representaría un cálculo de más capacidad en el proceso que no sería real, generándose malas programaciones. Se anota que cada subproceso de estos cuenta con unos procedimientos de operación y seguridad, dando por entendido que no se dejan al azar ni a la pericia del operador de camión, y son siempre monitoreados desde la base principal de operaciones del Departamento de Producción.

Dicho esto, y basado en la depuración de la información cualitativa y cuantitativa obtenida por parte del autor, se plantea que el proceso de acarreo de estéril está compuesto por los cuatro procesos principales propiamente dichos y por ocho subprocesos para su normal funcionamiento y operación. Esta conclusión se obtiene de recopilar las entrevistas hechas al personal directamente involucrado en la mina, y a la consulta generada para los años 2010 y 2011 (Tabla 5), en donde se determinaron cuáles de estas operaciones tenían más horas en su haber, logrando establecer una agrupación que determinara lo expuesto. Así pues, la lista de procesos se presenta en la Tabla 6.

**Tabla 6.** Procesos y subprocesos que conforman el acarreo de estéril

Procesos Principales	Cargue
	Descargue
	Viaje lleno
	Viaje vacío
Subprocesos importantes	Cambio de turno en caliente
	Parada por lluvia
	Parada por Down
	Parada por Mantenimiento Preventivo
	Parada por Refrigerio
	Tanqueo de Camiones
	Parada por Voladura
	Movimiento de equipos entre tajos

Dichos elementos involucrados en la Tabla 6 se presentan detalladamente a continuación:

#### 5.3.1. Proceso de cargue

Es el proceso mediante el cual los camiones son cargados por alguna de las palas destinadas para el material estéril cuyas flotas corresponden a: Hitachi EX5500, P&H, P&H\_XPC, PC8000 Frontal; siendo éstas últimas las de mayor capacidad en el cucharón, con un máximo de 80 toneladas en cada uno de los enviones de cargue hacia la tolva del camión. Los camiones destinados para tal fin corresponden a los 320 y 240 toneladas de capacidad, siendo equipos eléctricos activados por generador mecánico que es el que se tanquea diariamente. Para este procedimiento de cargue los camiones deben estacionarse en reversa y hacia el lado despejado de la pala para evitar accidentes, y se despachan al momento en que el operador de pala indique. Por otra parte, el operador de la pala debe estar atento de no cargar rocas grandes en los camiones puesto que la caída de una de ellas a la tolva puede generar un movimiento brusco en el equipo y un posterior accidente lumbar al operario de camión. Para realizar la operación se han destinado alrededor de 24 palas entre eléctricas, hidráulicas y electrohidráulicas.

### 5.3.2. Proceso de viaje lleno

Corresponde al transporte del material estéril por parte de los operadores de camión hasta sus respectivos botaderos asignados por el sistema. El operador debe asegurar una conducción libre de accidentes y por el lado izquierdo (lado visible del camión). Asimismo, debe estar seguro que las vías de acceso no presenten inconsistencias y pueda ser fácil el traslado del material hasta la zona de botado. Cualquier inconsistencia como rocas en la vía debe reportarla por radiofrecuencia al personal de la base de operaciones de producción quienes se encargan de enviar el equipo auxiliar pertinente para liberar la vía del elemento que la interrumpa.

### 5.3.3. Proceso de descargue

Luego que el operador de camión llega a su destino, programa el código “llegada a destino” en el sistema del equipo y procede a hacer una inspección preliminar de la zona de descargue, reportando a la base cualquier anomalía en el sitio. Una vez todo esté en perfecto estado, se dirige hasta el extremo opuesto del botadero con el fin de dejar lugar a los camiones que vayan llegando a este mismo sector. Se estaciona en reversa hasta tocar con la berma de seguridad y procede a elevar la tolva completando el proceso de descargue del camión. Terminando esto, cambia el código a “¿a dónde voy?” dirigiéndose a la nueva zona de pala requerida por el sistema. Si el operador debe realizar alguna operación planeada o no planeada, la reporta a la base de operaciones y procede según los lineamientos de seguridad y operatividad de la compañía.

### 5.3.4. Proceso de viaje vacío

De la misma forma que en el viaje lleno, el camión parte desde el botadero hasta el área de pala indicada por el sistema o, si es necesario, a alguna zona en particular que lo requiera como por ejemplo: la construcción de una vía o una berma, o el llenado de algún hueco en las vías principales de la mina. El mantenimiento de las vías es vital en este proceso a cargo de los equipos

auxiliares como los tractores y mototraíllas<sup>51</sup> que acondicionan el terreno y los tanqueros que se encargan de regar agua sobre las vías para evitar el levantamiento excesivo de polvo que nuble la visibilidad de los operadores. Resulta crucial este soporte puesto que las vías están expuestas a mucho movimiento, peso y condiciones de intemperie diaria.

#### 5.3.5. Subproceso de cambio de turno en caliente:

Se denomina así puesto que es el momento en que los operadores de camión realizan el inicio-fin de turno con los operadores entrantes<sup>52</sup>, sin necesidad de apagar el camión salvo parqueándolo en las *líneas de listo*<sup>53</sup> de la zona o tajo donde se encuentren. Para que este proceso se dé, el operador de camión debe reportar al analista de la base de operaciones en qué momento ha sido autorizado para terminar con su turno normal y, si es autorizado, cambia el código a “fin de turno” y se dirige hasta la línea de listo a parquear el camión<sup>54</sup>. Una vez allí, realiza una preinspección operacional de cierre de turno, cerciorándose que el camión no tiene averías y que lo entrega en perfectas condiciones para el turno siguiente. Si esto no es así, debe reportar el daño o avería a los analistas de la base.

#### 5.3.6. Subproceso de parada por lluvia

Consiste en detener la operación por efectos de la lluvia, dado que la minería en este sector es a cielo abierto. Durante este tiempo, el operador no puede mover el camión salvo un caso muy necesario, puesto que las vías se ponen muy lisas y el riesgo de seguridad es bastante alto. Por otra parte, éste no debe bajarse del camión para evitar un posible efecto de pararrayo, dada la altura (4 metros) a la cual se encontraría. A su vez, luego de la lluvia el

---

<sup>51</sup> Es el equipo de trabajo que, por sus características, se utiliza para mover cantidades importantes de tierra, y fundamentalmente en tareas de compensación de volúmenes, arreglo de vías, entre otras.

<sup>52</sup> Los turnos operativos en Cerrejón son de 6 de la mañana a 6 de la tarde, en el día; y en horario contrario para la noche.

<sup>53</sup> Zona segura en la mina en donde llega un bus con los operarios entrantes, parte el bus con los operarios salientes y a su vez, se encuentran los lugares para la toma del refrigerio durante el turno normal.

<sup>54</sup> Aquí no importa que el camión esté cargado o descargado.

operador de camión debe permanecer quieto hasta que se asegure por medio de los supervisores que el movimiento puede realizarse en condiciones normales de operación y seguridad. Para que este efecto impacte lo menor posible, los tajos se diseñan con una inclinación del 2% que drene el agua sobre las vías, desembocando en un punto en común que sirve para la reutilización de las mismas.

#### 5.3.7. Subproceso de parada por down

Corresponde a todas las averías del camión que hagan imposible su continuación en la operación minera. Esto puede presentarse por accidentes o fallos directamente de la máquina e implican que el camión debe detenerse y ser atendido por el personal de mantenimiento hasta que solucione si dificultad. Es un proceso no previsto que se intenta corregir con el mantenimiento preventivo sobre los equipos,

#### 5.3.8. Subproceso de parada por mantenimiento preventivo

Esto es cuando los camiones son requeridos por el departamento de mantenimiento cada cierto tiempo (dependiendo de la vida útil del camión y su historial de reparaciones), para realizar labores de mantenimiento en los equipos. Para este proceso, el supervisor de acarreo es notificado con anticipación los equipos que saldrán de la operación en cada turno que tenga asignado. Dos horas antes, el operador de camión es notificado para que cese sus operaciones y se prepare para llevar su equipo hasta los talleres de mantenimiento ubicados en la parte norte de la mina. Terminado este proceso, el supervisor es notificado nuevamente que el equipo se encuentra disponible para volver a la operación.

#### 5.3.9. Subproceso de parada por refrigerio

Este subproceso se da en las horas denominadas “continuas” en la operación, correspondientes a las horas 7, 8 y 9 ya sea de los turnos diurnos o nocturnos.

Durante estas tres horas, los operadores de camión programan con el supervisor el momento en que van a realizar este procedimiento para no descompensar toda la producción y que el impacto de estas horas sea el menor posible. Cuando llegue la hora en que son autorizados, el operador cuenta con 30 minutos para dirigirse a la línea de listo, parquear el camión en condiciones seguras y proceder a tomar su refrigerio. Luego de esto, retoma nuevamente la operación reportando la novedad en el sistema y a su supervisor encargado.

#### 5.3.10. Subproceso de tanqueo de camiones

Se realiza aproximadamente cada dos turnos de 12 horas, en donde los operarios se dirigen a una de las islas de combustible instaladas por toda la mina. Aproximadamente el tanqueo dura entre 60 y 90 minutos y se carga un promedio de mil galones de combustible cada vez. Se recomienda hacer este procedimiento con el camión descargado (tolva vacía) de material y que a su vez sea programado para evitar filas ineficientes en las islas de combustible con camiones detenidos.

#### 5.3.11. Subproceso de parada por voladura

Este proceso se da principalmente en la hora continua del turno diurno, y se aprovecha este espacio generalmente para que los operadores de la zona tomen su refrigerio, todos a la vez. Durante este proceso, se realizan perforaciones al terreno con bastante anticipación y según lo estipulado en el plan de avance minero de cada tajo. La voladura se realiza para efectos de fragmentar la capa de material estéril (sin perjudicar el manto de carbón), para que así sea más fácil el proceso de cargue por parte de las palas. Todos los equipos son evacuados durante este proceso y llevados a una zona segura, en donde se realiza el procedimiento de voladura de la zona, retomando luego el control total de la operación una vez sea finalizado.

#### 5.3.12. Subproceso de movimiento de equipos entre tajos:

Este último subproceso corresponde al movimiento entre tajos de los camiones por efectos de nivelación de capacidades entre zonas dado distintas situaciones. Generalmente se presenta cuando en un tajo contiguo se limita la capacidad del equipo de cargue bien sea por accidentes, down reiterativo de palas, condiciones de atollamiento después de una lluvia de los equipos de cargue, entre otras, lo cual implica que, como la capacidad de acarreo es menor, los supervisores se “presten” camiones de un tajo a otro<sup>55</sup> pudiendo equilibrar sus líneas de producción y cumplir con la meta del turno establecida. El encargado de autorizar este movimiento es el analista de producción (base de operaciones) quien debe determinar si la pérdida de tiempo por movimiento de camiones entre zonas compensaría una ganancia suficiente en su nueva ubicación, reportando beneficios tangibles en su turno. Los camiones son devueltos cuando su zona de origen recupere la condición de normalidad o sean necesarios para la recuperación y/o adecuación de la misma.

#### 5.4. METODOLOGÍA DE CARACTERIZACIÓN DE PROCESOS

Con los factores identificados, se realizó la adecuación de cada uno de estos en el formato BowTie mencionado, obteniendo un esquema como el presentado en la Figura 19 a continuación:

---

<sup>55</sup> Los camiones son asignados mensualmente a un tajo en específico en el plan mensual de minería (PMM)

**Figura 19.** Formato estilo BowTie para la caracterización del proceso de acarreo de estéril

<b>NOMBRE DEL PROCESO</b>			
<b>Líder del Proceso</b>		<b>Proveedores</b>	
<b>Dueño del Proceso</b>		<b>Clientes</b>	
<b>Límites del Proceso</b>		<b>Documentos</b>	

<b>ENTRADAS</b>	<b>MISION</b>	<b>SALIDAS</b>

<b>SEGUIMIENTO Y CONTROL</b>			

Esta ficha de caracterización incluye todos los factores importantes y trascendentales de la operación y se presenta como una descripción bastante completa del proceso. Inicialmente cuenta en la parte de arriba con la identificación de los actores implicados en el proceso, seguido de los documentos de control y supervisión, así como de los recursos e insumos necesarios para tal operación. Acto seguido entra la forma de BowTie incluyendo las entradas, misión (objetivo) y salidas (productos); y finalmente se incluye en la parte inferior los indicadores de control, que para efectos del este documento corresponderán a los eventos críticos identificados, así como las metodologías de control necesarias.

Los parámetros que finalmente hicieron parte de la ficha de caracterización son los mencionados a continuación:

- Líder del proceso: Es quien está a cargo de la administración y supervisión de que el proceso se lleve a cabo de manera correcta y lo mejor posible.
- Dueño del proceso: Corresponde a quien directamente realizará la acción de desarrollar y llevar a cabo los objetivos netamente operativos del proceso.
- Límites: Describe desde donde comienza el proceso hasta donde termina. Se trata de especificar que operaciones colindan con el inicio-fin de cada uno de ellos.
- Proveedores: Son los actores internos o externos que aportan los elementos necesarios para el funcionamiento del proceso.
- Clientes: Son quienes reciben el producto final del proceso o la operación a tratar.
- Documentos: Cualquier papel en físico que sea necesario para la realización, supervisión y control del proceso en cuestión.
- Recursos: Equipos, maquinaria, software, hardware que el proceso requiere para obtener los productos.
- Insumos: Son las materias primas y materiales directos que el proceso necesita para obtener sus productos.

- Entradas: Son los elementos necesarios para que el sistema funcione de manera correcta antes de comenzar a operar. Se trata de los soportes necesarios para la ejecución de la operación
- Misión: Es el objetivo central principal del proceso.
- Salidas: Productos resultantes de la operación final.

## **5.5. DIAGRAMAS DE FLUJO DE LOS PROCESOS.**

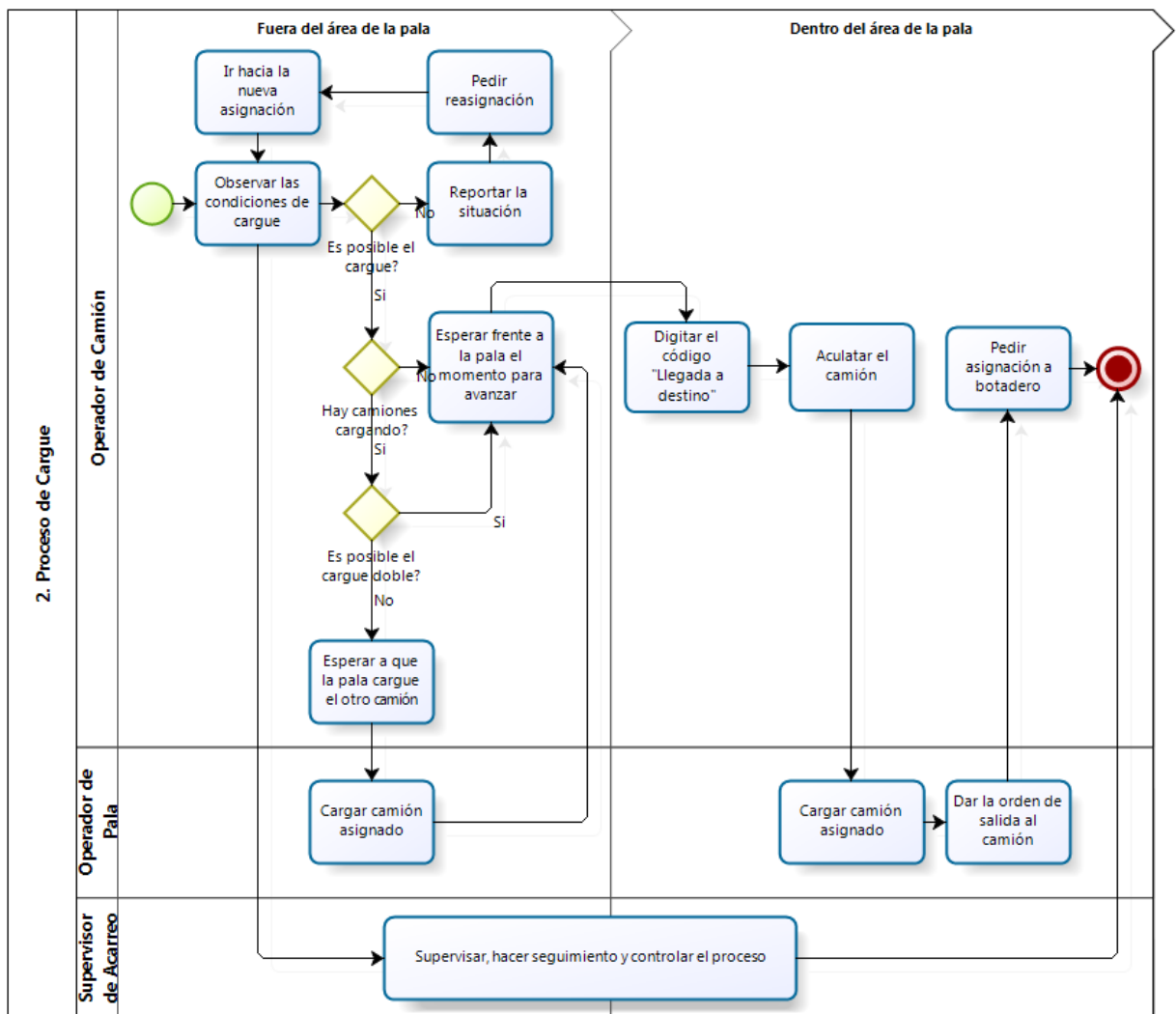
Continuando con la caracterización, el aspecto siguiente a la descripción de cada uno de los procesos y subprocesos, consistió en la elaboración de los diagramas de flujo de cada uno de ellos. Se escogió el software Bizagi® *Business Process Management* debido a que en el momento la compañía no cuenta con la licencia de Microsoft Visio®, además que esta herramienta es apropiada para este tipo de propósitos. Se aclara que Bizagi sólo fue utilizado para efectos de la diagramación. Para poder efectuar el diagrama de procesos, cada uno de estos fue separado en su directo responsable y su correspondiente ente de control. Los diagramas son la definición paso a paso de cada una de las 12 operaciones descritas anteriormente y corresponden al detalle de la operación de manera global. Estos diagramas encuentran en los anexos B, C, D, E, F, G, H, I, J, K, L y M, y se presenta en la Figura 20, un ejemplo a continuación correspondiente al proceso de cargue de camiones:

## **5.6. DETERMINACIÓN DE FACTORES EN CADA PROCESO Y SUBPROCESO**

Habiendo realizado los análisis pertinentes y estudiando minuciosamente la información recopilada en toda la operación y enfocada a cada proceso y subproceso importante, se determinaron los parámetros de los mismos, tal cual se propuso en la ficha de caracterización en formato BowTie presentado en la Figura 19. En este caso se incluyeron todos, salvo los correspondientes a los indicadores

de seguimiento y control especificados más adelante junto a las metodologías de control de eventos críticos. Se presenta a continuación una Tabla 7 de resumen con la caracterización de uno de los procesos (viaje vacío) y se incluyen en los anexos N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X y Y, las fichas de caracterización ajustadas al formato BowTie, siendo parte de los entregables del desarrollo de este proyecto.

**Figura 20.** Diagrama de flujo del proceso de cargue de camiones



**Tabla 7. Factores elegidos en el proceso de viaje vacío**

	Viaje Vacío
Líder	Despachador de la base
Dueño	Supervisor de Acarreo
Límites	Inicia con la verificación de asignación de destino y termina con la llegada a destino
Proveedores	Despachador de la base
Clientes	Operador de camión
Documentos	
Recursos	Equipo de acarreo
	Sistema CTD
	Sistema de radio frecuencia
	Sistemas de información
	Equipo de soporte
Insumos	Combustible
	Consumibles de camión
	Consumibles de equipo de soporte
	EPP
	Energía eléctrica
Entradas	Operador Disponible y Capacitado
	Camión Disponible
	Vías habilitadas
	Sistema CTD en funcionamiento
	Elementos de Protección Personal
	Sistema de Comunicación en funcionamiento
	Equipos de soporte disponibles
	Operadores de equipo de soporte Disponibles y Capacitados
Misión	Trasladar el equipo de acarreo, con su tolva vacía, hacia el equipo de cargue asignado por el sistema asegurando las condiciones de operación y seguridad.
Salidas	Camión en destino asignado

## 5.7. MAPA DE PROCESOS DEL ACARREO DE ESTÉRIL

Como se mencionó anteriormente, Cerrejón no tiene un mapa de procesos especializado para el acarreo de estéril, razón por la cual, uno de los entregables en este documento consiste en generar este mapa para su posterior inclusión en las herramientas y documentos oficiales de la compañía. Para llegar a esto, se acudió a toda la información completa de los procesos realizada mediante consultas al sistema y las entrevistas propiamente referenciadas, obteniendo los parámetros necesarios en procura de generar dicho mapa en cuestión.

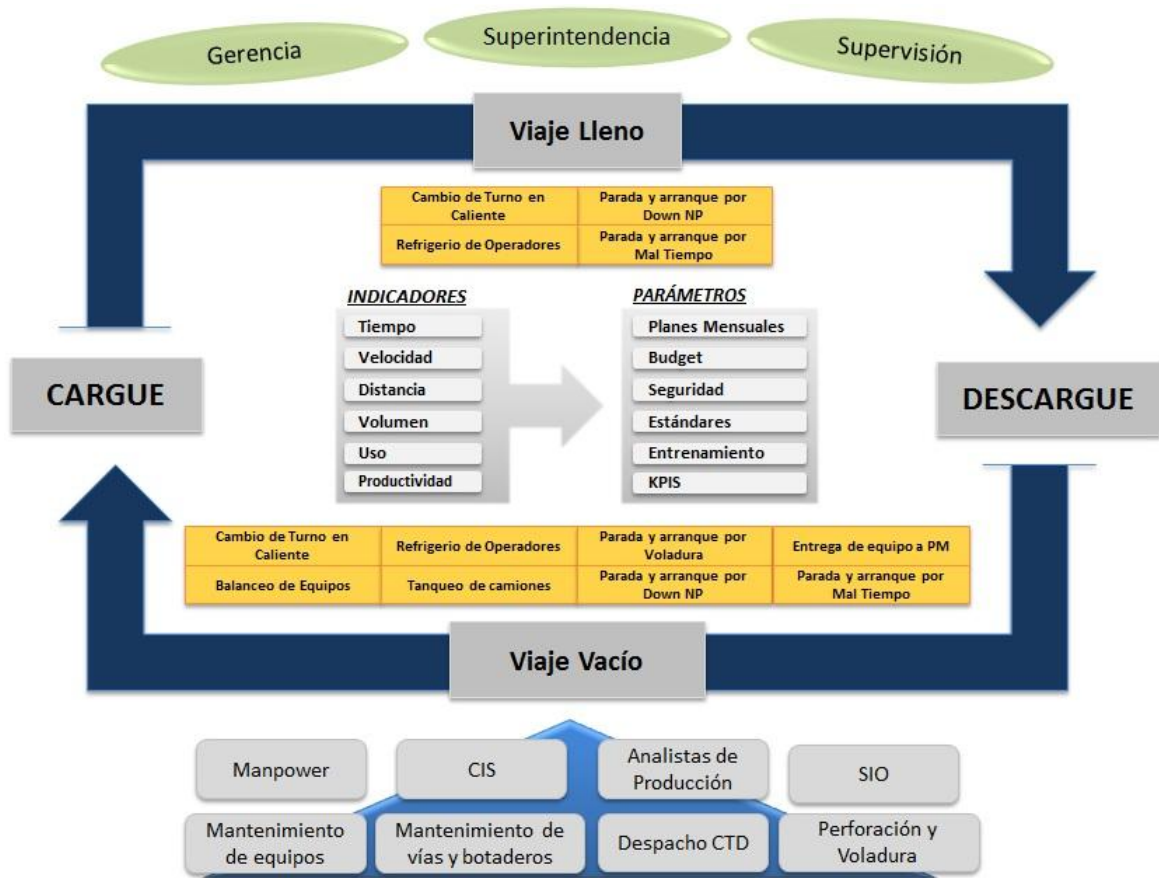
Básicamente lo que se propuso para desarrollar este elemento se fraccionó de la siguiente manera:

- Inclusión de los procesos principales: viaje lleno/vacío, cargue, descargue, y en forma de ciclo como el actual pala-botadero-pala.
- A su vez, la inclusión de los subprocesos paralelos a la operación descritos con anterioridad y dispuestos como planeados y no planeados; en donde generalmente los procedimientos planeados se tienen en cuenta cuando se realiza el viaje vacío y los no planeados que se pueden presentar en cualquier momento de la operación.
- La inclusión de las variables y los parámetros necesarios para el global funcionamiento del proceso de acarreo de estéril. En este apartado se incluyen los tiempos, distancias, recorridos, productividad, etc; así como los planes, los estándares y el budget de producción.
- También resultó necesario contar con los procesos de soporte de toda la operación como es el caso del Manpower (manejo de personal), el CIS (trabajo administrativo del personal de producción), los analistas de producción, el personal de seguridad industrial, el sistema de despacho CTD, el grupo de mantenimiento de vías y botaderos, el departamento de mantenimiento y la Superintendencia de perforación y voladura

- Finalmente, se incluyeron los entes máximos de control en este proceso correspondientes a las gerencias, superintendencias y supervisiones generales de minería.

A continuación en la Figura 21 se hace la presentación del mapa de procesos diseñado especialmente para el proceso de acarreo de estéril en la empresa Carbones del Cerrejón LLC.

**Figura 21.** Mapa de procesos del acarreo de estéril



## 6. MANEJO DE EVENTOS CRÍTICOS DE CONTROL

Para efectos del presente documento, los indicadores de control se consideraron desde el punto de vista de la criticidad de cada uno de los eventos más representativos o de mayor impacto dentro del desempeño del proceso productivo. Para lograrlo, fue necesario acudir a la base de datos de la empresa y realizar las consultas pertinentes con respecto de cada proceso, que presentaran un enfoque crítico y cuyo impacto calculado en BCM's fuese considerable, teniendo en cuenta la suma de impactos totales al momento de hacer la consulta. Se contó con la gran utilidad brindada por los *análisis factoriales* antes referenciados, y sobre los cuales se aplicaron las modificaciones en cuanto a la presentación de los datos, acción que permitió poder determinar y clasificar que tipo de operaciones son críticas y sobre las cuales se debe hacer mención especial dentro de la caracterización.

De igual forma, haciendo uso de la información cualitativa recopilada en el capítulo anterior, se resumieron algunos puntos importantes que deben ser considerados de manera procedimental, así como algunos que en materia de seguridad también deben ser monitoreados constantemente. Dichas acciones se encaminaron en la determinación de los indicadores críticos de control para cada proceso y subproceso y sobre las cuales se desarrollaron las consultas más importantes y referentes al acarreo de estéril, así como también las metodologías de control pertinentes que garanticen una acción estándar e inmediata para las operaciones.

La aplicación de estas dos formas metodológicas servirán para hallar los indicadores de la producción que mayor impacten al proceso, el evento crítico corresponderá a los factores que midan estos indicadores hallados y, por ende, serán quienes brindarán toda la información necesaria para establecer qué evento se relacionará a cada indicador, con su respectiva metodología de control.

## 6.1. ANÁLISIS DE LAS CONSULTAS DE PRODUCCIÓN.

Para realizar la medición de los eventos que más impacto generan a la producción, se hace una aclaración en la forma en que se realizaron estas mediciones y conclusiones. Para esto, inicialmente se desglosó la aplicación de análisis factorial de camiones, con el fin de conocer la manera en que se realizaba el cálculo de los impactos BCM's de material estéril, teniendo en cuenta los distintos factores que allí interactúan.

Básicamente, un impacto en la producción se mide por el desempeño real de cada uno de éstos, comparado con su desempeño planeado por el departamento técnico. Asimismo, hay otros impactos que no dependen de un plan específico sino que toda actividad realizada se considera una ganancia para la operación como el impacto por inpit. De igual forma, la aplicación considera que durante una operación normal, los impactos que ocasionan las pérdidas y/o ganancias de producción con respecto del plan mensual son los siguientes<sup>56</sup>:

- Impacto por disponibilidad
- Impacto por uso
- Impacto por productividad
- Impacto por equipo diferente a plan
- Impacto por inpit
- Impacto por ajuste topográfico

De esta manera, para poder calcular un impacto equipo por equipo y punto por punto, se realiza una consulta general de diferentes factores en las cargas y horas netamente operativas durante el día, que relacione el tipo de equipo, la flota, su identificación, hora, fecha, turno, sitio de la carga, equipo que lo cargó, tipo de carga, volumen total cargado, horas de trabajo, distancia recorrida, y el plan

---

<sup>56</sup> Explicación de cada impacto dada en el planteamiento del problema

mensual del equipo; generando una lista de factores cargados al sistema en tiempo real y filtrados para el tipo de equipos (cargue o acarreo) y el o los turnos deseados. También se realiza una consulta de todos los eventos que tuvo un equipo durante el día, detallándolos por duración, hora de inicio y fin, la información del equipo, la información total del turno, los planes mensuales de cada uno y el tipo de evento (codificado) presentado.

De estas dos consultas, se hace una unión con la función en Excel de “*BuscarV*”, para compilar los datos de cada uno de los equipos en una sola tabla relacionando información de ambas, lo que finalmente se concluye en una tabla dinámica que compila toda la información de cada uno de los equipos. Esto genera los impactos totales para un turno o par de turnos especificados inicialmente a la hora de hacer las consultas. Como se dijo, los impactos corresponden a una diferencia entre lo real y lo planeado, en donde a la diferencia entre el porcentaje real de cada impacto a estudiar (uso, disponibilidad, productividad) con respecto del planeado, se multiplica con el dato real (en porcentaje) de las variables restantes; multiplicado también con las horas reales de operación.

Para hallar los eventos críticos más representativos se realizó una consulta en donde se identificaban estadísticos de producción y para cada equipo se relacionaron los distintos eventos en un tiempo correspondiente a un mes de operaciones. Teniendo esto, se realizaron 12 pruebas similares para cada uno de los 12 meses del último año. Se hizo separadamente para cada mes, debido a que la cantidad de datos generada por la consulta para más de un mes de producción superaba las 65.536 filas de datos dispuestas por Excel 2003 ® para una hoja de cálculo estándar.

A manera de ejemplo, en la Tabla 8 se muestra uno de los resultados obtenidos para la flota de camiones 320, en el mes de abril de 2012, desde donde se observan los impactos calculados para todas operaciones relacionadas con el proceso de acarreo de estéril.

**Tabla 8.** Descripción de impactos para la flota Cam320 en Abril-12

Per-cam	shift	Grupos	IMPACTOS TOTALES				
			Disponibilidad en Esteril	Uso en Esteril	Productividad en Esteril	Uso de equipo en otro material	Equipo diferente a plan
201203Cam320	Diurno	Caribes	(135.608)	78.659	(59.004)	(550)	(1)
201203Cam320	Diurno	Lideres	(145.738)	26.042	(4.626)	-	0
201203Cam320	Diurno	Patriotas	(130.499)	42.581	(43.269)	(422)	(7)
201203Cam320	Diurno	Titanes	(111.457)	(28.736)	(19.602)	-	0
201203Cam320	Nocturno	Caribes	(115.635)	51.305	(117.301)	-	(28)
201203Cam320	Nocturno	Lideres	(103.094)	(142.945)	(100.838)	(88)	0
201203Cam320	Nocturno	Patriotas	(75.935)	(147.867)	(13.820)	-	(0)
201203Cam320	Nocturno	Titanes	(128.099)	(15.768)	(63.463)	-	(0)

**Fuente:** Aplicación análisis factorial de camiones, Cerrejón

Como se observa en la Tabla 8, la aplicación compila todos los datos de los impactos en la producción, más sin embargo no detalla la causalidad de cada uno de estos, lo que obliga a la persona interesada en obtener información específica sobre las causas trascendentales a hacer una nueva consulta en la base de datos. Por ende, para poder determinar el efecto de los impactos en cada uno de los equipos, se disgregaron las fórmulas que los generan, en procura de poder establecer su dependencia a ciertos datos de fácil obtención en cada consulta. Se aclara además, que de los impactos mencionados sólo se considerarán para efectos del proyecto lo correspondiente a uso, productividad, inpit y equipo diferente a plan<sup>57</sup>. El resumen de las fórmulas se presenta en la Tabla 9.

**Tabla 9.** Explicación de las fórmulas de impactos en producción.

Uso en Esteril	$(\text{Uso real} - \text{Uso plan}) * \text{Disp plan} * \text{Productiv plan} * \text{Hrs totales}$
Productividad en Esteril	$(\text{Productiv real} - \text{Productiv plan}) * \text{Hrs totales}$
Equipo diferente a plan	$(\text{Hrs real} - \text{Hrs plan}) * \text{Disp plan} * \text{Uso plan} * \text{Productiv plan}$
Inpit	$(\text{Volumen de Est} + \text{Inpit}) - \text{Volumen de Est}$

**Fuente:** Aplicación análisis factorial de camiones, Cerrejón

<sup>57</sup> Explicación realizada en el planteamiento del problema

## 6.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS INDICADORES CRÍTICOS

Luego de haber descrito las fórmulas generadoras de los impactos en la producción y observando la Tabla 9, se puede concluir que los impactos dependen directamente de las horas reales de operación de cada uno de los equipos analizados. Esto significa que la manera de asociar directamente los impactos versus los eventos, es realizar una comparación entre las horas planeadas totales en un turno contra las horas de operación de los mismos para ver cuáles de estos eventos son los que impactan en mayor medida a este valor. Por ende, la aplicación de esta metodología en la consulta generada arrojó un listado de eventos sobre los cuales la operación presentaba más fluctuación en cuanto a las horas productivas y no productivas de cada camión. El listado de estos eventos se muestra a continuación y corresponde a consultas sucesivas generadas desde abril de 2011 hasta marzo de 2012:

- Velocidad de viaje
- Distancia recorrida
- Tiempo de viaje
- % Payload<sup>58</sup>
- Productividad de palas y camiones
- Tiempo en arreglos de piso
- Tiempo en botadero no disponible
- Disponibilidad de palas y camiones
- Volúmenes planeados
- Uso del recurso humano
- Impactos por lluvia
- Tiempos Idle<sup>59</sup> de palas y camiones
- Tiempo de refrigerio
- Tanqueo de combustible

---

<sup>58</sup> Porcentaje de carga que lleva la tolva de un camión con respecto a su capacidad

<sup>59</sup> Tiempo de espera inproductivo

- Uso de palas y camiones
- Uso de equipo auxiliar
- Uso del recurso humano

Teniendo a éstos como los indicadores críticos identificados se asignaron otros tomando en cuenta el análisis cualitativo de la situación. Los indicadores identificados corresponden a los siguientes<sup>60</sup>:

- Índice de lesiones registrables
- Operadores sin licencia
- No. de reportes rechazados

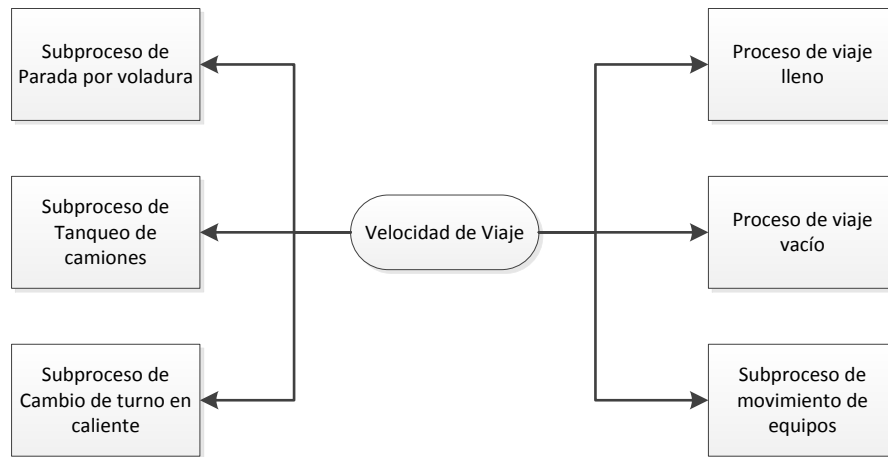
Estos eventos identificados correspondieron, bajo la metodología explicada, a los que presentaron mayores impactos en los indicadores globales de producción (en volumen), basado en sus horas de operación. Dado esto, se tuvieron en cuenta estos eventos para asignarlos a cada proceso y subproceso, partiendo de un análisis cualitativo en cuanto a la definición del evento crítico se refiere. Esto significa que se hace una relación directa entre cada evento y su correspondiente proceso posiblemente asociado, se valida y se incluye como indicador de control de cada proceso y subproceso. A manera de ejemplo, de muestra en la Figura 22 uno de los análisis correspondiente a la velocidad de viaje, como punto de control.

Estos análisis implican que él mismo puede aplicar a uno o varios procesos o subprocesos dependiendo de su finalidad. En este caso, se hizo necesario evaluar la velocidad de viaje de los camiones y se asoció a todos los procesos o subprocesos que implicaban algún movimiento en los equipos y en donde fuese primordial controlar la velocidad en términos de eficiencia de un proceso. Por ejemplo, la velocidad no se asocia a procesos como el cargue o descargue, puesto que en estos casos prima el movimiento seguro de los equipos en el área de cargue de la pala que la velocidad con que se acerquen y estacionen allí.

---

<sup>60</sup> Algunos de ellos se obtuvieron con índices propios de reportes oficiales de la compañía

**Figura 22.** Análisis cualitativo del evento crítico Velocidad de Viaje



De esta manera, se realizaron las asignaciones para cada uno de los eventos críticos identificados según cada proceso determinado dentro del estudio, obteniendo la Tabla 10.

**Tabla 10.** Distribución de eventos críticos por proceso o subproceso

PROCESO	EVENTO CRÍTICO
PROCESO DE VIAJE VACÍO	Velocidad de Camiones Ciclo de camiones Camiones demorados Estado de las vías Seguridad Operadores con licencia vigente
PROCESO DE CARGUE DE ESTÉRIL	Volúmen cargado en tolva Tiempos alrededor de la Pala Condiciones del área de cargue Seguridad Operadores con licencia vigente
PROCESO DE VIAJE LLENO	Velocidad de Camiones Ciclo de camiones Camiones demorados Estado de las vías Seguridad Operadores con licencia vigente
PROCESO DE DESCARGUE EN	Eficiencia en el descargue

BOTADERO	<p>Condiciones del Botadero</p> <p>Equipo auxiliar presente en el área</p> <p>Condiciones mecánicas del equipo</p> <p>Capacidad de botadero</p> <p>Seguridad</p> <p>Operadores con licencia vigente</p>
PROCESO DE CAMBIO DE TURNO EN CALIENTE	<p>Cambio de turno de operadores</p> <p>Manpower de operadores</p> <p>Distribución de camiones en las líneas</p> <p>Reporte de equipos Down a final de turno</p> <p>Estado de las vías</p> <p>Seguridad</p> <p>Operadores con licencia vigente</p>
PROCESO DE PARADA Y ARRANQUE POR LLUVIA	<p>Arranque de la operación</p> <p>Falso reporte lluvia</p> <p>Condiciones de la mina</p> <p>Estado de las vías</p> <p>Seguridad</p> <p>Operadores con licencia vigente</p>
PROCESO DE BALANCEO DE CAMIONES POR TAJO	<p>Capacidad de cargue en zona</p> <p>Exceso de camiones en zona</p> <p>Traslado de equipos entre zonas</p> <p>Estado de las vías</p> <p>Seguridad</p> <p>Operadores con licencia vigente</p>
PROCESO DE PARADA Y ARRANQUE POR DOWN NO PROGRAMADO	<p>Falso reporte Down</p> <p>Ubicación de los equipos</p> <p>Criticidad de los eventos</p> <p>Seguridad del operador</p> <p>Operadores con licencia vigente</p>
PROCESO DE ENTREGA A MANTENIMIENTO PROGRAMADO	<p>Capacidad de la flota de acarreo</p> <p>Control de cantidad de equipos en PM</p> <p>Seguridad</p> <p>Operadores con licencia vigente</p>
PROCESO DE REFRIGERIO DE OPERADORES	<p>Tiempo de Refrigerio de operadores</p> <p>Relevo de operadores</p> <p>Distribución de camiones operativos</p> <p>Estado de las vías</p> <p>Seguridad</p>

	Operadores con licencia vigente
PROCESO DE TANQUEO DE CAMIONES	Espera de camiones en islas Tanqueo de los camiones Islas disponibles para tanqueo Niveles de combustible en camiones Estado de las vías Seguridad Operadores con licencia vigente
PROCESO PARADA Y ARRANQUE POR VOLADURA	Información sobre zonas para voladura Arranque de operación Traslado de operadores para refrigerio Estado de las vías Seguridad Operadores con licencia vigente

### **6.3. DISEÑO DE METODOLOGÍAS DE CONTROL.**

En el marco del establecimiento del control efectivo se determinaron varios indicadores que midieran estos eventos críticos de control. Teniendo los indicadores más volátiles y de mayor atención conforme al proceso de acarreo de estéril, se determinaron unos parámetros para ajustar el control efectivo a cada uno de éstos. Estos parámetros son los siguientes:

#### **6.3.1. Evento crítico de control:**

Quizás este sea el parámetro más determinante pues es desde donde se desprenden los elementos de control crítico y se diseñaron las metodologías que más se ajustan a dicho control.

### 6.3.2. Metodología de control:

Corresponde a la forma en que se debe actuar en caso que el indicador medible de cada evento crítico se salga de sus límites o metas establecidos por el departamento de producción. Esta metodología debe ser simple y de fácil entendimiento por parte del actor en cuestión; y aborda la manera más eficiente de impactar la producción en tiempo real.

### 6.3.3. Meta:

Es el valor deseado o “dentro de los límites” por el cual se debe desarrollar y mantener estable al indicador si se quiere mantener un adecuado control del proceso en determinado momento.

### 6.3.4. Responsable:

Corresponde a la persona o personas directamente implicadas en cada factor crítico del proceso y son quienes deben responder por aplicar el control efectivo en tiempo real.

Para la asignación de los indicadores críticos se realizó un análisis muy similar al hecho en el numeral anterior y explicado con detalle en la Figura 22, generando una tabla de cruces entre cada indicador y su evento crítico correspondiente según cada proceso. Este análisis contó con la supervisión directa de los Superintendentes y Supervisores de minería, los cuales validaron la información aquí presentada, así como el visto bueno del tutor del proyecto, quien también aprobó que estos indicadores corresponden directamente a los eventos evaluados en las consultas. Lo anterior se muestra en la Tabla 11. Se anota que muchos de estos eventos se encuentran repetidos en la tabla 11 puesto que muchos de los procesos y subprocesos comparten los mismos por sus operaciones similares.

Además en esta tabla se relaciona directamente cada evento con su correspondiente indicador de medición en frente de él.

**Tabla 11.** Asociación entre indicadores y eventos críticos de control, según cada proceso

PROCESO	EVENTO CRÍTICO	INDICADOR CRÍTICO
PROCESO DE VIAJE VACÍO	Velocidad de Camiones	Velocidad de viaje vacío
	Ciclo de camiones	Distancia de viaje vacío
	Camiones demorados	Tiempo de viaje vacío
	Estado de las vías	Tiempo de viaje vacío
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
	Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia
PROCESO DE CARGUE DE ESTÉRIL	Volúmen cargado en tolva	% Payload
	Tiempos alrededor de la Pala	Productividad de palas Tiempos TROS
	Condiciones del área de cargue	Tiempo perdido por arreglos de piso
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
	Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia
PROCESO DE VIAJE LLENO	Velocidad de Camiones	Velocidad de viaje lleno
	Ciclo de camiones	Distancia de viaje lleno
	Camiones demorados	Tiempo de viaje lleno
	Estado de las vías	Tiempo de viaje lleno
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
	Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia
PROCESO DE DESCARGUE EN BOTADERO	Eficiencia en el descargue	Tiempo de Botado Spot de camiones
	Condiciones del Botadero	Tiempo perdido por Botadero no Disponible
	Equipo auxiliar presente en el área	Uso de equipo auxiliar
	Condiciones mecánicas del equipo	Disponibilidad de camión

	Capacidad de botadero	Volúmen planeado de botado
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
	Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia
PROCESO DE CAMBIO DE TURNO EN CALIENTE	Cambio de turno de operadores	Demora por Cambio en Caliente
	Manpower de operadores	Uso del recurso humano
	Distribución de camiones en las líneas	Demora por Cambio en Caliente
	Reporte de equipos Down a final de turno	Disponibilidad de equipos
	Estado de las vías	Tiempo de viaje lleno
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
	Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia
PROCESO DE PARADA Y ARRANQUE POR LLUVIA	Arranque de la operación	ARCI
	Falso reporte lluvia	No. De Reportes rechazados
	Condiciones de la mina	Duración Stand By después de lluvia
	Estado de las vías	Tiempo de viaje lleno/vacío
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
PROCESO DE BALANCEO DE CAMIONES POR TAJO	Capacidad de cargue en zona	Idle de Palas Disponibilidad de palas
	Exceso de camiones en zona	Idle de Camión Productividad de camión
	Traslado de equipos entre zonas	Tiempo de viaje vacío
	Estado de las vías	Tiempo de viaje vacío
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
	Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia
	PROCESO DE PARADA Y	Falso reporte Down

ARRANQUE POR DOWN NO PROGRAMADO	Ubicación de los equipos	Índice de lesiones registrables
	Criticidad de los eventos	
	Seguridad del operador	Índice de lesiones registrables
	Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia
PROCESO DE ENTREGA A MANTENIMIENTO PROGRAMADO	Capacidad de la flota de acarreo	Disponibilidad de camiones
	Control de cantidad de equipos en PM	No. De equipos en PM
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
	Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia
PROCESO DE REFRIGERIO DE OPERADORES	Tiempo de Refrigerio de operadores	Demora por refrigerio
	Relevo de operadores	Volúmen de continua
	Distribución de camiones operativos	Productividad de Palas
	Estado de las vías	Tiempo de viaje lleno
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
	Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia
PROCESO DE TANQUEO DE CAMIONES	Espera de camiones en islas	Tiempo de espera para Tanqueo
		Uso de camiones
	Tanqueo de los camiones	StandyBy por combustible
	Islas disponibles para tanqueo	Disponibilidad de islas
	Niveles de combustible en camiones	Eventos Down por combustible
	Estado de las vías	Tiempo de viaje lleno
	Seguridad	Índice de lesiones registrables
Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia	
PROCESO PARADA Y ARRANQUE POR VOLADURA	Información sobre zonas para voladura	Camiones informados sobre la alerta de voladura

Arranque de operación	Uso de camiones
Traslado de operadores para refrigerio	Volumen de estéril en la continua
Estado de las vías	Tiempo de viaje lleno/vacío
Seguridad	Índice de lesiones registrables
Operadores con licencia vigente	Operadores sin licencia

Bajo estos parámetros se diseñaron distintas metodologías de control ajustadas a cada uno de los eventos críticos. A manera de ejemplo, se presenta la Tabla 12 de seguimiento y control del proceso para la operación de cargue de camiones.

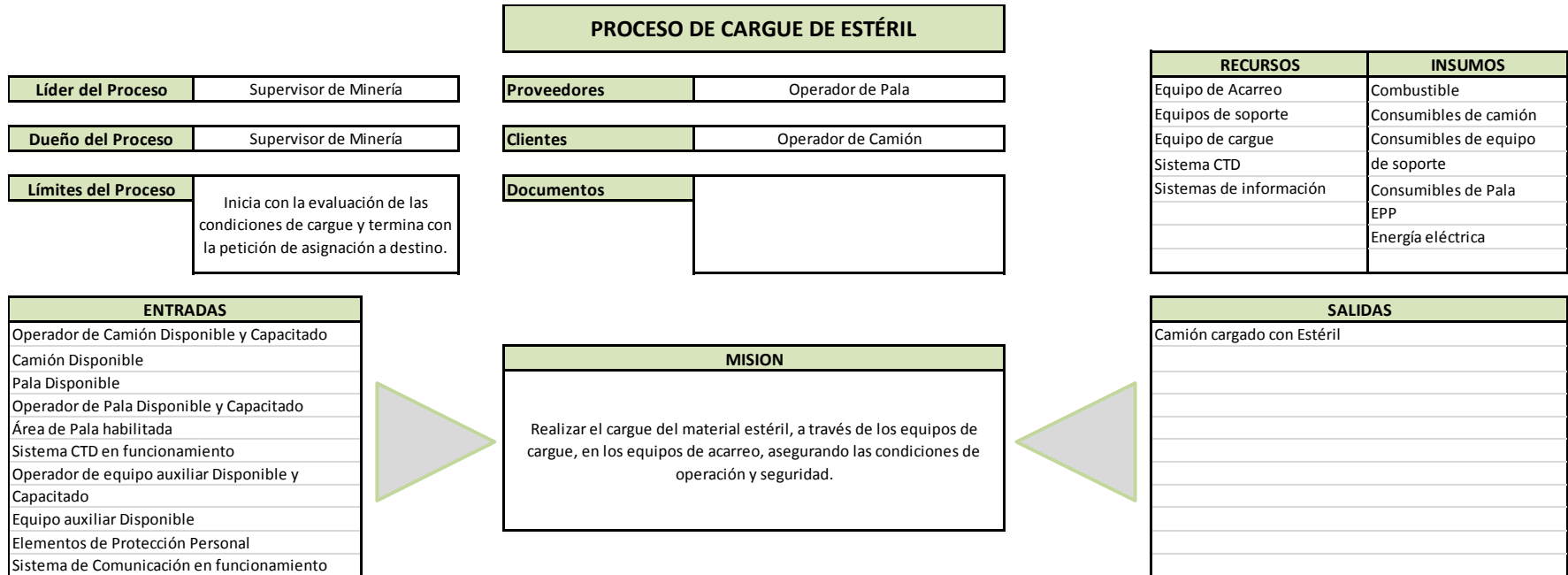
De esta manera se incluyeron las metodologías pertinentes a cada uno de los eventos críticos identificados dentro de la producción. De igual forma, este formato de ficha se incluyó dentro del BowTie con la caracterización de los procesos en procura de estandarizar los parámetros más importantes, asegurando con esto, que el eficiente control de los eventos críticos en tiempo real por parte de los responsables de los procesos y aplicando cada una de las metodologías correctas según cada uno, el proceso tendrá una mejor capacidad de respuesta y podrá hacer frente a cambios bruscos sufriendo el menos impacto posible dentro de su operación.

De la misma forma en que se presentaron los elementos de control al proceso de cargue, se presenta a continuación un ejemplo de la ficha completa de caracterización en la Figura 23, en formato BowTie, para la misma operación de manera que el lector observe de mejor manera el resultado de los tres capítulos anteriores. Cabe resaltar que las demás fichas de caracterización se incluyen en los Anexos N, O, P, Q, R, S, T, U, V, W, X y Y.

**Tabla 12.** Seguimiento y control al proceso de cargue de camiones con estéril

SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Volúmen cargado en tolva	El superintendente de minería controla los Subcargues o sobrecargues, informando y reportando a los operadores que incumplan el estándar.	% Payload	Acorde al camión	Superintendente de Minería
Tiempos alrededor de la Pala	El supervisor debe favorecer prácticas como el cargue doble, o posicionar a la pala perpendicular a su frente	Productividad de palas Tiempos TROS	Acorde al tipo de pala	Supervisor de minería Operador de pala
Condiciones del área de cargue	El supervisor de soporte a la operación debe asegurar que el piso de la pala siempre se encuentre en las mejores condiciones para su operación	Tiempo perdido por arreglos de piso	5% del tiempo total de cargue	Supervisor de soporte a la operación Supervisor de Minería
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

**Figura 23.** Ejemplo de Ficha de caracterización de procesos en formato BowTie, Proceso de Cargue



SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Volúmen cargado en tolva	El superintendente de minería controla los Subcargues o sobrecargues, informando y reportando a los operadores que incumplan el estándar.	% Payload	Acorde al camión	Superintendente de Minería
Tiempos alrededor de la Pala	El supervisor debe favorecer prácticas como el cargue doble, o posicionar a la pala perpendicular a su frente	Productividad de palas Tiempos TROS	Acorde al tipo de pala	Supervisor de minería Operador de pala
Condiciones del área de cargue	El supervisor de soporte a la operación debe asegurar que el piso de la pala siempre se encuentre en las mejores condiciones para su operación	Tiempo perdido por arreglos de piso	5% del tiempo total de cargue	Supervisor de soporte a la operación Supervisor de Minería
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

## **7. DISEÑO DE LOS ALGORITMOS DE CONTROL DE INDICADORES CRÍTICOS**

Como parte final en el enfoque hacia el control de los eventos críticos identificados en la producción, se diseñaron algoritmos de control<sup>61</sup> basados en las consultas previamente organizadas y compiladas en el capítulo 3. La finalidad en el diseño de esta aplicación nació de la idea de poder unificar todas las consultas pertinentes al proceso de acarreo de estéril en una sola, evitando el desgaste de tiempo empleado por cada uno de los actores involucrados en el proceso, que requerían cada vez que necesitaran información específica sobre el proceso de acarreo de estéril.

Se quería entregar una herramienta altamente funcional a todos los dueños de los procesos y subprocesos involucrados en el acarreo de estéril, complementando los propuestos en la caracterización de procesos y materializando el cuadro de control teniendo a la mano una aplicación diseñada para tal fin. Así pues, se diseñaron algoritmos en forma de fórmulas, consultas y tablas dinámicas, de manera que esto generara un reporte resumen de los datos consultados por cualquier persona.

### **7.1. DISEÑO INICIAL DE LA APLICACIÓN**

Las aplicaciones existentes y oficiales de la compañía comparten un diseño en particular, basado en una hoja de menú con el logotipo de la empresa o alguna imagen asociativa, así como la adecuación de botones programados mediante macros que realicen las tareas específicas y arrojen al usuario a una hoja final de

---

<sup>61</sup> Tablas de Querys, fórmulas y tablas dinámicas que permitan generar los resultados esperados para un valor en específico.

reporte en donde se observan claramente los resultados de la consulta. A su vez, la aplicación, en su hoja menú, presenta unos filtros básicos para la fecha o turno que se desee especificar en la consulta. Entonces, para comenzar con el diseño de la presentación en la hoja de menú de la aplicación se bosquejó inicialmente con la imagen presentada en la Figura 24.

**Figura 24.** Diseño de la hoja menú para la aplicación



**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

Asimismo, y por sugerencia de la empresa, se decidió presentar la aplicación como un listado de consultas y reportes, teniendo en cuenta las operaciones afines y la forma más práctica de ejercer control sobre la operación del estéril. Este cambio se presentó puesto que la idea central al inicio del diseño consistía en separar cada proceso por aparte en procura que cada persona involucrada pudiese detallar sólo sus operaciones. El problema de esto, es que varios procesos resultaban compartiendo el mismo tipo de información, lo que generaba que la aplicación tuviese que realizar la misma consulta varias veces, debido a la presentación de reportes diferentes (12 en total). Esto provocó que la herramienta quedara bastante pesada y con un lento desempeño, por el hecho de tener que hacer varias veces el mismo cálculo.

Este cambio generó una modificación en la manera de presentar la información, de forma tal, que la aplicación se centró en una operación un tanto más general, encaminada a agrupar las consultas más afines y generando reportes estándar por el tipo de operación específica y evento crítico determinado. Así pues, si se pone el ejemplo de la “*Velocidad de viaje vacío*” como evento crítico del viaje vacío, movimiento de equipos, parada por mantenimiento preventivo, etc; el usuario sólo verá este punto en un solo reporte, ahorrándose el hecho de tener que esperar el recalcu de matrices por parte de la herramienta en Excel.

Las hojas siguientes, serán hojas de cálculo ocultas dentro del libro de Excel que se activarán según la macro que se active al momento de generar el reporte. Por otra parte, la herramienta se soportará bajo dos hojas de Querys que obtendrán toda la información necesaria para la alimentación de cada uno de los reportes. Estos Querys corresponden a las consultas de producción filtradas específicamente según sean necesarias de mostrar. De igual manera, estas consultas estarán acompañadas de fórmulas matemáticas que determinarán valores de campo específicos y a utilizar dentro de lo que se desea mostrar.

## **7.2. SELECCIÓN E INTEGRACIÓN DE LAS CONSULTAS DE PRODUCCIÓN.**

Estas consultas fueron las resultantes de la compilación realizada en el capítulo 3, tal cual se observan en la Tabla 4. Para la correcta adecuación de estas consultas dentro de la aplicación de producción, se organizaron acorde a los requerimientos que se enlistarían y a los reportes que se querían generar en cada una de las hojas de cálculo independientes. Para ello, se realizó una distribución de las consultas según sus filtros y encaminadas a alimentar una de estos reportes.

### **7.3. ORGANIZACIÓN DE LOS REPORTES DE PRODUCCIÓN**

La lista de reportes corresponde a 9 listas clasificadas por afinidad y en donde se registran los reportes necesarios y solicitados por el usuario a la hora de hacer la consulta. De igual forma, se incluyen cuatro listas más que muestran unos indicadores de producción de forma un tanto más global. La definición de cada uno de los reportes se enlista a continuación:

#### **7.3.1. Reporte de horas de operación por flota:**

Como su nombre lo indica, muestra la sumatoria de las horas netamente operativas de cada operador y para un turno determinado en cada una de las flotas de acarreo, debido a que los operarios registran el equipo en donde se encuentren al momento de iniciar el turno y son monitoreados constantemente por los supervisores de producción. Esta tabla dinámica puede filtrarse por línea y nombre de operador y actualizarse hasta para un periodo de 5 meses. Este límite se incluye debido al tamaño de la consulta y su posibilidad de superar los límites de la hoja de cálculo. El reporte permite determinar posiciones para ranqueo de operadores, productividad de equipos y de línea, operadores demorados y uso efectivo de la disponibilidad de los camiones. Como ejemplo se muestra en la Figura 25 la presentación del reporte.

Este reporte es alimentado por las consultas Hist\_equmlist, Hist\_Eqmcat e Hist\_OperId, las cuales se enlazan directamente en Power View con respecto de sus turnos y sus flotas de equipos, generando una tabla (Tabla 13) de información como la que se observa a continuación:

**Figura 25.** Reporte de horas de operación por flota

Desde: 18-JUL-12 Nocturno - Hasta: 18-JUL-12 Nocturno

Seleccione Unidad: **Camion**

Linea	A_21
Grupo	(All)

Sum of Hrs Oper	
nomOper	Total
A_21 LOPEZ EVERT	11,33
A_21 PEREZ WILFRED	11,31
A_21 FONSECA ROBER	11,30
A_21 PEREZ DIEGO	11,19
A_21 PINTO EFRAIN	11,16
A_21 ESCOBAR RONALD	11,16
A_21 DE LUQUE YASER	11,15
A_21 GAMEZ KARY	11,13
A_21 SALAS DANY	11,08
A_21 PAREJA JANE	11,01
A_21 ROSADO ROBERTO	11,00
A_21 BACHIERO DANIE	11,00

**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

**Tabla 13.** Consulta necesaria para el reporte horas de operación por flota

shiftindex	shiftdate	shift	eqmttype	idOper	nomOper	Hrs Oper	eqmtid	crew	Linea
30894	17-Apr-12	Diurno	Cam320	00017901806	A_11 PALACIO RICARD	3,413888889	022-801	Caribes	A_11
30894	17-Apr-12	Diurno	Cam320	00073230577	ENTTO_04 CHAMORRO D	0,166944444	022-766	Caribes	ENTT
30894	17-Apr-12	Diurno	Cam320	00084009491	A_21 ORTIZ EDILSO	0,2775	022-808	Caribes	A_21
30894	17-Apr-12	Diurno	Cam320	00084009691	ENTTO_03 BRITO CARL	5,000277778	022-737	Caribes	ENTT
30894	17-Apr-12	Diurno	Cam320	00084090127	ENTTO_04 BLANCO LUI	6,160555556	022-728	Caribes	ENTT
30894	17-Apr-12	Diurno	Cam320	01010061778	A_21 TONCEL YULIS	0,058888889	022-824	Caribes	A_21
30894	17-Apr-12	Diurno	Cam320	01118811968	A_11 BERMUDEZ JONAT	3,605	022-825	Caribes	A_11

**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

7.3.2. Reporte control uso de equipo auxiliar:

Es un reporte bastante completo debido a que detalla el uso, la disponibilidad y las horas de operación de todas las flotas de equipo auxiliar, en cada una de sus líneas y según su ubicación en los diferentes tajos que conforman la mina. También, arroja un top 5 de los eventos más frecuentes durante el periodo consultado y según la clasificación de los eventos que el usuario quiera dar y distribuido también por línea y por tipo de equipo. Por ejemplo, el top 5 de los

eventos Stand By identificados. El límite de consulta para esta lista es de tan sólo un turno completo, dada la cantidad de datos necesaria para completar esta acción. Este reporte funciona para el efectivo control de los procesos que implican movimiento puesto que el equipo auxiliar es quien se encarga de asegurar el estado óptimo de las vías de acceso tanto a palas como a botaderos. De igual manera para el proceso de Cargue y Descargue en botaderos.

De igual manera, por una petición especial en cuanto a la impresión de esta hoja, se incluyó dentro de la misma un reporte sobre el volumen total dentro de cada botadero, por zona y por equipo de cargue y/o acarreo total. Un ejemplo de esto se observa en la Figura 26.

**Figura 26.** Reporte control uso de equipo auxiliar

REPORTE DISPONIBILIDAD DE EQUIPO AUXILIAR Y VOLUMENES EN BOTADEROS																																																			
MENU																																																			
Turno: 18-JUL-12 Nocturno																																																			
ZONA NORTE		ZONA CENTRAL																																																	
<b>LA PUENTE</b> <b>DISPONIBILIDAD Y USO</b> Linea: K23 <table border="1"> <thead> <tr> <th>unit</th> <th>Disp</th> <th>Uso</th> <th># Eqm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Camion de Agua</td> <td>88.0%</td> <td>74.2%</td> <td>41</td> </tr> <tr> <td>Motoniiveladora</td> <td>89.0%</td> <td>93.5%</td> <td>26</td> </tr> <tr> <td>Tractor de LLantas</td> <td>66.7%</td> <td>99.7%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Tractor de Oruga</td> <td>100.0%</td> <td>97.0%</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Grand Total</td> <td>87.8%</td> <td>87.3%</td> <td>81</td> </tr> </tbody> </table>		unit	Disp	Uso	# Eqm	Camion de Agua	88.0%	74.2%	41	Motoniiveladora	89.0%	93.5%	26	Tractor de LLantas	66.7%	99.7%	4	Tractor de Oruga	100.0%	97.0%	10	Grand Total	87.8%	87.3%	81	<b>TABACO TOTAL</b> <b>DISPONIBILIDAD Y USO</b> Linea: K25 <table border="1"> <thead> <tr> <th>unit</th> <th>Disp</th> <th>Uso</th> <th># Eqm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Camion de Agua</td> <td>87.0%</td> <td>79.9%</td> <td>46</td> </tr> <tr> <td>Motoniiveladora</td> <td>73.4%</td> <td>92.8%</td> <td>39</td> </tr> <tr> <td>Tractor de LLantas</td> <td>100.0%</td> <td>95.4%</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>Tractor de Oruga</td> <td>74.4%</td> <td>78.1%</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Grand Total</td> <td>81.4%</td> <td>86.8%</td> <td>104</td> </tr> </tbody> </table>		unit	Disp	Uso	# Eqm	Camion de Agua	87.0%	79.9%	46	Motoniiveladora	73.4%	92.8%	39	Tractor de LLantas	100.0%	95.4%	8	Tractor de Oruga	74.4%	78.1%	11	Grand Total	81.4%	86.8%	104
unit	Disp	Uso	# Eqm																																																
Camion de Agua	88.0%	74.2%	41																																																
Motoniiveladora	89.0%	93.5%	26																																																
Tractor de LLantas	66.7%	99.7%	4																																																
Tractor de Oruga	100.0%	97.0%	10																																																
Grand Total	87.8%	87.3%	81																																																
unit	Disp	Uso	# Eqm																																																
Camion de Agua	87.0%	79.9%	46																																																
Motoniiveladora	73.4%	92.8%	39																																																
Tractor de LLantas	100.0%	95.4%	8																																																
Tractor de Oruga	74.4%	78.1%	11																																																
Grand Total	81.4%	86.8%	104																																																
<b>EVENTOS CON MAYOR FRECUENCIA</b> Status real: Standby Linea: K23 eqmtype: (All) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Eventos</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BUSCAMDO OPERADOR</td> <td>20.3</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>COMBUSTIBLE</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>VOLADURA</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>REFRIGERIO</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>AJUSTE PRESION LLANTA</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>MINTO ENTREGA OPERATIVO</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>ENGRASE</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Grand Total</td> <td>24.1</td> </tr> </tbody> </table>		Eventos	Total	BUSCAMDO OPERADOR	20.3	MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE	1.3	COMBUSTIBLE	1.1	VOLADURA	0.6	REFRIGERIO	0.5	AJUSTE PRESION LLANTA	0.2	MINTO ENTREGA OPERATIVO	0.1	ENGRASE	0.0	Grand Total	24.1	<b>EVENTOS CON MAYOR FRECUENCIA</b> Status real: Standby Linea: K23 eqmtype: (All) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Eventos</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BUSCAMDO OPERADOR</td> <td>20.3</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE</td> <td>1.3</td> </tr> <tr> <td>COMBUSTIBLE</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>VOLADURA</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>REFRIGERIO</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>AJUSTE PRESION LLANTA</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>MINTO ENTREGA OPERATIVO</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>ENGRASE</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Grand Total</td> <td>24.1</td> </tr> </tbody> </table>		Eventos	Total	BUSCAMDO OPERADOR	20.3	MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE	1.3	COMBUSTIBLE	1.1	VOLADURA	0.6	REFRIGERIO	0.5	AJUSTE PRESION LLANTA	0.2	MINTO ENTREGA OPERATIVO	0.1	ENGRASE	0.0	Grand Total	24.1								
Eventos	Total																																																		
BUSCAMDO OPERADOR	20.3																																																		
MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE	1.3																																																		
COMBUSTIBLE	1.1																																																		
VOLADURA	0.6																																																		
REFRIGERIO	0.5																																																		
AJUSTE PRESION LLANTA	0.2																																																		
MINTO ENTREGA OPERATIVO	0.1																																																		
ENGRASE	0.0																																																		
Grand Total	24.1																																																		
Eventos	Total																																																		
BUSCAMDO OPERADOR	20.3																																																		
MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE	1.3																																																		
COMBUSTIBLE	1.1																																																		
VOLADURA	0.6																																																		
REFRIGERIO	0.5																																																		
AJUSTE PRESION LLANTA	0.2																																																		
MINTO ENTREGA OPERATIVO	0.1																																																		
ENGRASE	0.0																																																		
Grand Total	24.1																																																		
<b>VOLUMENES EN BOTADEROS</b>		<b>VOLUMENES EN BOTADEROS</b>																																																	
<b>PATILLA</b> <b>DISPONIBILIDAD Y USO</b> Linea: K26 <table border="1"> <thead> <tr> <th>unit</th> <th>Disp</th> <th>Uso</th> <th># Eqm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Camion de Agua</td> <td>80.0%</td> <td>84.8%</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>Motoniiveladora</td> <td>84.9%</td> <td>87.5%</td> <td>28</td> </tr> <tr> <td>Tractor de LLantas</td> <td>100.0%</td> <td>99.4%</td> <td>5</td> </tr> <tr> <td>Tractor de Oruga</td> <td>100.0%</td> <td>57.0%</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>Grand Total</td> <td>78.8%</td> <td>80.0%</td> <td>69</td> </tr> </tbody> </table>		unit	Disp	Uso	# Eqm	Camion de Agua	80.0%	84.8%	30	Motoniiveladora	84.9%	87.5%	28	Tractor de LLantas	100.0%	99.4%	5	Tractor de Oruga	100.0%	57.0%	6	Grand Total	78.8%	80.0%	69	<b>TAJOS DEL SUR</b> <b>DISPONIBILIDAD Y USO</b> Linea: K27 <table border="1"> <thead> <tr> <th>unit</th> <th>Disp</th> <th>Uso</th> <th># Eqm</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Camion de Agua</td> <td>89.4%</td> <td>95.9%</td> <td>37</td> </tr> <tr> <td>Motoniiveladora</td> <td>87.5%</td> <td>86.0%</td> <td>21</td> </tr> <tr> <td>Tractor de LLantas</td> <td>100.0%</td> <td>97.4%</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>Tractor de Oruga</td> <td>100.0%</td> <td>100.0%</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>Grand Total</td> <td>89.0%</td> <td>94.2%</td> <td>73</td> </tr> </tbody> </table>		unit	Disp	Uso	# Eqm	Camion de Agua	89.4%	95.9%	37	Motoniiveladora	87.5%	86.0%	21	Tractor de LLantas	100.0%	97.4%	11	Tractor de Oruga	100.0%	100.0%	4	Grand Total	89.0%	94.2%	73
unit	Disp	Uso	# Eqm																																																
Camion de Agua	80.0%	84.8%	30																																																
Motoniiveladora	84.9%	87.5%	28																																																
Tractor de LLantas	100.0%	99.4%	5																																																
Tractor de Oruga	100.0%	57.0%	6																																																
Grand Total	78.8%	80.0%	69																																																
unit	Disp	Uso	# Eqm																																																
Camion de Agua	89.4%	95.9%	37																																																
Motoniiveladora	87.5%	86.0%	21																																																
Tractor de LLantas	100.0%	97.4%	11																																																
Tractor de Oruga	100.0%	100.0%	4																																																
Grand Total	89.0%	94.2%	73																																																
<b>EVENTOS CON MAYOR FRECUENCIA</b> Status real: Standby Linea: K26 eqmtype: (All) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Eventos</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BUSCAMDO OIPEL</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>VOLADURA</td> <td>1.9</td> </tr> <tr> <td>TXLADO EN CAM</td> <td>1.1</td> </tr> <tr> <td>COMBUSTIBLE</td> <td>0.8</td> </tr> <tr> <td>SIN CARRAMBAJA</td> <td>0.6</td> </tr> <tr> <td>REFRIGERIO</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL/AREA</td> <td>0.4</td> </tr> <tr> <td>ENGRASE</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>MINTO ENTREGA</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>FIN DE TURNO</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>Grand Total</td> <td>13.2</td> </tr> </tbody> </table>		Eventos	Total	BUSCAMDO OIPEL	0.2	VOLADURA	1.9	TXLADO EN CAM	1.1	COMBUSTIBLE	0.8	SIN CARRAMBAJA	0.6	REFRIGERIO	0.5	MATERIAL/AREA	0.4	ENGRASE	0.2	MINTO ENTREGA	0.0	FIN DE TURNO	0.0	Grand Total	13.2	<b>EVENTOS CON MAYOR FRECUENCIA</b> Status real: Standby Linea: K27 eqmtype: (All) <table border="1"> <thead> <tr> <th>Eventos</th> <th>Total</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>BUSCAMDO OPERADOR</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>COMBUSTIBLE</td> <td>1.4</td> </tr> <tr> <td>REFRIGERIO</td> <td>1.0</td> </tr> <tr> <td>MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>MINTO ENTREGA OPERATIVO</td> <td>0.2</td> </tr> <tr> <td>AJUSTE PRESION LLANTA</td> <td>0.1</td> </tr> <tr> <td>Grand Total</td> <td>11.2</td> </tr> </tbody> </table>		Eventos	Total	BUSCAMDO OPERADOR	0.0	COMBUSTIBLE	1.4	REFRIGERIO	1.0	MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE	0.5	MINTO ENTREGA OPERATIVO	0.2	AJUSTE PRESION LLANTA	0.1	Grand Total	11.2								
Eventos	Total																																																		
BUSCAMDO OIPEL	0.2																																																		
VOLADURA	1.9																																																		
TXLADO EN CAM	1.1																																																		
COMBUSTIBLE	0.8																																																		
SIN CARRAMBAJA	0.6																																																		
REFRIGERIO	0.5																																																		
MATERIAL/AREA	0.4																																																		
ENGRASE	0.2																																																		
MINTO ENTREGA	0.0																																																		
FIN DE TURNO	0.0																																																		
Grand Total	13.2																																																		
Eventos	Total																																																		
BUSCAMDO OPERADOR	0.0																																																		
COMBUSTIBLE	1.4																																																		
REFRIGERIO	1.0																																																		
MATERIAL/AREA NO DISPONIBLE	0.5																																																		
MINTO ENTREGA OPERATIVO	0.2																																																		
AJUSTE PRESION LLANTA	0.1																																																		
Grand Total	11.2																																																		
<b>VOLUMENES EN BOTADEROS</b>		<b>VOLUMENES EN BOTADEROS</b>																																																	

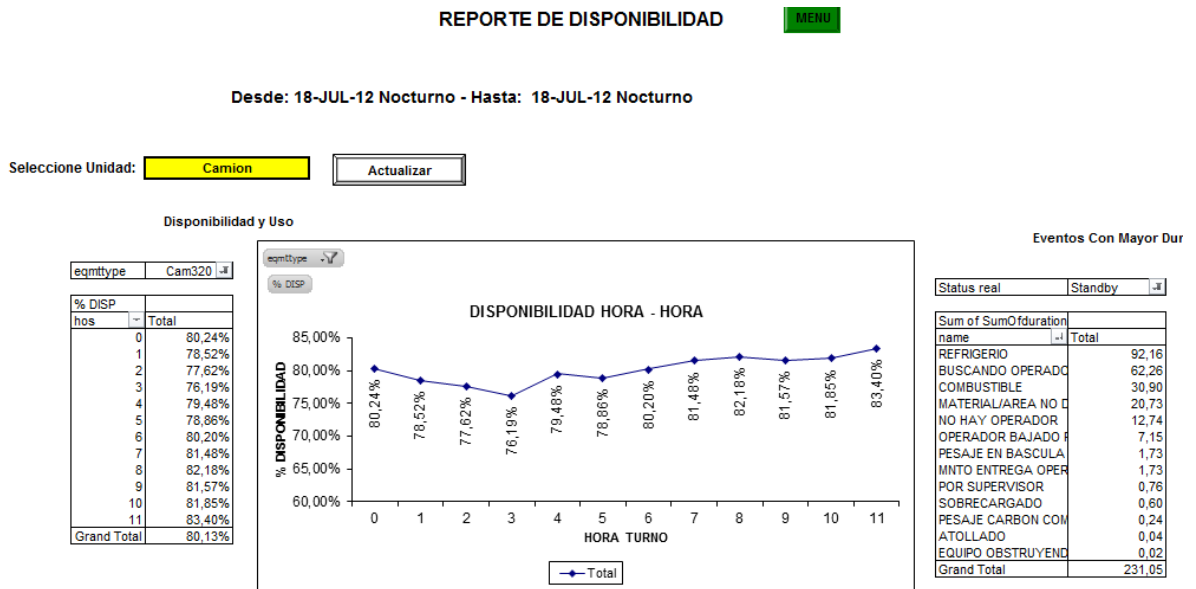
**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

Las consultas que alimentan este reporte, para la parte de equipo auxiliar son Hist\_eqmplist, Hist\_Eqmcat y Status\_Event; a su vez que las consultas que alimentan el reporte de botaderos vienen desde Hist\_Cargas, Hist\_Eqmplist e Hist\_OperId.

### 7.3.3. Reporte disponibilidad por flota de equipo:

La disponibilidad es quizá uno de los factores más importantes para controlar en la producción. Este nos puede estimar la capacidad instalada que tiene un sector en específico y para un tiempo determinado. Este reporte resume los valores reales de la disponibilidad de los equipos dentro de los términos de la consulta, en todas las horas del turno y a su vez, los eventos de mayor duración Stand By, que en últimas son los que más impactan este parámetro en el tiempo. La ventaja de poder obtener la disponibilidad hora a hora es la capacidad de establecer causas de una sobre o subproducción en términos de este factor. Afecta los eventos críticos de disponibilidad de los equipos en la mina. Se aclara también que este dato solo puede ser actualizado hasta un mes de producción. Este reporte se presenta en la Figura 27.

**Figura 27.** Reporte de disponibilidad de flota



**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

Las consultas necesarias para obtener estas dos tablas corresponden la combinación entre de Status\_Event que registra los eventos y el tiempo determinado en cada evento, con Hist\_Eqmcats correspondiente a los equipos en la mina. La disponibilidad no se puede obtener desde la base de datos, por lo que se calcula insertando un campo calculado en la tabla dinámica bajo la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Horas de operación} + \text{Horas Stand By}}{\text{Horas de operación} + \text{Horas Stand By} + \text{Horas Down}}$$

#### 7.3.4. Reporte detallado de producción hora a hora:

Aporta el detalle de volumen de carbón<sup>62</sup> y estéril en cada una de las horas del turno y por zona de cargue. Muestra la productividad de los equipos de cargue y acarreo dentro del mismo periodo de tiempo, generando datos precisos sobre el detalle de la operación en la mina. Este reporte tiene una pestaña adicional para observar el volumen de estéril en botaderos al cierre de cada hora, así como el volumen del material en tránsito sobre los camiones que no han sido descargados en el límite de la hora. Esta consulta permite centrarse en los eventos críticos referentes al cargue de los camiones, así como el descargue en botaderos, observando factores de productividad en cuanto a la relación volumen/hora. Un ejemplo se presenta en la Figura 28.

---

<sup>62</sup> Por recomendación de la compañía se incluye el carbón en este reporte puesto que es un indicador muy importante en la producción y sobre el cual los dueños de los procesos también priorizan en estar al tanto.

**Figura 28.** Reporte detallado de producción hora a hora

**DETALLE VOLUMENES ESTERIL/CARBON HORA-HORA**



**Desde: 18-JUL-12 Nocturno - Hasta: 18-JUL-12 Nocturno**



Material		Esteril													
volumen		hos													
Zona	Carga	Pala	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Grand Total
<b>Zona Central</b>															
E03			1.490	1.442	844	1.054	1.524	688	1.368	1.210	890	1.438	1.607	1.116	14.672
E05			1.817	741	1.598	1.750	1.116	1.585	1.594	933	991	1.607	1.125	1.491	16.348
I12			844	585	1.094	960	991	866	857	625	710	366	250		8.149
I13							751	939	564	94		562	1.034	466	4.410
I14			1.314	1.129	1.038	943	1.129	752	1.499	938	376	283	939	658	10.997
I15						1.316	1.315	937	1.124	1.409	1.406	1.222	1.127	1.034	10.890
I33			920	781	732	1.089	357	375	500	469	125	125	491		5.965
K04			380				944	1.429	1.522	1.470	1.286	1.145	1.689	717	10.562
K06			1.325	1.421	1.228	1.128						1.506	1.507	1.323	9.439
Q02			377	760	854	661	472	668	571	666	377	570	753	567	7.296
Q03			658	658	568	1.035	939	1.124	376	93	657	938	1.034	657	8.738
Q05			852	284	659	467	1.031	663	755	660	847	847	1.035	753	8.855
<b>Zona Central Total</b>			<b>9.979</b>	<b>7.802</b>	<b>8.615</b>	<b>10.406</b>	<b>10.569</b>	<b>10.028</b>	<b>10.728</b>	<b>7.943</b>	<b>7.579</b>	<b>10.829</b>	<b>12.321</b>	<b>9.524</b>	<b>116.321</b>
<b>Zona Norte</b>															
E01							491	1.294	1.001	794	919	1.094	875	732	7.200
E02									1.223	1.089	973	1.357	1.357	1.232	7.231
E09								1.075	1.142	482	1.366	1.075	1.464	1.798	8.402
E12									250	719	866	1.058	991	973	4.858
E21									469	366	375	625	116	593	2.544
E22									241	875	750	687	1.576	1.460	5.590

**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

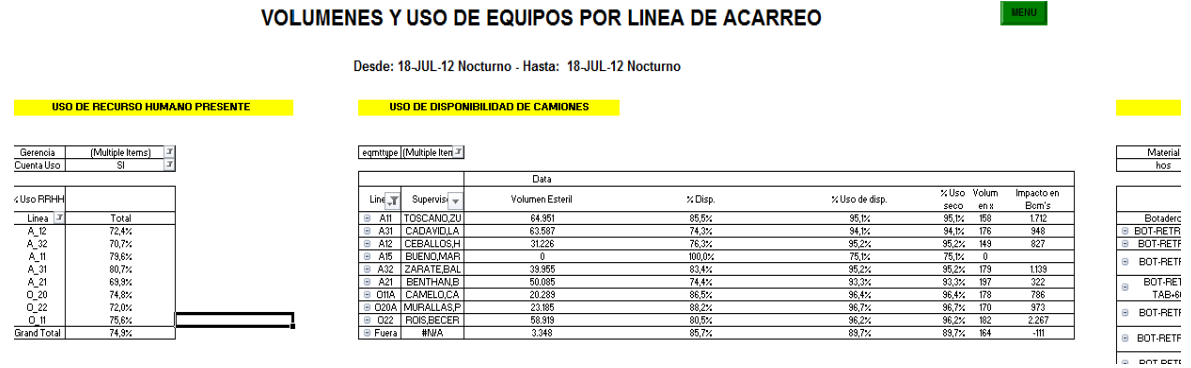
Las consultas necesarias para generar esta información vinieron de las tablas de Hist\_Cargas, Hist\_Descargas, Hist\_Eqmlist, Hist\_Eqmcat, Hist\_Tajos

**7.3.5. Reporte volúmenes y uso por línea de acarreo:**

Este reporte se enfoca en medir el uso del recurso humano en cada línea de acarreo, lo que facilita el control de personal y permite ver las ineficiencias en el trabajo operativo en cada una de estas líneas de acarreo. A su vez, el reporte detalla por grupo natural cada una de estas líneas y sus indicadores de rendimiento, generando promedios totales permitiendo al usuario evaluar este evento crítico. A su vez, se encuentra otra tabla que relaciona el uso y la disponibilidad de los equipos en cada línea y para cada grupo natural. Este factor es importantísimo pues mide la capacidad instalada de acarreo de cada línea en cada grupo y la permite comparar contra el uso de esa disponibilidad, lo que le permite al usuario comparar, determinar promedios entre los grupos y tomar acciones para mejorar directamente el desempeño (bien sea por uso) o

la disponibilidad (según el departamento de mantenimiento). Un ejemplo de este reporte se muestra en la Figura 29.

**Figura 29.** Reporte volúmenes y uso por línea de acarreo



**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

Las consultas necesarias para generar estas tablas dinámicas correspondieron a Hist\_Cargas, Hist\_Eqmlist e Hist\_OperId.

### 7.3.6. Horas operativas desde último Tanqueo:

Este control permite que los equipos se monitoreen frecuentemente en cuanto al proceso de tanqueo y evitar que tengan que detenerse y ponerse down por este aspecto. Controla las horas operativas en el turno especificado y las horas desde que se realizó el último proceso de tanqueo. Sólo puede refrescarse durante el turno actual debido a la gran cantidad de datos y se genera una consulta para todos los equipos de acarreo presentes en la mina, separados por flota de operación. Se presenta un ejemplo en la Figura 30.

**Figura 30.** Reporte de horas operativas desde último Tanqueo

**REPORTE HORAS OPERATIVAS DESDE ULTIMO TANQUEO**

Turno: 18-JUL-12 Nocturno



eqmttype		Car789C	
eqmtid	Data		
	Hrs Operativas	Hrs	Desde Tanqueo
022-283	31,54		67,30
022-259	26,07		37,00
022-264	25,75		57,33
022-258	22,49		55,34
022-270	22,07		56,36
022-263	20,58		27,35
022-284	19,01		55,30
022-277	18,13		59,21
022-268	17,67		71,45
022-278	17,24		24,28
022-279	16,99		24,39
022-276	16,55		24,23
022-273	16,06		59,52
022-250	15,97		26,22
022-285	14,06		25,34
022-288	13,70		44,57

eqmttype		Camion240	
eqmtid	Data		
	Hrs Operativas	Hrs	Desde Tanqueo
022-365	27,45		50,33
022-447	27,44		67,28
022-357	24,95		36,27
022-453	24,64		49,55
022-388	24,00		70,70
022-397	23,48		48,22
022-376	23,32		57,53
022-372	23,12		36,42
022-458	23,08		69,90
022-426	22,87		49,55
022-437	22,79		49,13
022-387	21,85		52,70
022-454	21,62		56,33
022-442	21,43		66,47
022-425	21,11		52,57
022-344	20,66		48,35

eqmttype		Cam320	
eqmtid	Data		
	Hrs Operativas	Hrs	Desde Tanqueo
022-745	23,02		66,10
022-802	15,94		25,58
022-768	15,90		56,55
022-724	15,17		27,12
022-806	15,05		58,12
022-786	14,82		68,35
022-761	14,41		25,30
022-819	14,36		26,44
022-777	14,35		57,58
022-749	14,33		27,50
022-800	14,31		26,26
022-825	14,20		26,25
022-730	13,51		25,28
022-710	13,38		24,57
022-721	13,29		47,18
022-769	13,28		48,31

**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

Las consultas necesarias para realizar este tipo de análisis son: Hist\_Fuel, Status\_Event e Hist\_Equmlist.

**7.3.7. Reporte región cargue de camiones para cambio en caliente:**

Este reporte permite tener un control completo sobre el proceso de cambio de turno en caliente, puesto monitorea el último y primer evento de cada uno de los camiones y su ubicación dentro de la mina. Este proceso queda monitoreado bajo este reporte puesto que afecta los indicadores críticos de llegada y salida de operadores, así como los movimientos y velocidades necesarias para llegar a su línea de listo destino. La Figura 31 muestra el reporte reseñado.

**Figura 31.** Reporte de región de cargue para CC

**REGION CARGUE DE CAMIONES PARA CAMBIO EN CALIENTE**

**Turno: 18-JUL-12 Nocturno**

Material	Esteril	..
Linea	(All)	-

Hora	truck	Region ult	Status	Total
	022-342	TAJO 100	Operacion	5:22:56 AM
	022-344	TAJO 100	Operacion	5:18:18 AM
	022-346	COMUNEROS	Operacion	5:55:45 AM
	022-347	TAJO 100	Operacion	5:27:14 AM
	022-349	TAJO 100	Operacion	5:54:53 AM
	022-350	ALTA	Operacion	5:18:30 AM
	022-353	TAJO 100	Operacion	5:42:36 AM
	022-354	ALTAS	Operacion	6:58:13 PM
	022-355	SUR	Operacion	5:52:22 AM
	022-357	TAJO 100	Operacion	5:13:35 AM
	022-359	PATILLA	Operacion	5:13:08 AM
	022-360	ALTA	Operacion	5:12:14 AM
	022-364	ALTAS	Operacion	5:20:07 AM

**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

Este reporte también debe ser corrido para uno de los turnos elegido, puesto que no es acumulable. Esto quiere decir que el proceso es muy puntual y distinto para cada turno por lo que compilar los datos del cambio de turno no es tan específico en términos de control. Las consultas necesarias para generar esta información correspondieron a Status\_Event e Hist\_Eqmlist.


**7.3.8. Reporte de Cargas Falsas en CTD:**

Por petición especial de la compañía, se introdujo este control en la aplicación puesto que detalla una relación de ciclos tal que permite ver si la carga reportada por los operarios en cualquier momento es una carga falsa, puesto que se cargó más no cumplió con el ciclo establecido por el sistema. Un ejemplo de esto puede ser una carga mal utilizada para tapar un agujero en vez de llevarla a un botadero asignado, por lo cual el sistema asume que el operario cumplió la instrucción y calcula los tiempos con velocidades muy dispares a una condición normal. Dicho de otra forma, detecta cuando una carga no corresponde con la realidad, pudiendo afectar positiva o

negativamente algún punto de la producción no considerado. Este reporte máximo soporta la información contenida en una semana de producción y se muestra en la Figura 32.

**Figura 32.** Reporte de Cargas falsas en CTD

**REPORTE CARGAS FALSAS EN CTD**



Desde: 18-JUL-12 Nocturno - Hasta: 18-JUL-12 Nocturno

Carga Falsa? SI

Pala	Camion	Hora de Carga	Lugar de la carga	Botadero	Data				
					tSpot	tLleno	tVacio	tBotado	tCiclo
E03	022-783	2:05 PM	S75-39-60	BOT-PATI+160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
E05	022-762	11:53 PM	S75-37-60	BOT-PATI+160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	022-783	10:00 PM	S75-37-60	BOT-PATI+160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		4:02 AM	S75-37-60	BOT-PATI+160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		9:17 AM	S75-37-60	BOT-PATI+160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	022-815	3:16 PM	S75-37-60	BOT-PATI+160	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grand Total					0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

La consulta realizada para determinar este reporte corresponde a un enlace entre Hist\_Cargas, Hist\_Eqmlist, Hist\_Descargas e Hist\_Turnos.

### 7.3.9. Reporte seguimiento tanqueo de camiones:

Reporta los eventos down por tanqueo de combustible para los camiones de 320T, 240T y 190T (Carboneros), en un complemento al reporte generado en el numeral 6.3.6. Aquí se mira el equipo y la hora en que se registró el evento, así como la ubicación específica para realizar la labor de reparación y mantenimiento. El reporte puede correrse máximo para un mes de producción y se genera con las mismas consultas que su similar anterior. Se incluye un control para el mantenimiento operativo y hacer el seguimiento específico a cada uno de sus eventos críticos identificados, en procura que el usuario esté al tanto de que equipos van entrando y saliendo de esta operación y pudiendo planificar su proceso productivo. Se presenta la Figura 33 como ejemplo de esto.

**Figura 33.** Reporte seguimiento Tanqueo de camiones

**REPORTE DOWN POR COMBUSTIBLE Y STANDBY MTTO ENTREGA OPERATIVO**

Desde: 18-JUL-12 Nocturno - Hasta: 18-JUL-12 Nocturno

eqmttype	Cam320
name	MNTO ENTREGA OPERATIVO

Count of shift		
Hora	eqmt	Total
06:08 a.m.	022-749	1
07:53 a.m.	022-778	1
09:52 a.m.	022-766	1
09:57 a.m.	022-825	1
10:06 a.m.	022-703	1
10:57 a.m.	022-776	1
12:51 p.m.	022-729	1
02:51 p.m.	022-778	1
03:13 p.m.	022-801	1
03:41 p.m.	022-736	1
03:42 p.m.	022-810	1
	022-766	1
	022-726	1
03:45 p.m.	022-727	1
04:40 p.m.	022-801	1
04:46 p.m.	022-825	1

**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

7.3.10. Reportes adicionales:

Estos reportes corresponden a una serie de informes complementarios a los 9 ya descritos y aportan una visión tanto más holística del proceso de acarreo de estéril en sus indicadores y parámetros importantes. Entre ellos se encuentran:

- Reporte de análisis de turnos
- Reportes de desempeño de operadores
- Y otros reportes adicionales como el control de velocidades, las demoras operativas o la relación actual estéril/carbón en volumen.

Finalmente, el diseño de la aplicación mediante la introducción de las listas referenciadas se presenta a continuación en la Figura 34.

**Figura 34.** Diseño final de la aplicación - Consultas de Producción



**Fuente:** Aplicación consultas producción V-FINAL

#### 7.4. PROGRAMACIÓN DE LAS MACROS.

La programación de las macros consistió en asignar a cada uno de los ítems de la lista una programación muy básica que consistía en lo siguiente:

- Una vez seleccionadas las fechas entre turnos que se deseara evaluar, el programa calculaba automáticamente el código del turno asociado (ShiftIndex) el cual estaba amarrado a todas las consultas propuestas y significaba el filtro del Query a descargar.
- Al seleccionar cualquier opción entre los ítems o los botones grises (Ver Figura 34) básicamente la macro lo que hace es refrescar el Query o consulta deseada, lo cual era grabado con anterioridad y registrado en el archivo.

- Luego, se realizaba un cálculo automático de la sección deseada para que las fórmulas asociadas a cada una de las consultas se integraran a la operación deseada.
- Finalmente, se seleccionaba la hoja de reporte del ítem a consultar y refrescaba la tabla dinámica más las gráficas correlacionadas allí, terminando en últimas con el reporte generado y actualizado. En algunas pestañas se podía nuevamente actualizar cambiando sólo uno de los turnos, dependiendo del tamaño de los datos a generar.

A continuación se presenta en la Figura 35 un ejemplo del código utilizado para realizar todas estas Macros:

Los pasos referenciados en los círculos rojos corresponden en su orden:

1. Congela la pantalla para que la aplicación realice sus acciones pertinentes sin que el usuario observe lo que está ocurriendo. Muestra solamente la hoja de menú mientras la macro se desarrolla.
2. Estos códigos son de selección de celda y cálculo manual del shiftindex relacionado. Esto se hace cuando previamente se han seleccionado los turnos que se deseen consultar.
3. Selecciona la hoja del Query previamente grabado, y se refrescan o actualizan sus datos conforme al cambio de shiftindex del numeral anterior. En el ejemplo está la actualización de dos tablas de consulta.
4. Selección de la hoja donde se encuentra la tabla dinámica y posterior actualización de la misma con los datos refrescados en el numeral 3. Si es necesario hacer cálculos se incluye el código *"Sheets(Hoja\_Pitov).Calculate"*.
5. Oculta la hoja de menú inicial y selecciona la Hoja de la tabla dinámica en su celda A1 (por presentación)

6. Terminada la macro, el programa envía un aviso bajo el código “*MsgBox*”, e indicando el mensaje deseado por el autor de la aplicación. Finalmente se descongela la pantalla, quedando visible el reporte.

**Figura 35.** Ejemplo de macro utilizada en la aplicación

```
Sub Prueba ()  
  
1 Application.ScreenUpdating = False  
  
Range ("E1").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VLOOKUP (RC [-2] , FECHA_TURNO , 2 , FALSE) "  
2 Range ("E3").Select  
ActiveCell.FormulaR1C1 = "=VLOOKUP (RC [-2] , FECHA_TURNO , 2 , FALSE) "  
Range ("E4").Select  
  
Sheets ("Hoja_Prueba_Query").Visible = True  
Sheets ("Hoja_Prueba_Query").Select  
Range ("D2").Select  
3 Selection.QueryTable.Refresh BackgroundQuery:=False  
Range ("Y2").Select  
Selection.QueryTable.Refresh BackgroundQuery:=False  
Sheets ("Hoja_Prueba_Query").Calculate  
  
Sheets ("Hoja_Pivot").Select  
Range ("A23").Select  
4 ActiveSheet.PivotTables ("PivotTable3").PivotCache.Refresh  
Range ("A45").Select  
ActiveSheet.PivotTables ("PivotTable5").PivotCache.Refresh  
  
Sheets ("Hoja_Menu").Visible = False  
5 Sheets ("Hoja_Pivot").Select  
Range ("A1").Select  
  
6 MsgBox ("Datos Actualizados")  
Application.ScreenUpdating = True  
  
End Sub
```

## 8. HERRAMIENTAS PROPUESTAS PARA EL CONTROL EFECTIVO AL PROCESO DE ACARREO DE ESTÉRIL

Teniendo en cuenta los objetivos propuestos en el presente proyecto, se hace entrega a la compañía Carbones del Cerrejón LLC un total de cinco (5) herramientas, todas ellas directamente correlacionadas y enfocadas en el control estricto y en tiempo real al proceso de acarreo de estéril, el cual se evidenció presenta situaciones susceptibles a mejorar y sobre lo que se espera, genere un aumento en la capacidad real de toda la operación concerniente al estéril. A continuación se listan las cinco (5) herramientas propuestas para tal fin:

- Caracterización en formato BowTie de los cuatro procesos principales: cargue, descargue, viaje lleno, viaje Vacío; y de los ocho subprocesos paralelos a la operación: cambio de turno en caliente, parada por refrigerio, parada por down, parada por lluvia, parada por voladura, parada por mantenimiento preventivo, movimiento de equipos entre zonas, tanqueo de equipos.
- Identificación de eventos críticos de mayor impacto a la producción y metodologías para el control efectivo y en tiempo real de los mismos.
- Algoritmos de control de eventos críticos mediante el desarrollo de la aplicación en Excel 2003 ® titulada: “*Aplicación Consultas Producción-VFINAL*”. La aplicación se encuentra en el Anexo Z.
- Diagramas de flujo para cada uno de los cuatro procesos principales y los ocho subprocesos paralelos a la operación.
- Mapa de procesos general para el acarreo de estéril

## 9. PRESENTACIÓN DEL PROYECTO EN LA EMPRESA

Durante el desarrollo de la metodología planteada y el cumplimiento de los objetivos del proyecto, se presentó un monitoreo constante por parte del tutor asignado por la empresa, quien responde al cargo de Superintendente de CTD. A su vez, se socializaron los resultados de las consultas con analistas de la base de operaciones de producción, los cuales son los usuarios más asiduos de estas herramientas y los clientes potenciales de la aplicación entregada al finalizar el proyecto.

De igual manera la socialización de la información tanto cualitativa como cuantitativa producto de las entrevistas hechas a los actores del proceso, se realizó en una reunión con los Superintendentes de tajos del sur, tajo la puente, CTD (Tutor). Producto de esta socialización se definieron los parámetros propiamente explicados en el capítulo 4.

De igual manera, se socializaron los resultados correspondientes a las metodologías de control de eventos críticos con los Supervisores de minería, como también el diseño de la aplicación correspondiente al control de eventos críticos mediante algoritmos en Excel 2003 ®, con los analistas de la base de producción y un integrante de soporte administrativo en sistemas.

Finalmente, se realizó una reunión con el staff técnico del departamento de producción<sup>63</sup> en donde se hizo la presentación oficial de los proyectos correspondientes a los practicantes del departamento de producción, y se entregaron las herramientas de control al proceso de acarreo de estéril.

---

<sup>63</sup> Compuesto por los dos Gerentes de producción y los siete Superintendentes de minería

## CONCLUSIONES

- Unos objetivos claros, sumado a un alcance bien estructurado y a un estudio correcto del sistema, permitieron llevar a cabo el desarrollo de este proyecto en donde se realizó un análisis complejo a uno de los procesos más trascendentales en la minería del carbón, pudiendo desglosar sus elementos más importantes y estableciendo una herramienta de control efectivo y en tiempo real más rápido que el actual.
- Conforme se observó en el diagnóstico del problema, el potencial de mejoramiento del proceso de acarreo de estéril es del 8%, lo que le brinda a la herramienta generada la posibilidad de eliminar de manera eficiente los incumplimientos operativos de los planes mensuales de minería. Esta mejoría en gran parte es a la ganancia por tiempo de respuesta en los analistas que brinda la aplicación. Se destaca esto, puesto que el promedio diario de remoción de material estéril ronda los 700.000 BCM's, lo que implica una ganancia potencial de 56.000 BCM's en promedio, equivalente a una hora de trabajo diario.
- La implementación de este proyecto permitirá reducir los tiempos de respuesta de los analistas hasta en un 80%, puesto que la reacción a los eventos negativos en la mina cambia, pasando de 60 minutos (entre generación de reportes), a tiempos de aproximadamente 5 minutos en promedio, según la habilidad del analista en encontrar la situación. Dicho sea de paso, este tiempo de respuesta es mucho menor que los 60 minutos registrados, ya que la aplicación generada realiza consultas ágiles y específicas sobre puntos clave en la operación minera.
- Este proyecto pretende hacer menos complejo el trabajo de los analistas en cuanto a la búsqueda de información se trata. Fue evidente durante la observación de los procesos de control que estos, al momento de redactar

su informe de cierre de hora, gastaban alrededor de 10 y 15 minutos generando sus propias consultas con el fin de determinar las causas reales de los impactos negativos generados en este periodo. La finalidad es que estos tiempos disminuyan hasta el orden de los 3 o 4 minutos (reducción del 65%) en promedio.

- Los eventos más críticos en el proceso de acarreo de estéril corresponden a aquellos relacionados con la interacción directa de los camiones, es decir, eventos netamente operativos. Entre ellos los más destacados corresponden al control de camiones lentos, la recuperación eficiente de las vías de acceso a los tajos por parte del equipo auxiliar, tiempos de reactivación de la operación después de una lluvia, controles sobre los equipos en mantenimiento programado, entre otros.
- Se entregó al departamento de producción de Cerrejón el mapa de procesos del acarreo de estéril, herramienta administrativa clave para una de las operaciones más grandes que tiene la compañía, ya que hasta el momento no existía entre sus archivos. Se destaca como un logro puesto que se aprobó de buena forma la entrega de este mapa a la compañía.
- La aplicación entregada a la empresa como resultado del proyecto facilitará la futura realización de consultas por parte de cualquier usuario (no solo de los analistas), en procura de establecer los indicadores de producción en tiempo real para la toma de decisiones efectivas y de alto impacto en la producción. Esta consulta es más amigable que realizar sucesivos enlaces en Power View, lo cual es un desperdicio importante de tiempo y esfuerzo, y podrá ser realizada por cualquier actor activo del proceso, desde supervisores y operarios, hasta superintendentes y gerentes de producción.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda dar la continuidad necesaria a este tipo de proyectos realizados por los practicantes del área de producción, en procura de robustecer una línea que genere un macro proyecto altamente útil para las pretensiones y necesidades del departamento en cuestión.
- Es indispensable realizar una sensibilización y una capacitación sobre la forma de aplicar las técnicas y propuestas propiamente dichas en el presente documento, desde los operarios de equipos hasta los superintendentes y gerentes en procura de estandarizar la aplicación de consulta a una escala mayor.
- Es recomendable dar una copia de las herramientas entregables del proyecto a cada uno de los involucrados, sobre todo de las fichas de caracterización que incluyen las metodologías de control de puntos que, aunque en la mayoría de los casos éstas estén claras por algunos, hay momentos en que el control efectivo se pierde y no hay documentación especial al respecto.
- Se recomienda realizar capacitaciones a implicados en el proceso, sobre herramientas como Power View y Excel®, puesto que muchos de ellos no las tienen dentro de sus conocimientos, limitando el alcance del trabajo investigativo de cada uno de ellos y dependiendo del trabajo, en este aspecto, de los demás miembros del Departamento.

## BIBLIOGRAFIA

- Área metropolitana centro occidente AMCO. Caracterización de procesos de recursos físicos. [En línea]. Disponible en la web: <http://www.amco.gov.co/>
- BOEHRINGER Robert, KING Paul. Article: Process mapping giving great direction. OrionDevelopmentGroup, 2006.
- BOWTIE\_XP. Next generation, Bow-Tie tool. Risk Management MadeEasily
- BROWN GERARD. El diagnóstico de la empresa. Ibérica europea de Ediciones, S.A. 1972.
- BREBBIA C.A. Riks Analysis VIII. WIT Press. USA, 2007.
- CARBONES DEL CERREJÓN LLC. Informe de Sostenibilidad 2010. 104p.
- CARBONES DEL CERREJÓN LLC. Manual de cargue de camiones en pala hidráulica. Sistema de Integridad operacional Cerrejón, Versión 4, 2011. 5p.
- CARBONES DEL CERREJÓN LLC. Manual de desplazamiento en vías de camión de estéril. Sistema de Integridad operacional Cerrejón, Versión 4, 2009. 9p.
- CARBONES DEL CERREJÓN LLC. Manual de inspección pre-operacional en caliente. Sistema de Integridad operacional Cerrejón, Versión 3, 2009. 3p.
- CARBONES DEL CERREJÓN LIMITED. Proyecto de eficiencia y efectividad administrativa, 2009.

- CORDOBA, Carlos. Caracterización de los procesos. [En línea] Julio 5 de 2009. Disponible en la Web: <http://gerenciaprocesos.comunidadcoomeva.com>
- ECHEVERRÍA Luís, RAMÍREZ Jeiner. Cumplimiento de Capacidades. Proyecto de práctica profesional para el departamento de producción. Albania: CARBONES DEL CERREJÓN LLC. Departamento de Producción, 2011, 72p.
- GARCIA José, BRAVO Goncal. Manual de Visual Basic para Excel. 2003.
- GÓMEZ Joe Michael. Análisis factorial de palas y camiones. Proyecto de práctica profesional para el departamento de producción. Albania: CARBONES DEL CERREJÓN LLC. Departamento de Producción, 2010, 65p.
- INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TÉCNICAS, ICONTEC. Norma técnica Colombiana NTC-ISO 9001, Sistemas de gestión de la Calidad. Requisitos. Tercera actualización.
- Instituto Superior de Calkini, ITESCAM. Elaboración de mapas de proceso. [En línea]. Disponible en la web: <http://www.itescam.edu.mx/portal/>
- Mi tecnológico. Temario universitario por carreras físico mecánicas. [En línea]. Disponible en la web: <http://www.mitecnologico.com/admon/Main/PuntosCriticosDelControl>
- MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA, REPÚBLICA DE COLOMBIA. La cadena del carbón, *“El carbón Colombiano: Fuente de energía para el mundo”*. Editorial Dígitos y diseños, 2010. 53p.
- NOGUERA Argemiro. Caracterización de los procesos productivos asociados a la palma africana, a higuerilla y el piñón mediante análisis

funcional. Proyecto para optar al título de Ingeniero Electrónico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisico-mecánicas, 2000. 221p.

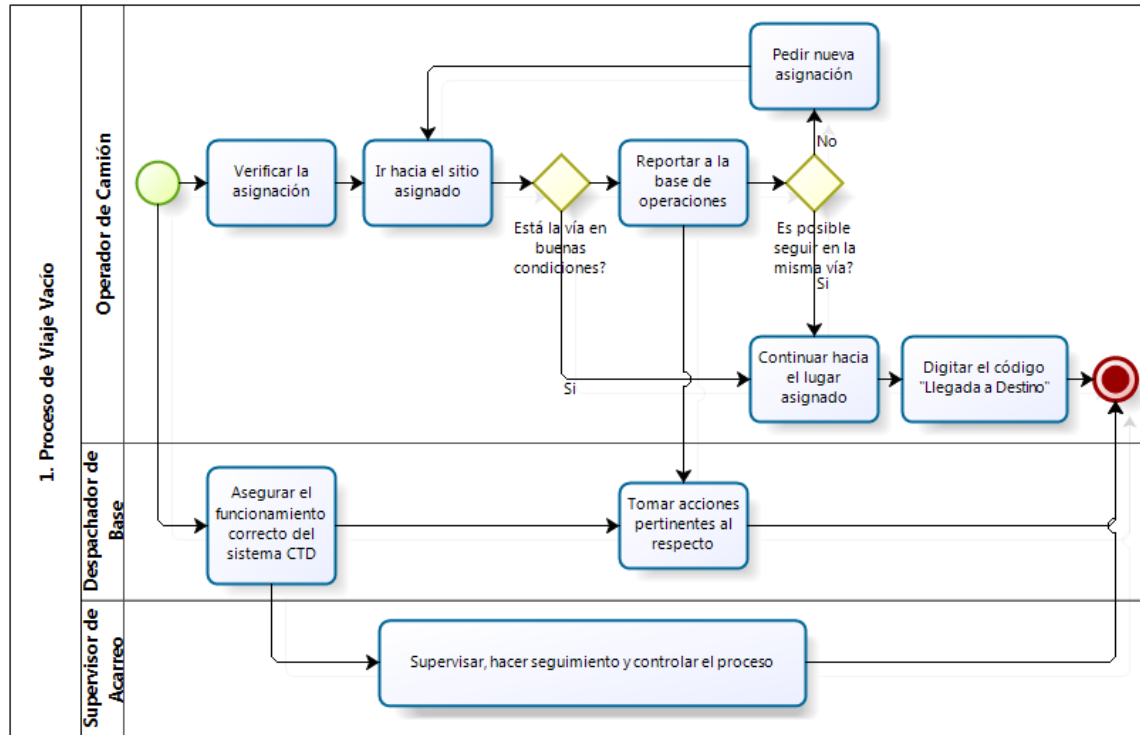
- ORTIZ David. Análisis y mejora de los procesos de la línea de muebles tapizados en la empresa Maximuebles. Proyecto para optar al título de Ingeniero Industrial. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. Facultad de Ingenierías Fisico-mecánicas, 2011. 145p.
- ORTIZ, Néstor. Análisis y mejoramiento de los procesos de la Empresa. Universidad Industrial de Santander, 1999.
- PEREZ Jose A. Gestión por procesos. 4th Edición. ESIC Editorial. Madrid, 2010.
- RONDEROS, María Teresa. La fiebre minera se apoderó de Colombia. Revista Semana. 6 de septiembre de 2011. <http://www.semana.com/nacion/fiebre-minera-apodero-colombia/163716-3.aspx>
- SCHROEDER, Roger. Operations Management, contemporary concepts and cases. 4th Edition. McGraw Hill, 2008.
- Soluciones SIG, empresa de diseño de soluciones organizacionales. [En línea]. Disponible en la web: <http://www.solucionessig.com/portal/>
- SQL Software, soluciones integrales empresariales. [En línea]. Disponible en la web: [www.sqlsoftware.com.co/](http://www.sqlsoftware.com.co/)
- SUMMERS Donna C.S. Administración de la Calidad en las empresas. PersonEducation, México, 2006.

## ANEXOS

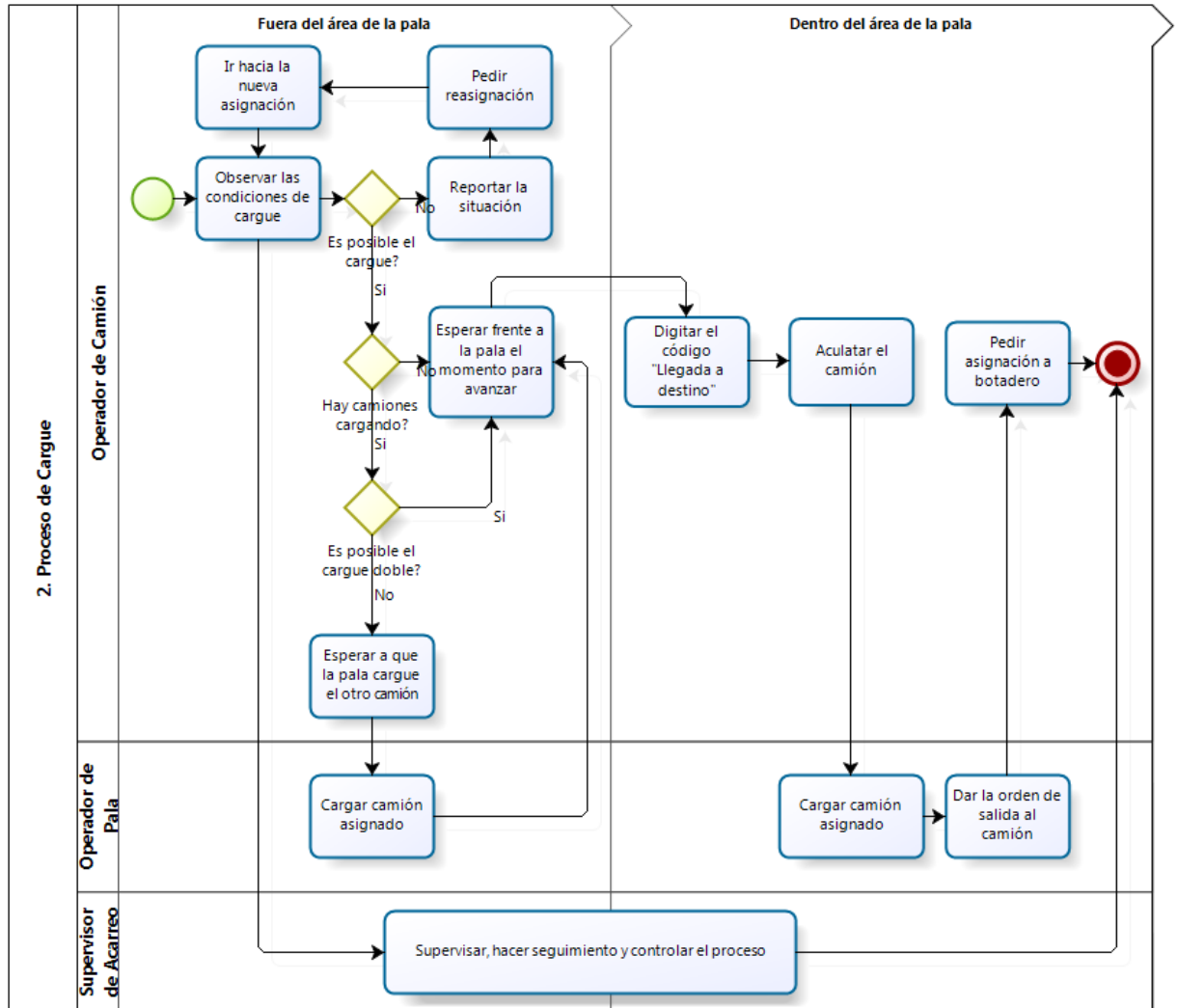
### ANEXO A. Macro proceso productivo de minería en Cerrejón



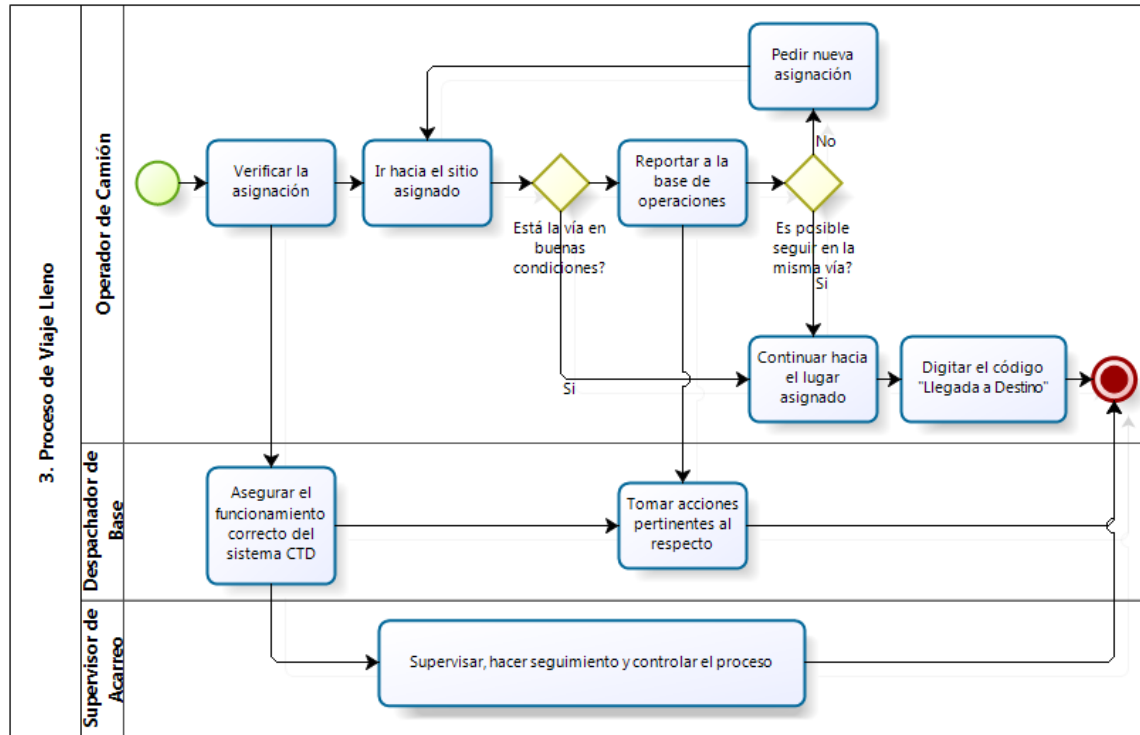
## ANEXO B. Diagrama de Flujo al proceso de Viaje Vacío



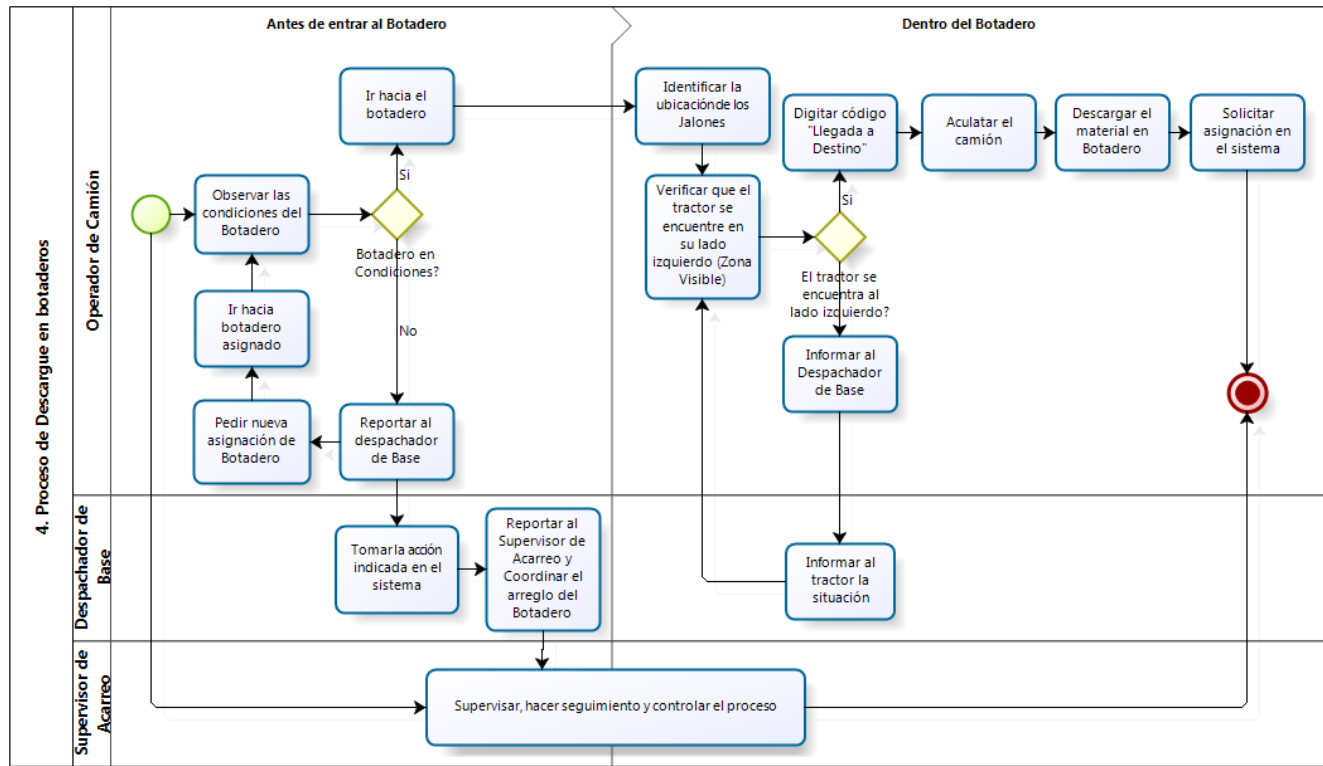
## ANEXO C. Diagrama de Flujo al proceso de Cargue



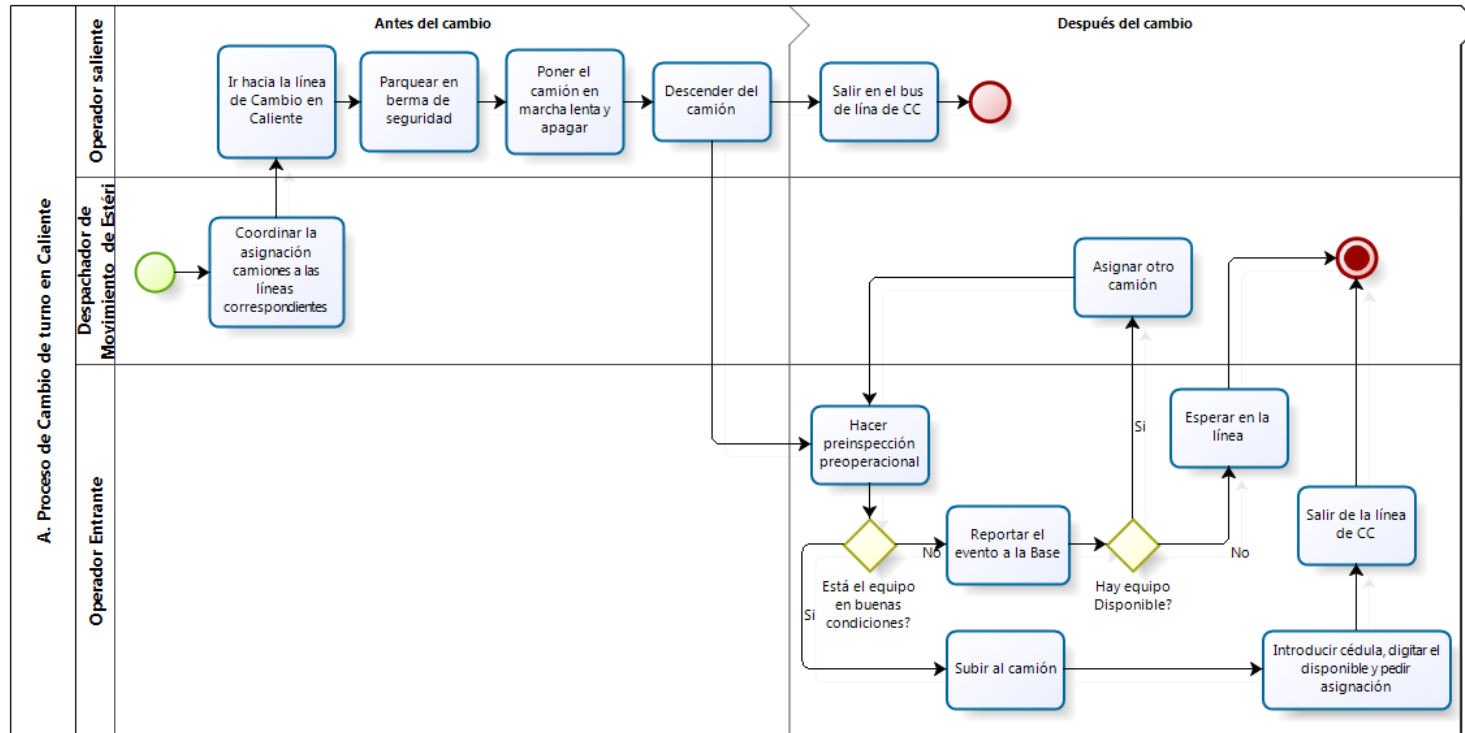
## ANEXO D. Diagrama de Flujo al proceso de Viaje Lleno



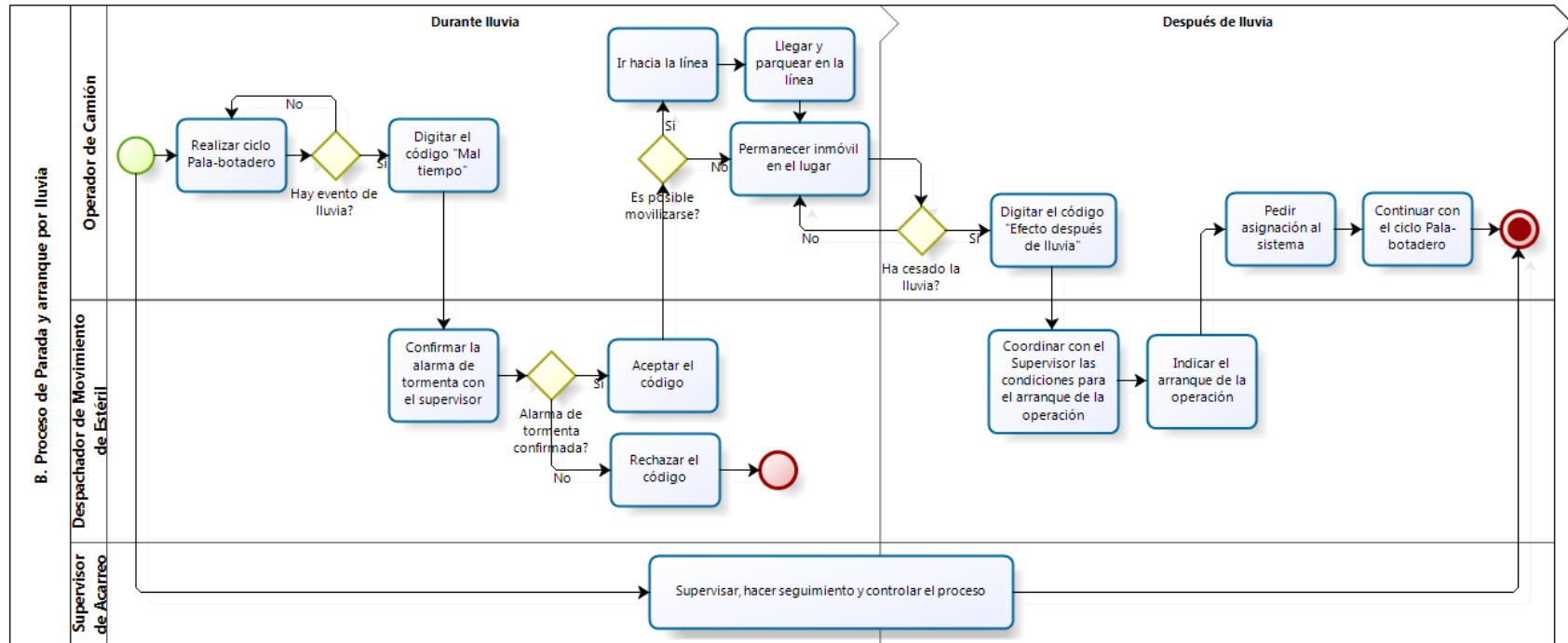
## ANEXO E. Diagrama de Flujo al proceso de Descarga en Botaderos



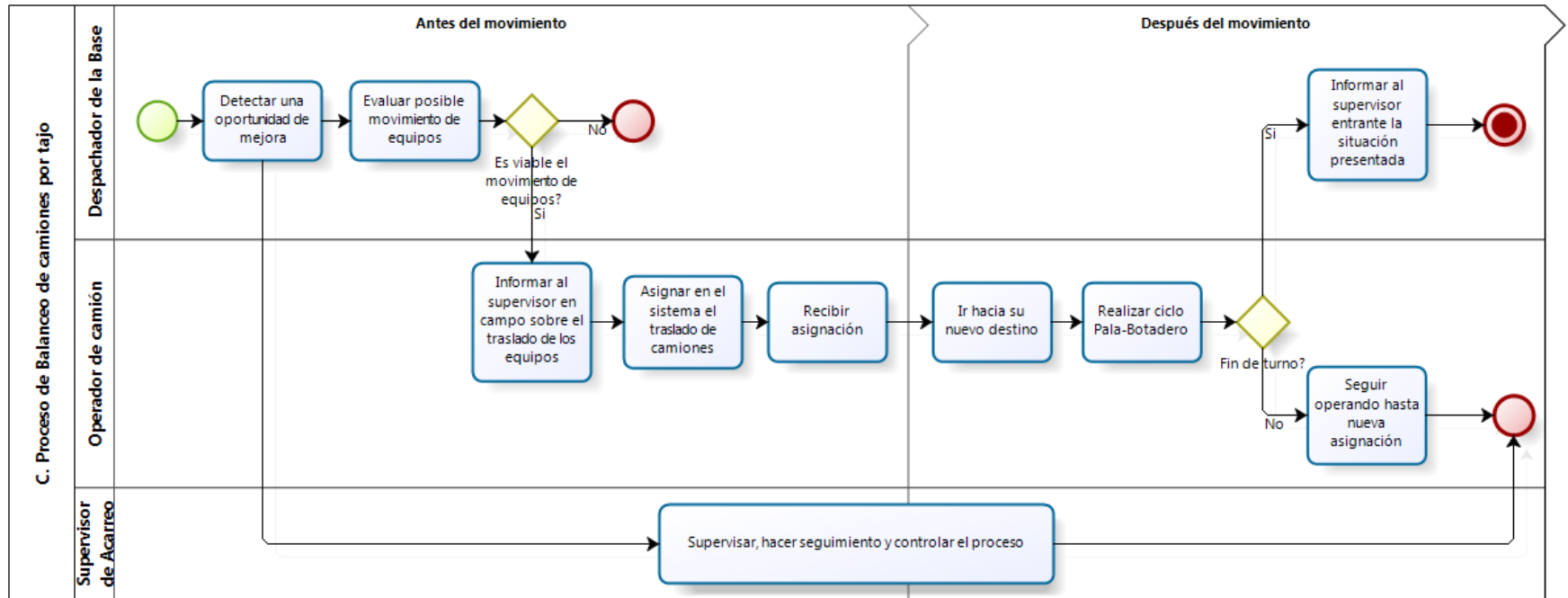
## ANEXO F. Diagrama de Flujo al proceso de Cambio de turno en caliente



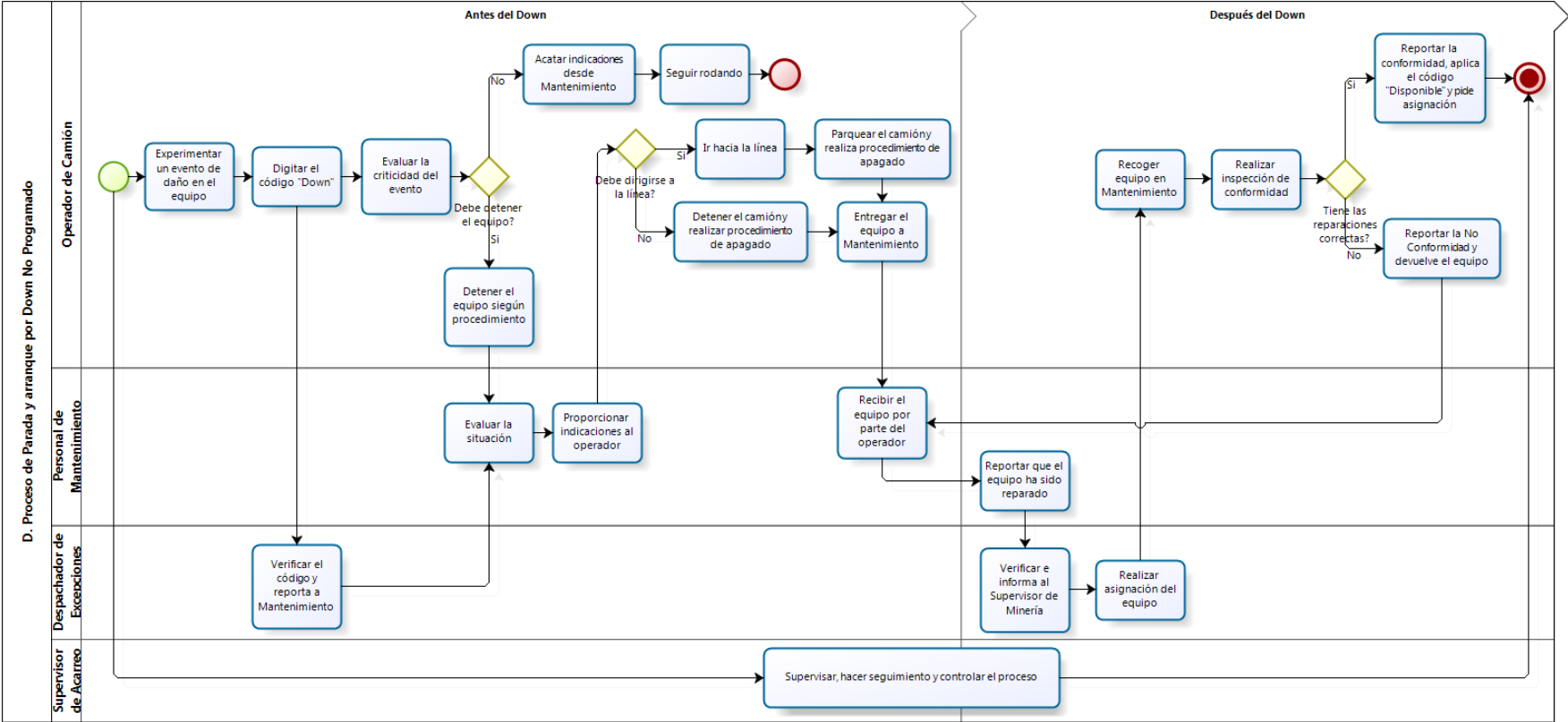
## ANEXO G. Diagrama de Flujo al proceso de Parada y arranque por Lluvia



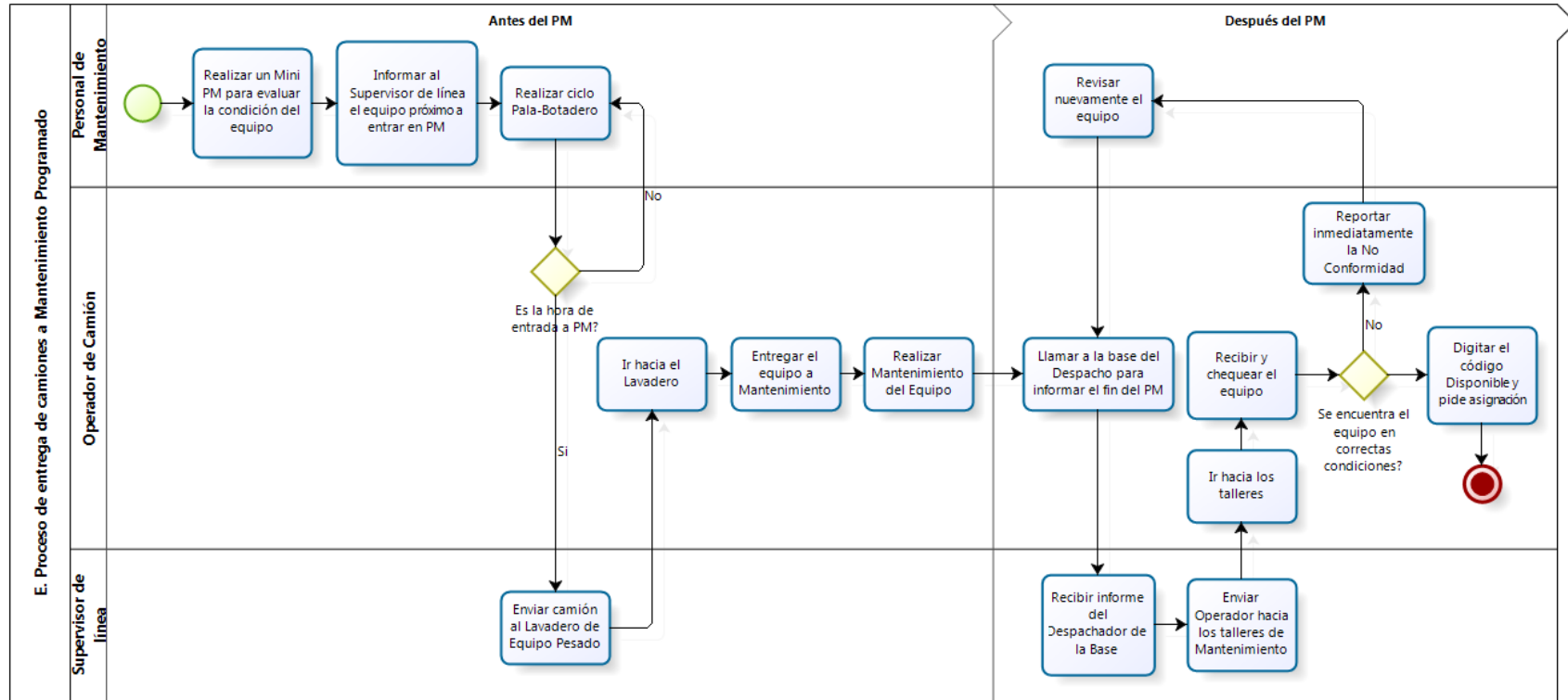
## ANEXO H. Diagrama de Flujo al proceso de Movimiento de Equipos



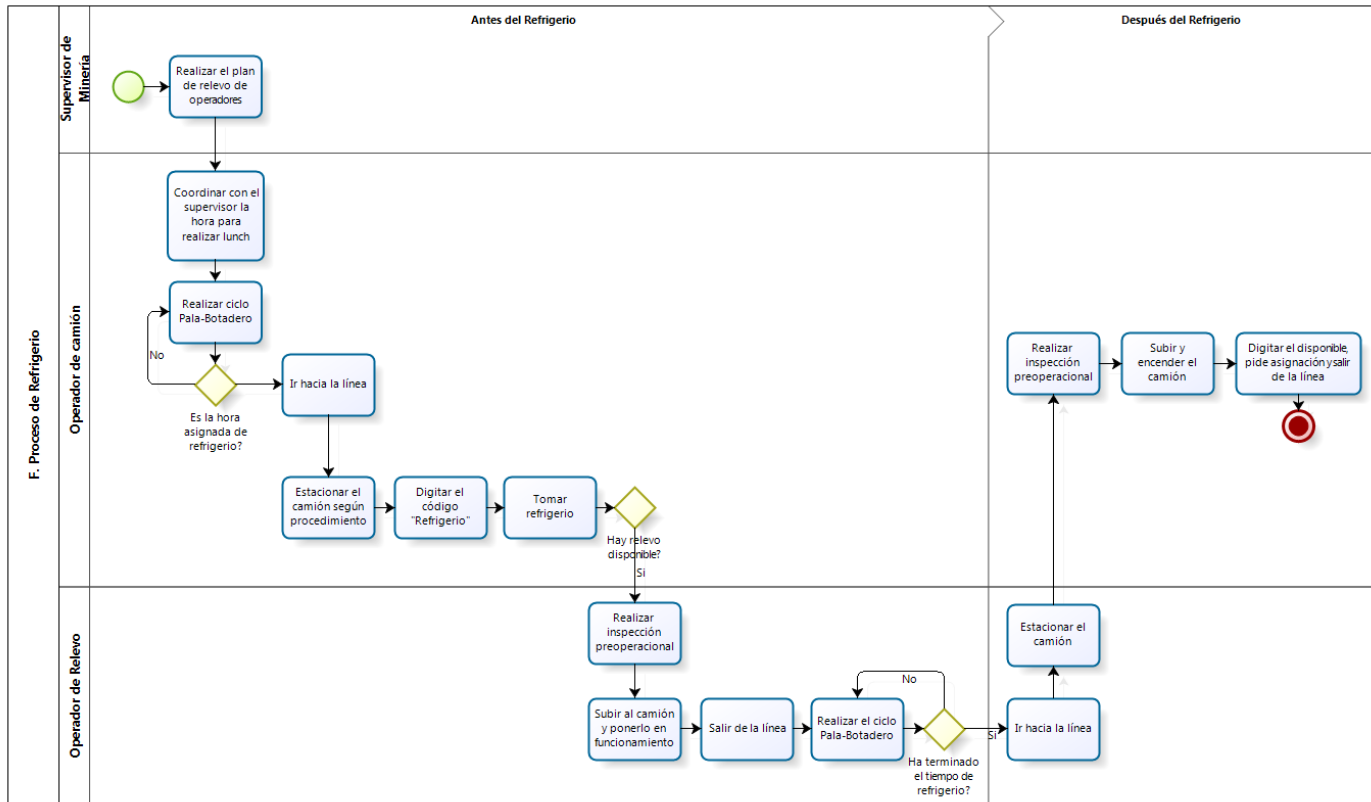
# ANEXO I. Diagrama de Flujo al proceso de Parada por Down no programado



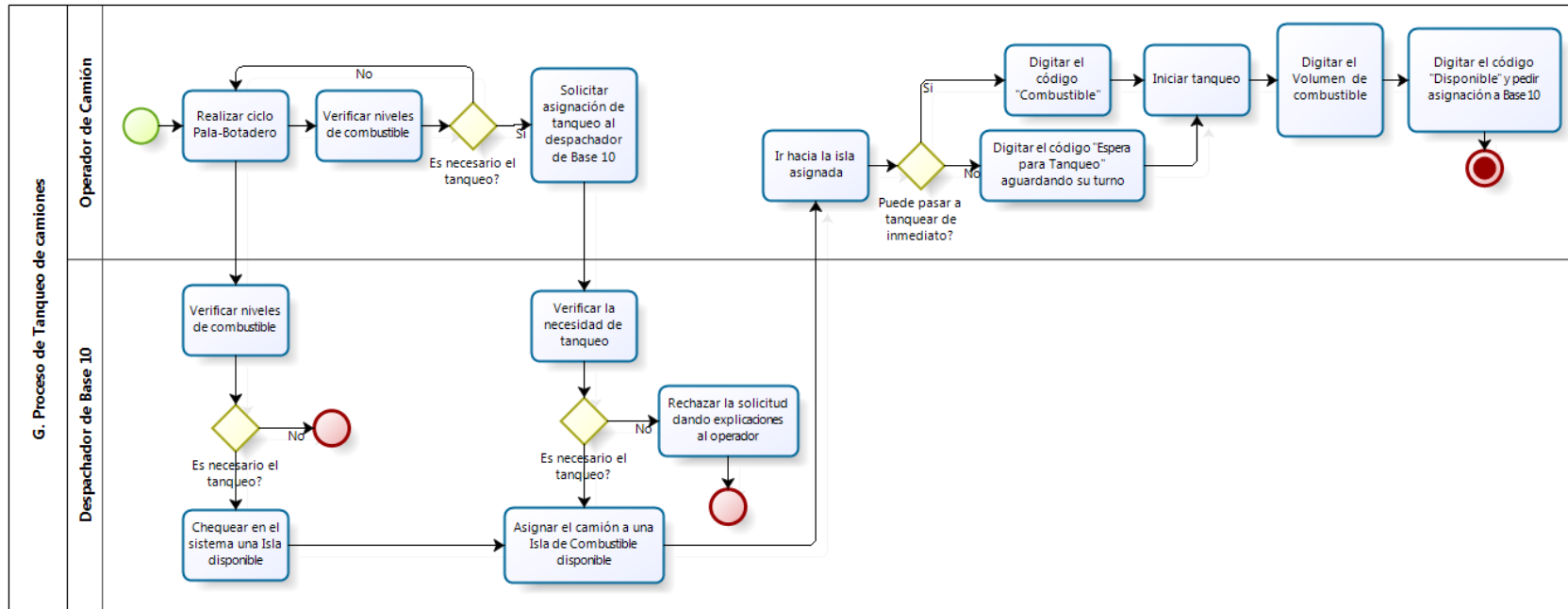
## ANEXO J. Diagrama de Flujo al proceso de Parada por Mantenimiento preventivo



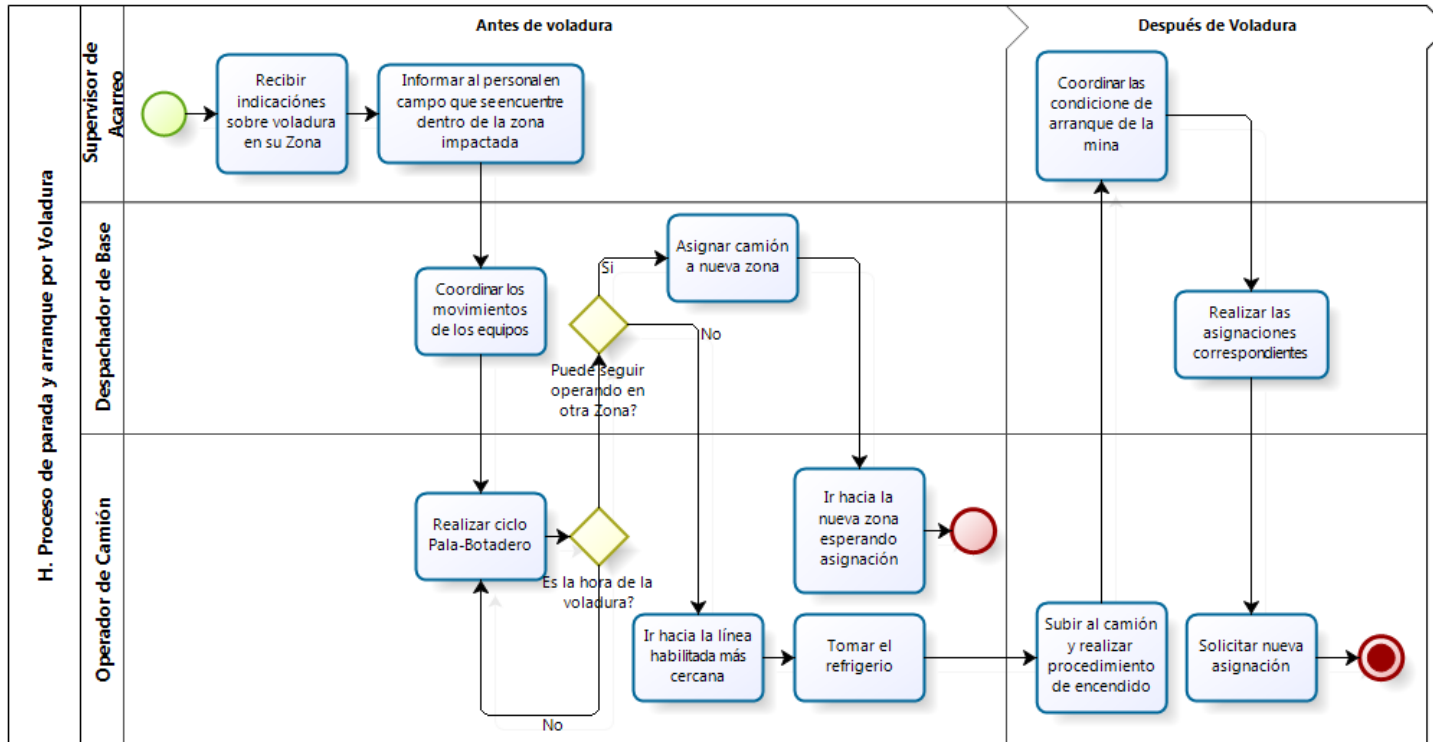
## ANEXO K. Diagrama de Flujo al proceso de Parada por Refrigerio



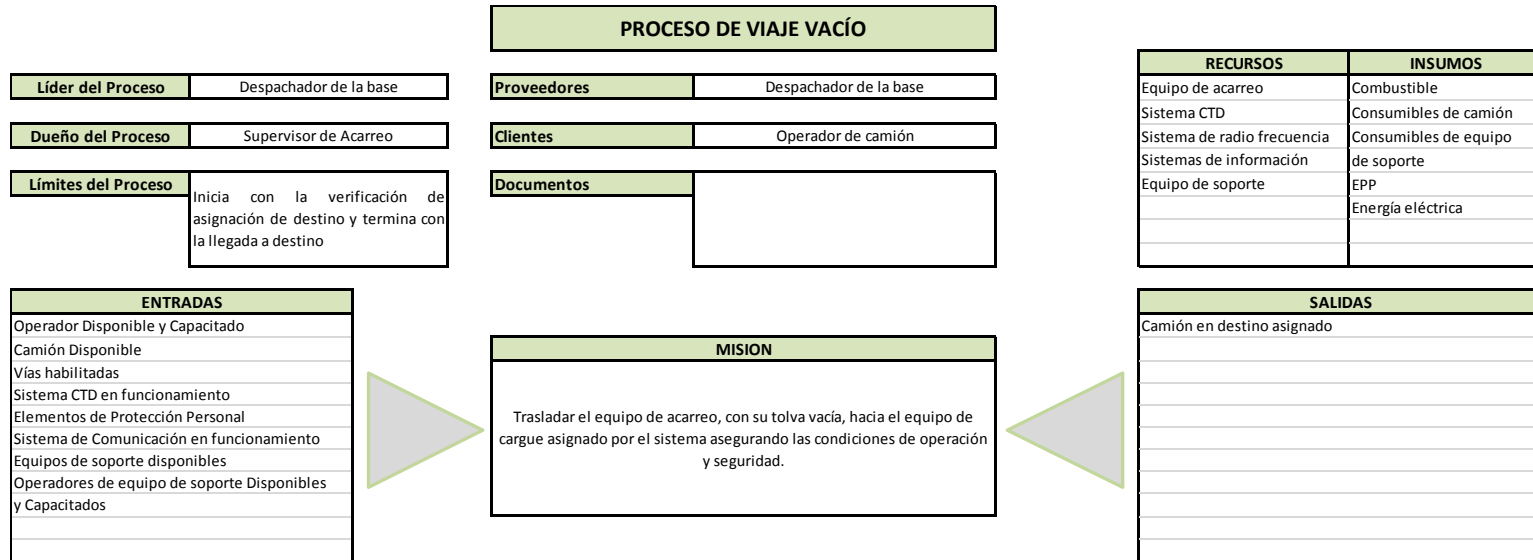
## ANEXO L. Diagrama de Flujo al proceso de Tanqueo de Camiones



## ANEXO M. Diagrama de Flujo al proceso de Parada por Voladura



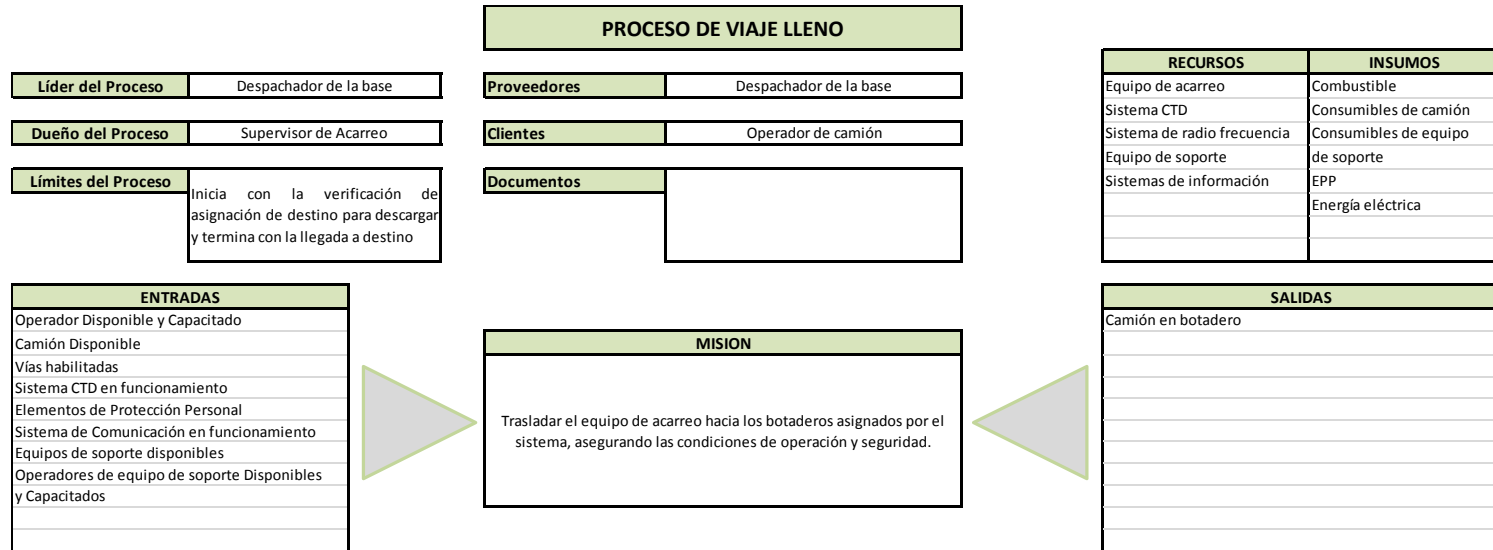
## ANEXO N. Ficha de caracterización para el proceso de Viaje Vacío



SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Velocidad de Camiones	A través de consultas a Power View, el analista genera reportes hora-hora de camiones con velocidades por encima y/o por debajo de lo permitido	Velocidad de viaje vacío	Acorde al ciclo de acarreo	Analista del despacho Supervisor de Acarreo
Ciclo de camiones	Mediante la información obtenida por el control de postes virtuales, el despachador controla el movimiento de camiones a través del ciclo.	Distancia de viaje vacío	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Acarreo
Camiones demorados	El despachador controla desde su puesto de trabajo, los camiones cuyo tránsito esté más lento informando al supervisor en campo.	Tiempo de viaje vacío	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Acarreo
Estado de las vías	El despachador de la base informa a los K, en campo, sobre los problemas en las vías detectados durante la operación	Tiempo de viaje vacío	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

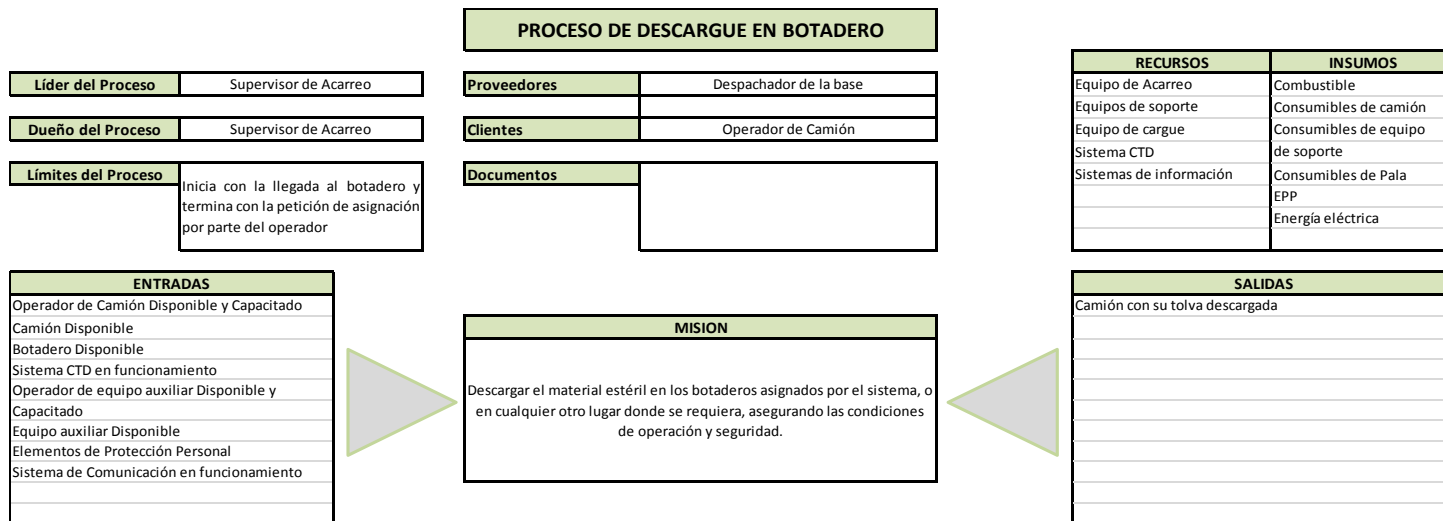


## ANEXO P. Ficha de caracterización para el proceso de Viaje Lleno



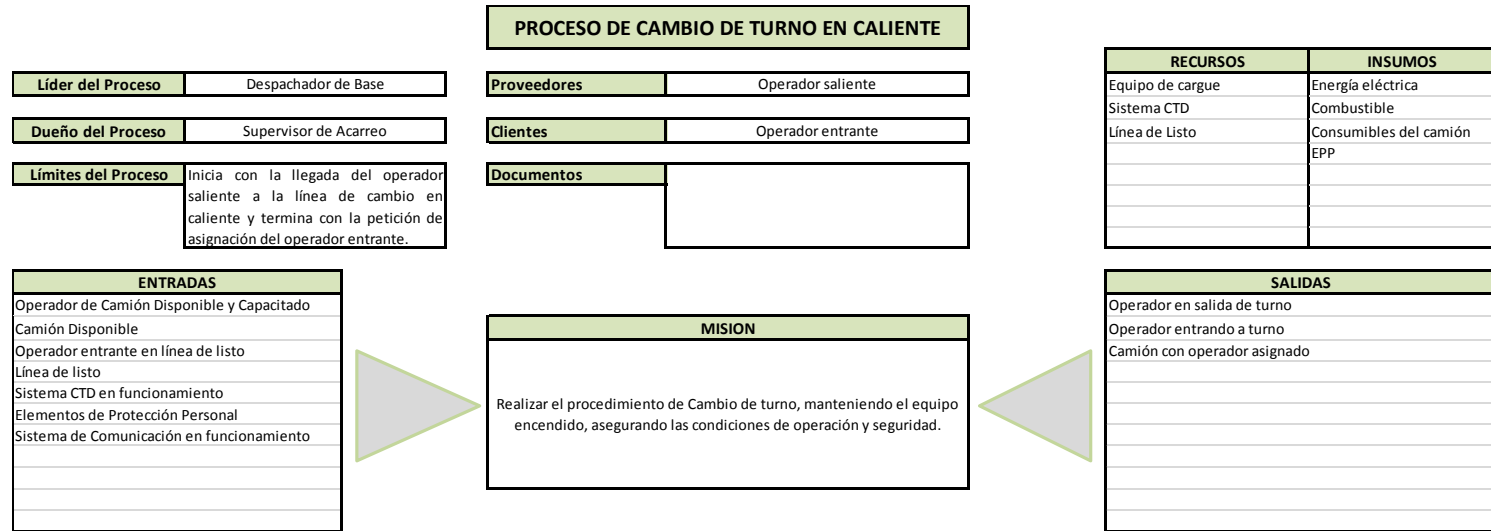
SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Velocidad de Camiones	A través de consultas a Power View, el analista genera reportes hora-hora de camiones con velocidades por encima y/o por debajo de lo permitido	Velocidad de viaje Lleno	Acorde al ciclo de acarreo	Analista del despacho Supervisor de Acarreo
Ciclo de camiones	Mediante la información obtenida por el control de postes virtuales, el despachador controla el movimiento de camiones a través del ciclo.	Distancia de viaje Lleno	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Acarreo
Camiones demorados	El despachador controla desde su puesto de trabajo, los camiones cuyo tránsito esté más lento informando al supervisor en campo.	Tiempo de viaje Lleno	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Acarreo
Estado de las vías	El despachador de la base informa a los K, en campo, sobre los problemas en las vías detectados durante la operación	Tiempo de viaje Lleno	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

## ANEXO Q. Ficha de caracterización para el proceso de Descargue en Botadero



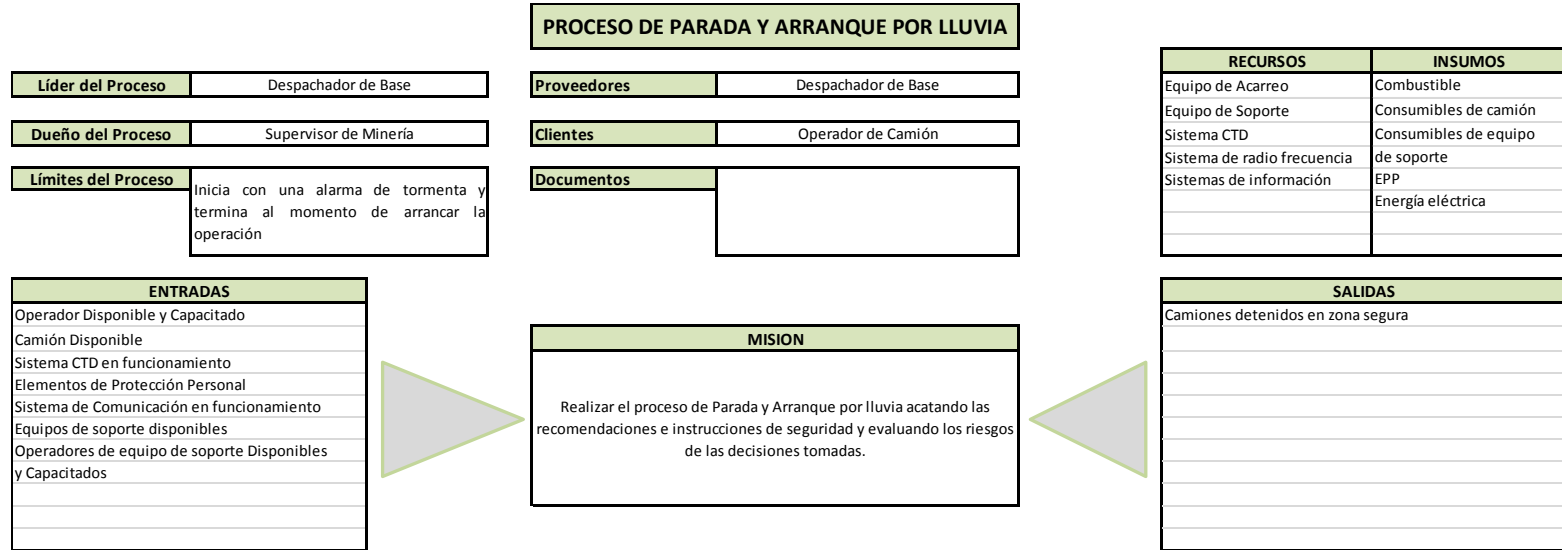
SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Eficiencia en el descargue	El operador de camión debe procurar realizar el proceso de descargue de forma ágil teniendo en cuenta su evaluación de desempeño mediante el ranqueo.	Tiempo de Botado Spot de camiones	Acorde al PMM	Operador de camión Supervisor de Soporte a la operación
Condiciones del Botadero	El supervisor de soporte a la operación coordina con el despachador, que siempre haya un tractor Disponible en cada botadero haciendole mantenimiento.	Tiempo perdido por Botadero no Disponible	5% del tiempo de descargue	Supervisor de Soporte a la operación Despachador de equipo auxiliar
Equipo auxiliar presente en el área	El despachador coordina y administra el uso de los equipos de soporte en los botaderos.	Uso de equipo auxiliar Uso del recurso humano	Acorde al PMM	Supervisor de Soporte a la operación Despachador de equipo auxiliar
Condiciones mecánicas del equipo	El Departamento de Mantenimiento debe procurar ofrecer todas las garantías para el correcto funcionamiento de los equipos de acarreo.	Disponibilidad de camión	Acorde al PMM	Personal de mantenimiento Operador de camión
Capacidad de botadero	El analista llama al K, en campo, y confirma la capacidad Disponible de cada botadero, controlando el despacho de camiones para descargar.	Volúmen planeado de botado	Acorde al PM de Botaderos	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

## ANEXO R. Ficha de caracterización para el proceso de Cambio de turno en caliente



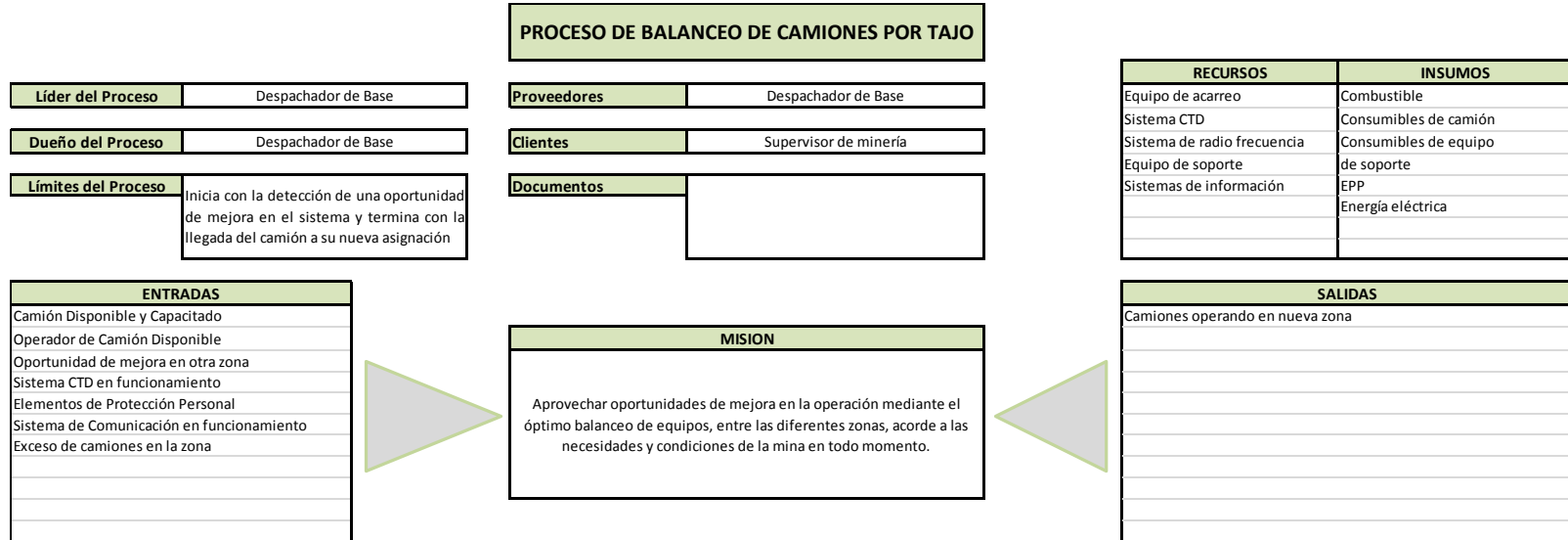
SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Cambio de turno de operadores	El supervisor debe asegurar, en el menor tiempo posible, que todos los equipos queden con un operador asignado	Demora por Cambio en Caliente	10 min	Supervisor de Acarreo Despachador de movimiento de estéril
Manpower de operadores	El Analista de la base recibe informe de los operadores con que vá a contar durante el turno, distribuyendo y planeando sobre relevos importantes.	Uso del recurso humano	Acorde al PMM	Analista de producción
Distribución de camiones en las líneas	El supervisor de acarreo debe distribuir los equipos de tal manera que éstos queden en lugares acordes al ciclo de acarreo.	Demora por Cambio en Caliente	10 min	Supervisor de Acarreo
Reporte de equipos Down a final de turno	El supervisor saliente debe reportar al Analista, la lista de equipos que están Down a finalizar el turno	Disponibilidad de equipos	Acorde al PMM	Supervisor de Acarreo Analista de la Base
Estado de las vías	El despachador de la base informa a los K, en campo, sobre los problemas en las vías detectados durante la operación	Tiempo de viaje lleno	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

## ANEXO S. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por Lluvia



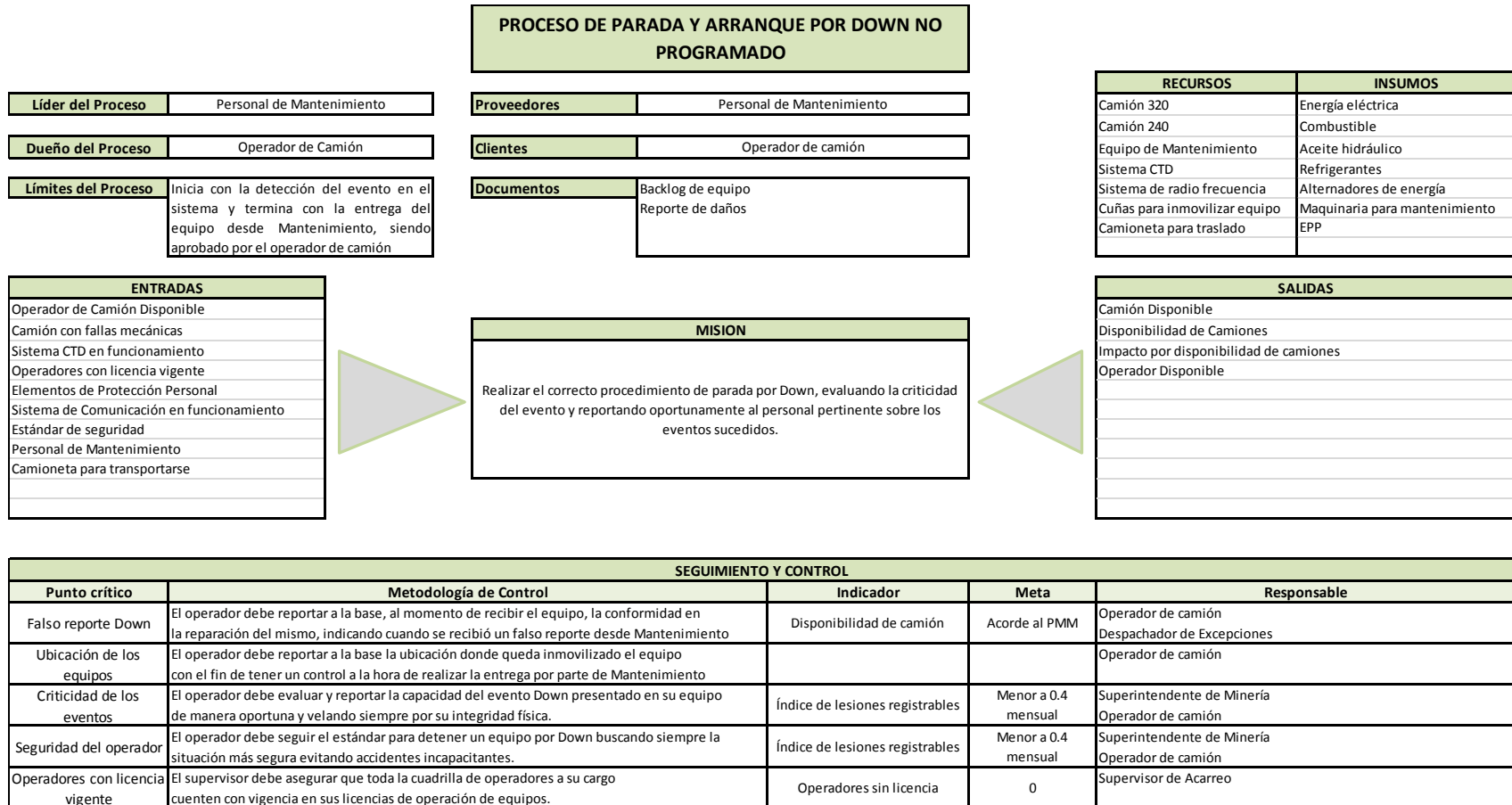
SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Arranque de la operación	Supervisor de minería y soporte trabajan en conjunto para brindar todas las garantías estructurales para el arranque de la operación	ARCI	Acorde al estándar mensual	Despachador de movimiento de estéril Supervisores de minería y soporte
Falso reporte lluvia	El supervisor de minería debe confirmar la alarma de tormenta digitada por el operador, para ser aceptada en el sistema por el despachador de excepciones	No. De Reportes rechazados	0	Despachador de excepciones Supervisor de minería
Condiciones de la mina	El despachador confirma con el K y con el E el estado de la mina y la forma en que van a trabajar para el arranque de la operación	Duración Stand By después de lluvia	El menor tiempo posible	Despachador de movimiento de estéril Supervisores de minería y soporte
Estado de las vías	El despachador de la base informa a los K, en campo, sobre los problemas en las vías detectados durante la operación	Tiempo de viaje lleno/vacío	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

## ANEXO T. Ficha de caracterización para el proceso de Movimiento de Equipos

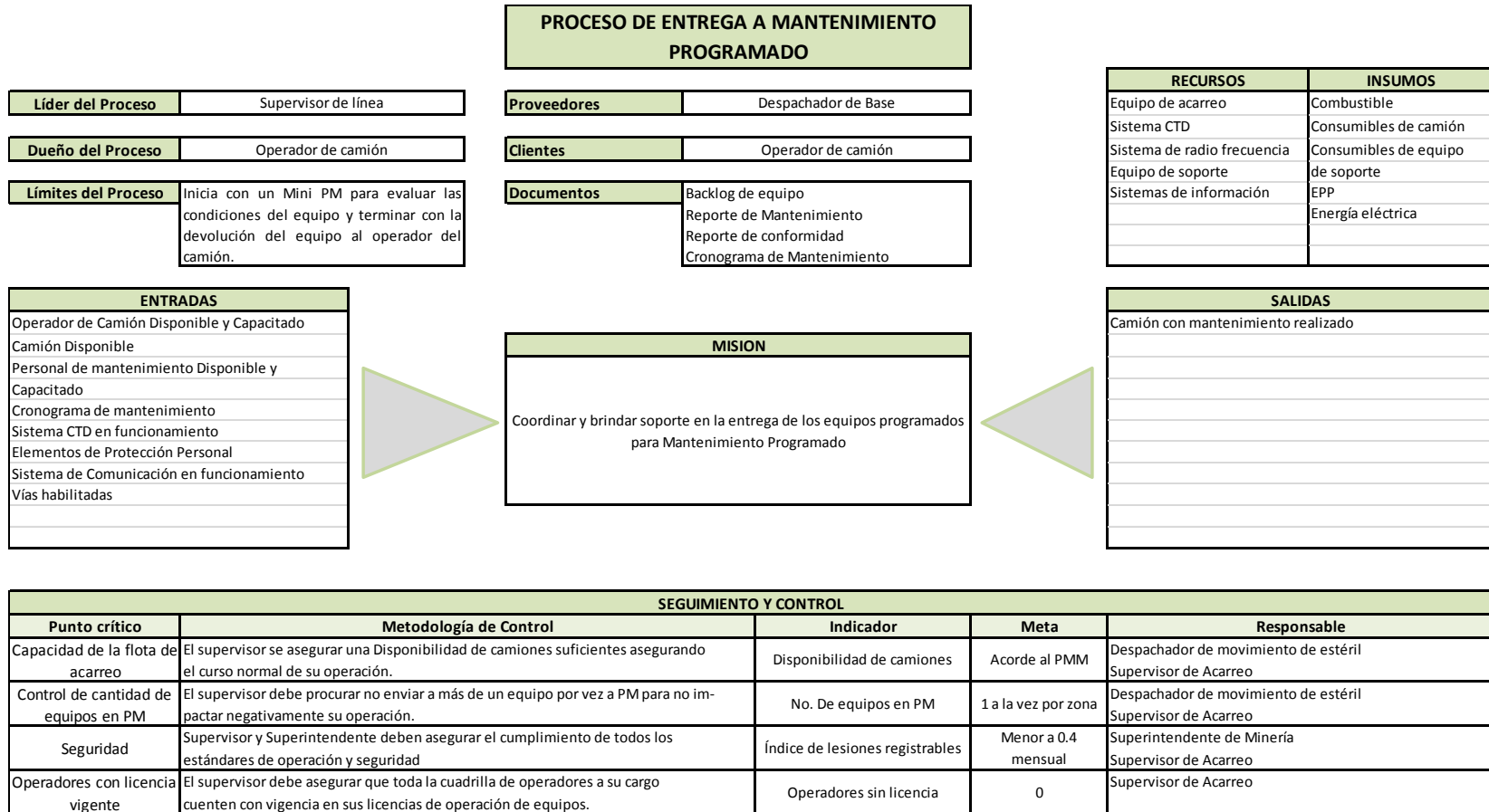


SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Capacidad de cargue en zona	El despachador de movimiento de estéril evalúa los tiempos de espera de palas y su disponibilidad, detectando un posible exceso de camiones	Idle de Palas Disponibilidad de palas	50 seg Acorde al PMM	Despachador de movimiento de estéril
Exceso de camiones en zona	El despachador observa la espera de camiones en fila y las condiciones del equipo de cargue, determinando si hay exceso de camiones en la zona.	Idle de Camión Productividad de camión	Acorde al PMM	Despachador de movimiento de estéril
Traslado de equipos entre zonas	El despachador debe confirmar con el K, que las vías se encuentran en condiciones para la movilización de camiones, así como las condiciones del área de cargue	Tiempo de viaje vacío	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Estado de las vías	El despachador de la base informa a los K, en campo, sobre los problemas en las vías detectados durante la operación	Tiempo de viaje vacío	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

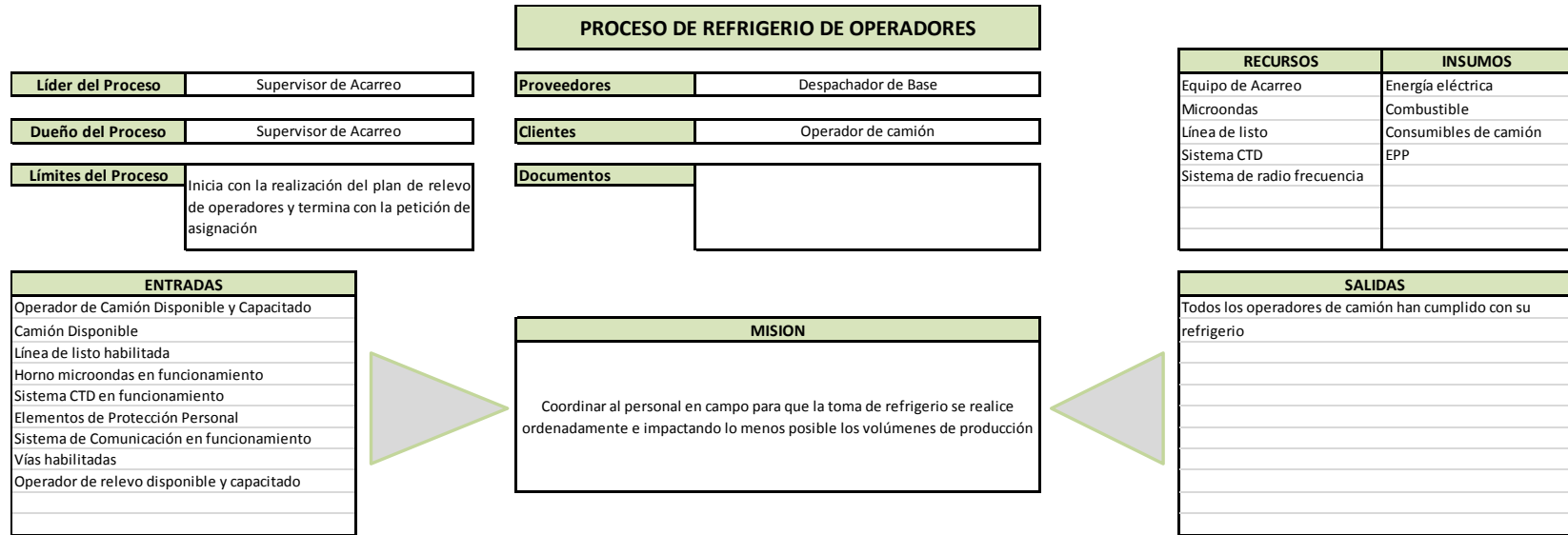
## ANEXO U. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por Down no programado.



## ANEXO V. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por Mantenimiento preventivo

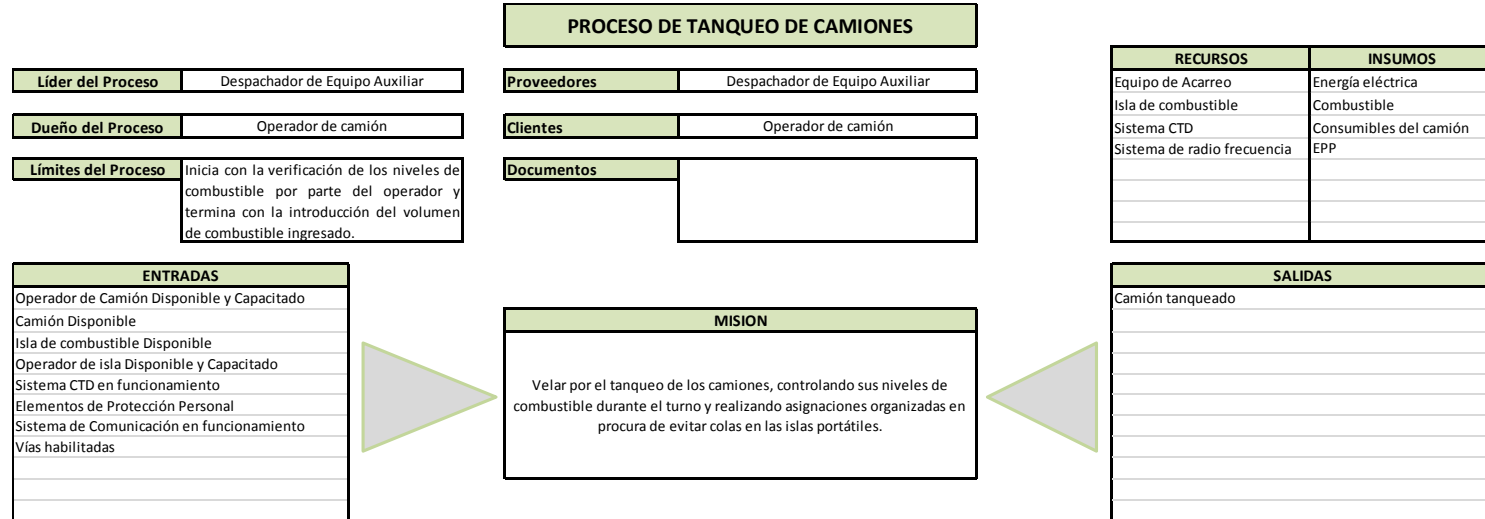


## ANEXO W. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por Refrigerio



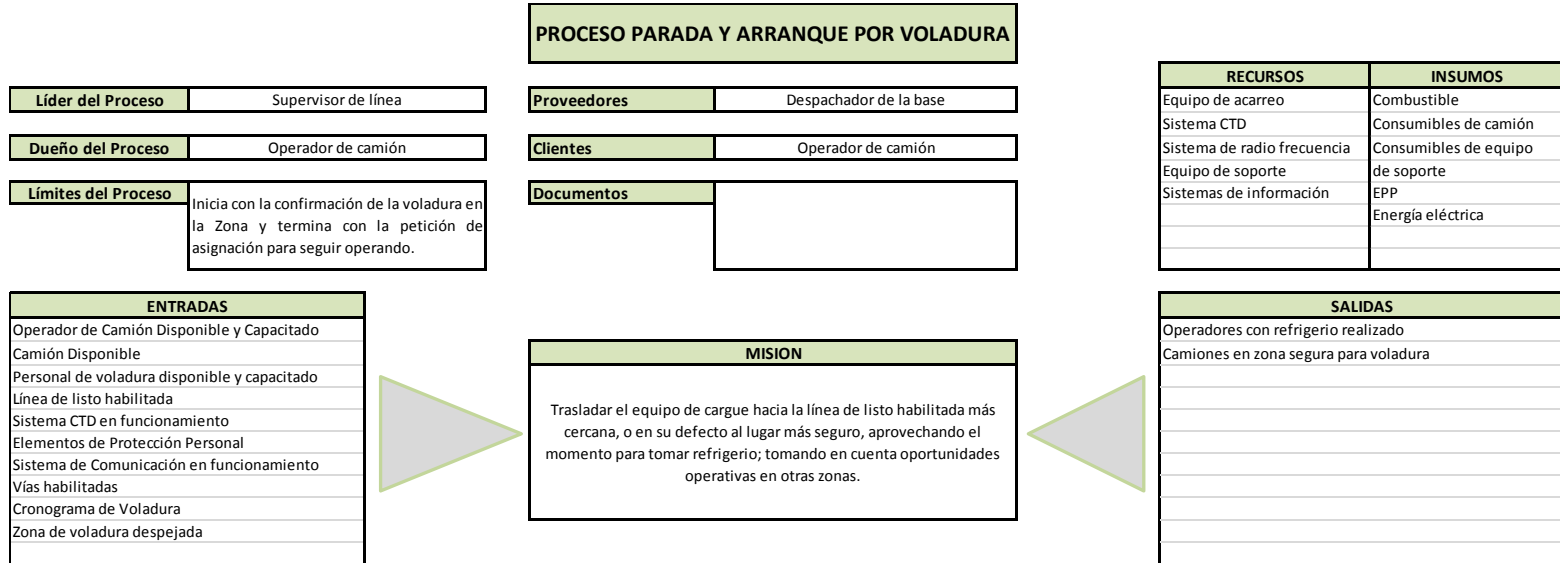
SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Tiempo de Refrigerio de operadores	El despachador debe controlar que los operadores de camión no sobrepasen la demora de 30 min programada para refrigerio, reportando los demorados al supervisor.	Demora por refrigerio	30 min	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Minería
Relevo de operadores	El supervisor debe realizar un plan de relevo de operadores con el personal que tenga a disposición con el fin de minimizar el impacto realizado por esta demora.	Volúmen de continua	83% del PMM para una hora	Supervisor de Minería
Distribución de camiones operativos	El despachador debe distribuir los camiones que estén mantengan rodando durante la continua, enviándolos hacia las palas con los ciclos cortos más productivos	Productividad de Palas	Acorde al PMM	Despachador de movimiento de estéril
Estado de las vías	El despachador de la base informa a los K, en campo, sobre los problemas en las vías detectados durante la operación	Tiempo de viaje lleno	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

## ANEXO X. Ficha de caracterización para el proceso de Tanqueo de Camiones



SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Espera de camiones en islas	El despachador de equipo auxiliar asigna los camiones a la isla Disponible más cercana, que presente menor concentración de camiones	Tiempo de espera para Tanqueo Uso de camiones	10 min Acorde al PMM	Despachador de Equipo Auxiliar Operador de camión
Tanqueo de los camiones	El operador de isla debe realizar el tanqueo del equipo ágilmente, de tal manera que minimice el Stand By de camión por combustible.	Standy By por combustible		Despachador de Equipo Auxiliar Operador de Isla
Islas disponibles para tanqueo	El departamento de mantenimiento programa su trabajo de tal manera que no afecte la cantidad de islas de combustibles disponibles durante el turno.	Disponibilidad de islas	Acorde al PMM	Departamento de Mantenimiento Personal de islas de combustible
Niveles de combustible en camiones	Tanto despachador de equipo auxiliar como operador de camión deben monitorear constantemente los niveles de combustible del equipo evitando el Down por esto.	Eventos Down por combustible	0	Despachador de Equipo Auxiliar Operador de camión
Estado de las vías	El despachador de la base informa a los K, en campo, sobre los problemas en las vías detectados durante la operación	Tiempo de viaje lleno	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

## ANEXO Y. Ficha de caracterización para el proceso de Parada por voladura



SEGUIMIENTO Y CONTROL				
Punto crítico	Metodología de Control	Indicador	Meta	Responsable
Información sobre zonas para voladura	La central de información debe informar durante la mañana sobre las zonas donde habrá voladura, indicando también la hora de la misma.	Camiones informados sobre la alerta de voladura	Toda la flota	Central de información
Arranque de operación	Despachador y supervisor coordinan el arranque de la operación mediante el uso de información y la observación en campo.	Uso de camiones	Acorde al PMM	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Acarreo
Traslado de operadores para refrigerio	El supervisor coordina la distribución de operadores hacia las zonas donde pueda realizar relevo de operadores, prestándolos durante el tiempo de voladura	Volumen de estéril en la continua	83% del PMM para una hora	Supervisor de Acarreo
Estado de las vías	El despachador de la base informa a los K, en campo, sobre los problemas en las vías detectados durante la operación	Tiempo de viaje lleno/vacío	Acorde al ciclo de acarreo	Despachador de movimiento de estéril Supervisor de Soporte a la operación
Seguridad	Supervisor y Superintendente deben asegurar el cumplimiento de todos los estándares de operación y seguridad	Índice de lesiones registrables	Menor a 0.4 mensual	Superintendente de Minería Supervisor de Acarreo
Operadores con licencia vigente	El supervisor debe asegurar que toda la cuadrilla de operadores a su cargo cuenten con vigencia en sus licencias de operación de equipos.	Operadores sin licencia	0	Supervisor de Acarreo

**ANEXO z. Aplicación de Consultas de Producción.xls**