

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“REDUCCIÓN DE COSTOS OPERACIONALES EN EL
SISTEMA DE CARGUÍO Y ACARREO EN MINA A TAJO
ABIERTO MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PDAs”**

**INFORME DE SUFICIENCIA PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO DE MINAS**

PRESENTADO POR:

MARIO ALEJANDRO CUADROS ALVAREZ

Lima - Perú

2011

DEDICATORIA

A Dios por darme la oportunidad de desarrollarme en este mundo, y de tener una linda familia.

A mi familia por darme su apoyo incondicional en la culminación de mis estudios, y la perseverancia que inculcaron en mí.

Especialmente a mis padres Augusto y Daría, por su inmenso amor y apoyo en mi formación personal y profesional, que siempre motivaron en mí el estudio.

A mi esposa Sonia y a mi hijo Alejandro que me motivan a seguir adelante, porque ellos son la luz en mi camino.

AGRADECIMIENTO

A la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, por habernos acogido durante los años de nuestra formación profesional, y en particular a todos y cada uno de los catedráticos de la ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS, de quienes hemos recibido los conocimientos para alcanzar los objetivos propuestos para la culminación del presente trabajo, nuestro reconocimiento por la labor que realizan en la formación de tantos jóvenes que son el futuro de nuestro país.

Asimismo expresamos nuestro agradecimiento a la Gerencia General, Ingenieros, personal de campo y obreros de Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. – Mina COMARSA, quienes permitieron realizar el presente estudio en su unidad de producción Santa Rosa.

Agradecemos de manera especial al Ing. Pelayo Miranda Chavarry, Ing Alcides Gallardo Conde, Ingenieros de la mina Comarsa, a nuestros asesores, catedráticos de nuestra casa de estudios, quienes no

escatimando su tiempo, tuvieron paciencia de revisar y aportar sus conocimientos a este trabajo.

A Dios todopoderoso, ser supremo, creador del cielo y la tierra, al que no logramos ver, y sin embargo podemos sentir su presencia, quién nos guió en la culminación del informe de suficiencia.

Muchas gracias.

RESUMEN

En compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A, uno de los principales problemas para el buen desarrollo de las operaciones unitarias de minado como es el carguío y acarreo de material en minería superficial, es el alto costo de transporte de este material, es por ello que varias empresas mineras, se han visto en la necesidad de implementar un sistema de control satelital, para el buen control del movimiento de sus equipos, llamado **DISPATCH**.

Nuestra investigación será a través del área de **Control de Equipos**, con la implementación de un sistema de control, que funcionará similarmente al dispatch, para dicho sistema utilizaremos el PDAs (Personal Digital Assistant).

En el presente informe se ha tomado una metodología que consiste en evaluar los equipos de carguío y acarreo de las diferentes contratas, para el cálculo de la productividad y los costos unitarios de cada equipo de carguío; así también los tiempos efectivos, demoras y trabajados de los equipos de acarreo, ya que ellos representan un alto costo en el proceso

de minado; y con la implementación del PDAs, que trabaja vía Wireless para la transmisión de datos de campo al computador central en tiempo real, analizaremos la variación de estos parámetros, y así poder concluir si hemos minimizado nuestros costos y en cuanto hemos elevado nuestra productividad.

Con los resultados obtenidos hemos logrado nuestro objetivo, de elevar nuestra producción en un promedio de 70000 t/mes, y minimizar nuestros costos aproximadamente en US \$ 0.017/t.

ÍNDICE

	Página
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
RESUMEN	v
ÍNDICE	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I : GENERALIDADES	
1.1 ANTECEDENTES	4
1.2 HIPÓTESIS	6
1.3 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO	7
1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	8
CAPITULO II : ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE EQUIPOS CON PDAs	
2.1 MARCO TEÓRICO	9

2.1.1	Definición de la teleinformática	9
2.1.2	Tecnología wireless	10
2.1.3	Pdas (personal digital assistant)	11
2.2	TECNOLOGÍA DEL CONTROL APLICADO EN LA MINERÍA SUPERFICIAL	12
2.3	SISTEMAS DE CONTROL EN LAS OPERACIONES DE MINADO	13
2.3.1	Sistema dispatch	14
2.3.2	Sistema de control central	15
2.3.3	Transmisión de datos	16
2.4	SISTEMA DE MONITOREO DE PRODUCTIVIDAD Y COSTO DE EQUIPOS	17
2.5	ÍNDICES CLAVES DE RENDIMIENTO	18
2.5.1	KPIs para la operación de carguío	19
2.5.1.1	Tonelaje cargado	20
2.5.1.2	Costo unitario de carguío	20
2.5.1.3	Rendimiento horario (RH)	21
2.5.1.4	Precisión de cargas	21
2.5.1.5	Tiempo de excavación de la pala (TEP)	22
2.5.1.6	Cobertura de la pala (CO)	22
2.5.2	KPIs para la operación de acarreo	22

2.5.2.1 Ciclos realizados	23
2.5.2.2 Tiempo de cuadrado de volquetes en la pala (TCP)	23
2.5.2.3 Distancia recorrida	23
2.5.2.4 Distancia lift up	23
2.5.2.5 Distancia lift down	24
2.5.2.6 Distancia equivalente	24
2.5.2.7 Costo unitario de acarreo	25
2.5.2.8 Tiempo promedio de cuadrado en pala	25
2.5.2.9 Tiempo de espera en palas	25
2.5.3 KPIs de tiempo para operaciones.	25
2.5.3.1 Utilización o uso neto de la disponibilidad (UND)	26
2.5.3.2 Utilización total (UT)	26
2.5.3.3 Eficiencia operativa (EF)	27
2.5.4 KPIs de tiempo para mantenimiento	27
2.5.4.1 Disponibilidad física (DF)	27
2.5.4.2 Disponibilidad mecánica (DM)	28
CAPITULO III : LA EMPRESA Y LAS OPERACIONES DE MINADO	
3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO	28
3.2 UNIDAD DE ESTUDIO	28
3.2.1 Ubicación	28

3.2.2	Accesibilidad	29
3.2.3	Antecedentes históricos	30
3.3	OPERACIONES MINA	32
3.3.1	Descripción del método de minado	32
3.3.2	Parámetros generales de diseño de tajo	33
3.3.2.1	Parámetros geotécnicos de diseño.	33
3.3.2.2	Parámetros operativos del diseño	34
3.3.3	Operaciones del ciclo de minado	36
3.3.3.1	Perforación	36
3.3.3.2	Voladura	38
A.	Diseño de la columna explosiva	38
3.3.3.3	Carguío	39
A.-	Materiales de carguío y acarreo	39
B.-	Carguío de material	40
C.-	Estándares y procedimientos de seguridad en el carguío	43
3.3.3.4	Acarreo	44
3.3.3.5	Operaciones auxiliares	45
A.-	Empuje de materiales	45
B.-	Empuje en vías, rampas y banquetas	45
C.-	Mantenimiento de vías	45

CAPITULO IV : IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE EQUIPOS CON EL PDAs

4.1 PROCESOS DEL CONTROL DE EQUIPOS CON PDAS	49
4.1.1 Proceso de campo	49
4.1.1.1 Equipos de carguío (Cargadores, palas, etc.)	50
4.1.1.2 Equipos de acarreo (Volquetes)	51
4.1.1.3 Equipo personal digital assistant (PDAs)	51
4.1.1.4 Personal de campo	52
4.1.2 Proceso de comunicación	53
4.1.2.1 Radios portátiles	54
4.1.2.2 Transmisores de señal (Postes de señal)	54
4.1.2.3 Repetidoras de señal	54
4.1.2.4 Cámaras de video	55
4.1.2.5 Operador de la central de cómputo	55
4.1.3 Proceso de cómputo.	55
4.1.4 Software propio de la mina	56
4.2 MANEJO Y USO DEL PDAS EN EL CONTROL DE CARGUÍO Y ACARREO	56
4.3 PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACIÓN, MANIPULACIÓN Y CAPTURA DE DATOS EN CAMPO	57

4.3.1 Programación de data en el PDAs	59
4.3.1.1 Forma de uso en campo	59
4.3.1.2 Ventana de operación	59
4.4 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	65
4.5 ANÁLISIS DE DATA PARA EL CONTROL DE EQUIPOS	66
4.5.1 Procesos y estadísticas del control de equipos.	66
4.5.2 Costos y rendimientos de equipos de carguío y acarreo	66
4.5.3 Disponibilidad de los equipos en mina.	71
 CAPITULO V : ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS OPERATIVOS	
 5.1 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PDAS	
ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PDAS	73
5.1.1 Productividad y costos operativos de equipos de carguío	73
5.1.1.1 Productividad y costos operativos de excavadoras	73
a) Comparación de productividad y costos para la excavadora 365CL-2.	76
b) Comparación de productividad y costos para la excavadora PC600-7.	81
5.1.1.2 Productividad y costos operativos de cargador frontal	81

a) Comparación de productividad y costos para el cargador frontal 980H-1.	86
5.1.2 Productividad y costos operativos de equipos de acarreo	88
a) Comparación de productividad y costos para la flota de volquetes .	90
VI. CONCLUSIONES	91
VII. RECOMENDACIONES	93
VIII. BIBLIOGRAFÍA	94
IX. ANEXOS	

ANEXOS

ÍNDICES DE TABLAS

	Página
TABLA 4.1. Costos para implementar el sistema de control	65
TABLA 4.2. Cuadro de rendimiento de equipos de carguío	68
TABLA 4.3. Cuadro de rendimiento de equipos auxiliares de carguío	69
TABLA 4.4. Tarifas de equipos de carguío, remoción y auxiliares	70
TABLA 5.1. Rendimientos de equipos de carguío	73
TABLA 5.2. Datos de la productividad y costos antes del PDAs	74
TABLA 5.3. Datos de la productividad y costos después del PDAs	75
TABLA 5.4. Análisis de costos y productividad	78
TABLA 5.5. Datos de la productividad y costos antes del PDAs	79
TABLA 5.6. Datos de la productividad y costos después del PDAs	80
TABLA 5.7. Análisis de costos y productividad	82
TABLA 5.8. Datos de la productividad y costos antes del PDAs	84
TABLA 5.9. Datos de la productividad y costos después del PDAs	85
TABLA 5.10. Análisis de costos y productividad	87
TABLA 5.11. Datos de la productividad y costos antes del PDAs	89
TABLA 5.12. Datos de la productividad y costos después del PDAs	90
TABLA 5.13. Análisis de costos y productividad	90

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Página
GRÁFICO 5.1. Análisis de los Viajes /Hora	74
GRÁFICO 5.2. Análisis de las Toneladas/Hora	74
GRÁFICO 5.3. Análisis de los \$/t	77
GRÁFICO 5.4. Análisis de los Viajes /Hora	81
GRÁFICO 5.5. Análisis de las Toneladas /Hora	81
GRÁFICO 5.6. Análisis de los \$ / t	82
GRÁFICO 5.7. Análisis de los Viajes / Hora	86
GRÁFICO 5.8. Análisis de las Toneladas /Hora	86
GRÁFICO 5.9. Análisis de los \$ /t	87
GRÁFICO 5.10. Análisis de las Toneladas /Hora	89
GRÁFICO 5.11. Análisis de los \$ /t	89

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
FIGURA 2.1. Vista del PDA (Personal Digital Assistant)	12
FIGURA 2.2. Diagrama de generación de KPIs	19
FIGURA 3.1. Parámetros geotécnicos de diseño	36
FIGURA 3.2. Malla de perforación	37
FIGURA 3.3. Perforadora DM45 E	37
FIGURA 3.4. Diseño de carga/taladro	39
FIGURA 3.5. Codificación de leyes de minado	40
FIGURA 3.6. Carguío a 90 grados (un carril)	41
FIGURA 3.7. Carguío a 180 grados (dos carriles)	42
FIGURA 3.8. Sección de la vía de acarreo en COMARSA	44
FIGURA 3.9. Descarga en el Pad	47
FIGURA 4.1. Pantalla de inicio del PDA y la transmisión de datos hacia un computador	52
FIGURA 4.2. Controlador tomando los datos en el PDA	53
FIGURA 4.3. Diagrama que muestra la captura de datos desde los diferentes tajos hacia la central de monitoreo	52

FIGURA 4.4. Transmisión inalámbrica de datos hacia la central	55
FIGURA 4.5. Tiempos de carguío y acarreo de material	58
FIGURA 4.6. Tiempos de carguío	59
FIGURA 4.7. Descarga de data del PDAs mediante software	59
FIGURA 4.8. Ingreso de clave en el PDAs	60
FIGURA 4.9. Ingreso del tajo y equipo de carguío	61
FIGURA 4.10. Inscripción de flota de volquetes	61
FIGURA 4.11. Ingreso del lugar de destino (Pad ó botadero)	62
FIGURA 4.12. Estado de los volquetes	62
FIGURA 4.13. Actividades y demoras	63
FIGURA 4.14. Consultas de la operación	63
FIGURA 4.15. Consultas de la operación	63
FIGURA 4.16. Reporte de las horas trabajadas de los equipos	63

INTRODUCCIÓN

La compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A, Mina Comarsa se encuentra ubicado en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, en el paraje PampaLarco, distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad, se lleva a cabo la explotación del yacimiento por el método “cielo abierto”.

El carguío y acarreo de material en la mina Comarsa, es una de las principales operaciones dentro del ciclo de minado, ya que representa el 50-60% de todo el costo de minado.

Debido al alto costo que representan las operaciones de carguío y acarreo dentro de las operaciones unitarias de minado a tajo abierto, y a la capacitación permanente de los trabajadores involucrados para el desarrollo de estas operaciones; es necesario contar con sistemas de controles tecnológicos, que optimicen los resultados de estas operaciones en cuanto a su productividad y costos.

Estas operaciones de carguío y acarreo son las más importantes en la vida de la mina, y están incluidas dentro del planeamiento, diseño, operaciones y desarrollo, ya que se requiere tomar un control exhaustivo de estas operaciones unitarias que demandan una gran cantidad de movimiento de material (mineral/desmonte) y por consiguiente la utilización de mayor número de equipos lo cual nos lleva a incrementar nuestros costos.

Durante este último tiempo, debido al transporte de material, nos hemos visto en la necesidad de implementar un nuevo sistema, que nos ayude a minimizar estos costos, y así poder elevar la productividad. Dentro del área de control de equipos, instalaremos el sistema con la ayuda del PDAs, además de una central de monitoreo, que recepcionará toda la data del campo.

Con la implementación de este sistema de control de equipos, el uso del PDAs; vamos analizar mejor la productividad y costos de operación, teniendo un mejor control de los tiempos, ciclos, tanto de carguío como de acarreo.

El problema que afronta hoy en día la Cia. Minera Santa Rosa, Mina Comarsa y muchas otras minas a tajo abierto, es la baja productividad y el incremento de sus costos debido a las operaciones del ciclo de minado.

Muchas veces los problemas se generan por la dificultad que se presenta en cada frente de trabajo en los diferentes tajos de la mina; debido a otras

operaciones unitarias de minado tales como la perforación y la voladura, una mala voladura nos genera bolonería (material grueso), por consiguiente voladura secundaria, el material puede dañar a los equipos, pérdida de mineral (mayores de 30 cm no aptos para los Pads), todo esto eleva nuestros costos, también influyen en nuestro ciclo de minado de carguío y acarreo.

Los objetivos principales del informe son :

- Demostrar que la implementación de este Sistema de Control de Equipos con PDAs, en las operaciones de carguío y acarreo en mediana y pequeña minería, es factible; obteniendo una minimización de los costos y una maximización de la productividad en el carguío y acarreo de material, garantizando de esta forma un desarrollo sostenible a través del tiempo.
- Explicar la implementación de PDAs en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa (COMARSA).
- Desarrollar la optimización de la Producción de carguío y acarreo en tajo abierto en mediana y pequeña minería.
- Minimizar los costos de carguío y acarreo con la implementación de PDAs.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

La bibliografía respecto al tema mencionado es mínima, pero se ha encontrado algunos aportes de investigadores que apoyan con sus conclusiones al desarrollo del presente trabajo.

Las operaciones de movimiento de tierra son parte fundamental de la mayoría de los proyectos mineros. Para obtener ganancias cuando se trabaja en estas operaciones, la creación de un plan y la selección del equipo apropiado son aspectos críticos para maximizar la productividad. Obtener la máxima productividad es una tarea que puede ser muy difícil. Para planificar la obra, se debe conocer los tiempos de viaje de los camiones. El tiempo de viaje es una variable que depende de muchas otras variables. Este artículo presenta el desarrollo de un modelo que permite realizar estudios sofisticados, utilizando características fundamentales del equipo, para estimar el tiempo de viaje y rendimiento

de camiones en obras de movimiento de tierra, **(Un modelo para estimar la productividad de camiones)**.

La coordinación entre los equipos de carga y transporte de materiales, es muy importante en los trabajos de movimiento de tierras, siendo el número de elementos y las dimensiones de los equipos de carga y transporte los factores básicos a determinar en todo proceso de optimización de operaciones, para lo cual se presenta un programa informático de aplicación práctica - Aplicación mediante ordenador del factor de acoplamiento en equipos de carga y transporte **(Ballester, F. – Peral, A. 1988)**.

El número de camiones que se pueden asignar a una excavadora, depende del tiempo de ciclo total, el tiempo que demora el camión en ser cargado, trasladarse, descargar y volver a cargar nuevamente.

Los planificadores mineros definen sistemas de carguío y transporte con un número de flota de camiones adecuado, lo que se conoce como "Match pala/camión". Esta correcta combinación se debe determinar con un enfoque económico, analizando los costos promedio ponderados y también los costos marginales **(Hudson, J. 2003)**.

En la compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A., se tiene muchas deficiencias en el sistema de carguío y acarreo, la falta de acoplamiento entre los equipos de carga y acarreo, por ende bajos rendimientos y elevados costos de operación, se ha visto muchas veces flotas

sobredimensionadas en la operación; es por ello que se ha propuesto analizar y conocer los diversos factores que intervienen en las actividades de carguío y acarreo, los cuales tenemos que mejorar.

Por lo tanto tenemos que mejorar nuestros ciclos de acarreo y de carguío que será fundamental, las actividades unitarias de carguío y acarreo deberían trabajar en forma integrada en la operación y sean vistos como un sistema, esto involucra no solamente a los equipos de carga y acarreo sino también a los equipos auxiliares propios de la operación y que juegan un rol preponderante en el sistema de carguío y acarreo **(Cuadros, M. 2010)**.

1.2 HIPÓTESIS.

Con la implementación de este sistema del PDA para el control de equipos, nos lleva a tener con mayor exactitud los trabajos realizados por cada equipo en la mina, teniendo en el menor tiempo posible las horas trabajadas, y estas siendo reportadas a la base central para su posterior conciliación; otro de los puntos importantes es la capacitación de los trabajadores involucrados en este sistema de control para la buena utilización del PDA.

Con este sistema de control a parte de ahorrar el tiempo de enviar los reportes con las horas trabajadas, también estaríamos descartando los reportes que aún se hacen en papel, que muchas veces se complican en el llenado debido a las condiciones climáticas (lluvias, polvos, etc).

La implementación de este sistema de control y la capacitación permanente de los trabajadores, hace que se cree una estructura administrativa para el buen control de los equipos en mina, lo que llamaremos una nueva área CONTROL DE EQUIPOS que se encargará a parte del control de los equipos, una base central que recepcionará toda la información del campo.

1.3 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

1.3.1 Método de investigación

Método general: Análisis y comparación.

Método específico: Observación y medición.

1.3.2 Diseño metodológico

a) Población y muestra

Población: Industria minera del país.

Muestra: Una empresa minera del norte del país.

b) Variables

Variables independientes

- Producción.
- Carguío.

- Acarreo.

Variables dependientes

- Productividad.
- Minimización.
- Costos.
- Implementación.
- PDA.

1.4 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- a) ¿En cuánto se elevará la productividad de la empresa, mediante la implementación de este sistema de control de equipos?
- b) ¿Qué beneficios económicos traería la implementación del PDA en este sistema de control de equipos?
- c) ¿Cómo influir en otras empresas de mediana y pequeña minería a tajo abierto la implementación de este sistema de control de equipos para elevar la productividad a menor costo?

CAPITULO II : ESTUDIO Y ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE EQUIPOS CON PDAs

2.1 MARCO TEÓRICO

EL PDA (Personal Digital Assistant) será nuestro sistema de trabajo que se aplicará en el control de equipos, que servirá como guía para aquellos proyectos de mediana y pequeña minería a tajo abierto que deseen contar con un sistema igual o parecido para optimizar sus costos de carguío y acarreo (reduciendo el ciclo de minado), elevando la producción y minimizando los costos; cabe mencionar que la aplicación de este sistema debe hacerse con personal capacitado en el manejo del PDA, para que pueda desenvolverse en los frentes de trabajo de las operaciones de minado.

2.1.1 Definición de la Teleinformática

Se puede definir la teleinformática como “la ciencia que estudia el conjunto de técnicas que es necesario usar, para poder transmitir

datos dentro de un sistema informático o entre puntos de él situados en lugares remotos o usando redes de telecomunicaciones”.

Lo que se intenta con la teleinformática es lograr que un ordenador pueda dialogar con equipos situados geográficamente distantes, reconociendo las características esenciales de la información como si la conexión fuera local, usando redes de telecomunicaciones.

Los principales objetivos que tiene que satisfacer un sistema teleinformático son los siguientes:

- Reducir tiempos y esfuerzos en la captura de datos.
- Capturar datos en su propia fuente.
- Centralizar el control.
- Aumentar la velocidad de entrega de la información.
- Reducir costos de operación y de captura de datos.
- Aumentar la capacidad de las organizaciones, a un costo incremental razonable.
- Aumentar la calidad y la cantidad de la información.
- Mejorar el sistema administrativo.

2.1.2 Tecnología wireless

Wireless es una tecnología que permite la conexión de dos dispositivos a través de ondas de radio, sin la necesidad del uso de cables. A diferencia demás áreas de negocio, la tecnología wireless,

también conocida como Wi-fi (Wireless Fidelity), permite la creación de ondas de radio en frecuencias sin licencia, lo que evita al operar el problema de las licencias o la autorización del agente regulador de las comunicaciones.

2.1.3 Pdas (Personal digital assistant)

COMARSA trabaja con la marca Symbol Technologies, que es un dispositivo funcional y resistente, dirigido a aplicaciones de negocio donde se requiere lectura intensiva de datos. Ha sido diseñado para tareas relacionadas con aplicaciones en el campo mismo donde se trabaja, generalmente entornos que demandan movilidad.

Ofrece “acceso en tiempo real” a las operaciones diarias que realiza la empresa para mejorar la eficiencia, reducir costos y generar ventajas competitivas.

Con multitud de características y funcionalidades, ofrece muchas maneras de proteger y controlar la inversión. Mejora más aún su eficiencia con actualizaciones de software más rápidas y protege la inversión con una arquitectura escalable y más flexible.

Con esta tecnología se puede elegir el tipo de captura de datos y las opciones de comunicación que mejor se ajusten a las necesidades, desde lectura a través de láser para códigos de barras hasta soluciones de conectividad inalámbrica.

FIGURA 2.1 VISTA DEL PDA (PERSONAL DIGITAL ASSISTANT)

Fuente : Comarsa

2.2 TECNOLOGÍA DEL CONTROL APLICADO EN LA MINERÍA SUPERFICIAL.

El costo de carguío y acarreo representa en la actualidad el costo más elevado del total de minado; por ello el control de estas actividades y su constante optimización es fundamental para la competitividad de las empresas mineras, es necesario contar con un conjunto de herramientas de gestión que hagan posible llevar el control de las operaciones.

Actualmente se utiliza la tecnología de simulación que es un complemento indispensable, ya que permite simular en una mina, asignación de maquinarias, vehículos, secuencia de producción y manejo de materiales que pueden ser evaluados para evitar actividades costosas en tiempo y dinero, disminuirle riesgo de decisiones tempranas y explorar un campo

más amplio de posibles soluciones. Es así como la metodología del control del carguío y acarreo estará directamente relacionado con sistemas de control de equipos.

La aplicación de la tecnología actual a la industria minera, como la sistematización de la información, transmisión de información vía radio o redes de comunicaciones (**wireless**), sistema de posicionamiento global **GPS**, etc. hoy en día alcanzan una importancia preponderante debido a que la necesidad de controlar al detalle una operación a gran escala, como es la minería a cielo abierto que impacta directamente en las medidas correctivas en tiempo real, lo cual se expresa finalmente en la reducción de costos operativos de minado.

2.3 SISTEMAS DE CONTROL EN LAS OPERACIONES DE MINADO

Hoy en día existen sistemas de control muy sofisticados como **Truck Dispatch de INTELLMINE**, que en nuestro país y en muchos lugares del mundo se muestra como el sistema sin competencia y el que se acerca más a nuestro objetivo de realizar un control minucioso de las operaciones mineras.

Si bien el uso eficaz de estos “Sistemas de Control” que provee hoy en día la tecnología, en los productos informáticos que se pudieran tener a la mano para controlar las operaciones, son prescindibles para lograr una mejora económica y productiva; es necesario tener en cuenta como base que no existe un Sistema de Control elaborado a las medidas de las

necesidades de cada operación, ya que las realidades operativas de las mina son distintas entre sí, en operación y administración.

2.3.1 Sistema Dispatch

Sistema de Despacho de Flotas y Administración Minera a gran escala, que utiliza los sistemas más modernos de la computación y comunicación en la administración de los datos junto con lo más avanzado de la tecnología GPS, con el fin de proporcionar asignaciones óptimas en forma automática para equipos mineros, y así poder determinar indicadores de eficiencia de los equipos (Palas, Cargadores, Camiones, etc.) y obtener informes del estado de la mina. Por lo que se considera una herramienta importante en el desarrollo de las operaciones de minado.

2.3.2 Sistema del control central

El Software del Sistema de cada equipo se integra fácilmente con los computadores centrales de algún sistema de control de equipos.

Desde un computador personal, la persona encargada del control central, abre pantallas y bases de datos de palas, volquetes y demás equipos en el computador central o la red. El software del sistema y los datos de los equipos se encuentran en el computador central.

El hecho de poder seguir el desempeño de los equipos desde la oficina le ahorra tiempo a supervisores y gerencia. Por ejemplo, se reduce el número de viajes realizados al área de trabajo. Además, debido a que hay información precisa y oportuna disponible, se reduce la necesidad de realizar ciertos estudios en la mina, ya que se cuenta con data en tiempo real.

La Estación central del Sistema de control de equipos requiere de los siguientes accesorios:

- Una Unidad Central móvil con GPS de alta precisión.
- Un computador y servidor.
- Una antena de radiofrecuencias (UHF).
- Una antena GPS.
- Una estación de trabajo.

El computador Central de la estación tiene la misma configuración interna que el computador del equipo, pero su software de aplicación es distinto. La Unidad Central transmite comunicaciones de radio de datos de alta velocidad desde su radio interno a la red de radio, a una velocidad de 9600 b/s.

Para obtener mayor velocidad en la transmisión de datos, se utiliza un radio de espectro disperso en lugar del radio convencional de 9600 b/s. La estación base también distribuye correcciones diferenciales a las palas todo esto a través de señales magnéticas y microondas.

2.3.3 Transmisión de datos

Se entiende por transmisión de datos al movimiento de información codificada, de un punto a uno o más puntos, mediante señales eléctricas, ópticas, electroópticas o electromagnéticas.

Este requerimiento, originado en las organizaciones gubernamentales, industriales, comerciales, bancarias, empresariales, militares, etc., ha nacido por la necesidad de poner a disposición de ellas en un punto remoto la capacidad de proceso de un ordenador, ubicado en un punto que podríamos llamar central.

Ese punto puede estar dentro de la propia organización, próximo o alejado del ordenador central.

La diferencia importante reside en la distancia y la geografía del problema a considerar, pues en función de estos parámetros, puede ser necesario o no el uso de redes de comunicaciones.

2.4 SISTEMA DE MONITOREO DE PRODUCTIVIDAD Y COSTO DE EQUIPOS

También se requiere registrar los estados de los equipos, es decir con cuales de los equipos contamos para poder determinar una asignación óptima disponible. Para esto se define 4 estados:

2.4.1 Disponible

Cuando el equipo ya tiene un operador y está trabajando, estos equipos son considerados en la programación diaria de equipos para las operaciones.

2.4.2 Demorado

Cuando por alguna razón mecánica u operativa el equipo deja de trabajar, y su reanudación al trabajo es eminente en una corta duración, estos equipos también son considerados en la programación diaria de los equipos.

2.4.3 Stand by

Cuando el equipo se encuentra operativo y no es programado para el trabajo, ya que no es necesario para el cumplimiento de un programa de producción, estos equipos no son considerados para la programación diaria.

2.4.4 Malogrado

Cuando los equipos por algún mantenimiento programado o no programado, dejan de trabajar, éstos no son considerados para la programación diaria.

Cada uno de estos estados, están a su vez relacionado por códigos numéricos, los cuales representan la razón específica de cada estado o también por un código de colores. “Todos estos registros también son almacenados en tiempo real en la base de datos del computador central”.

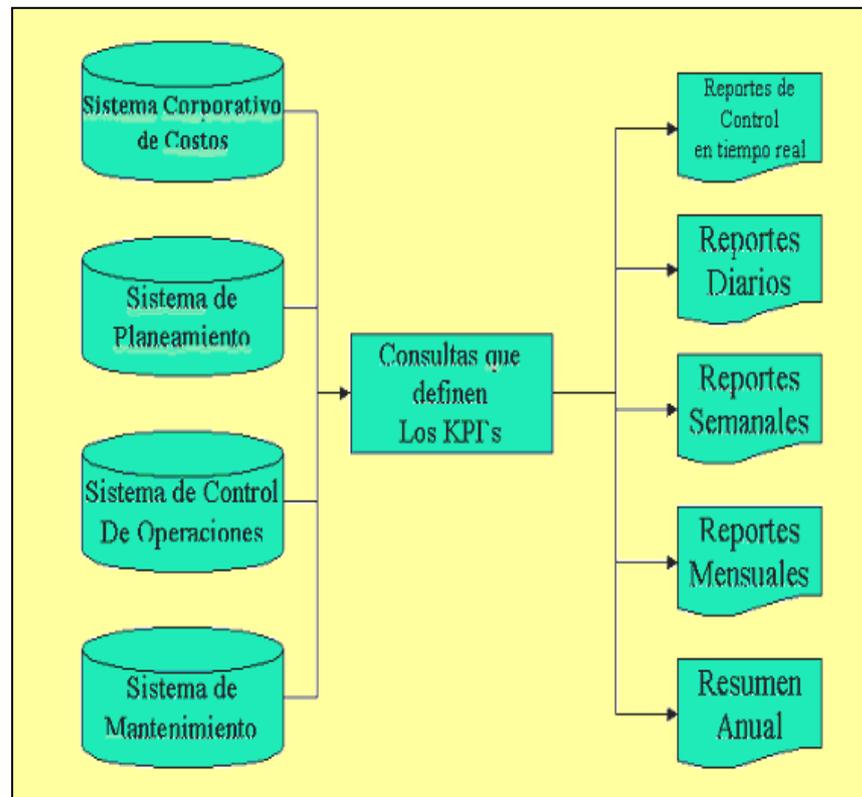
2.5 ÍNDICES CLAVES DE RENDIMIENTO

Existe una sola forma de medir el resultado de los Sistemas de Control y éstos son los estándares; es necesario centrarnos en éstos y controlarlos a través de un número al cual lo llamamos KPI's, los cuales existen para cada proceso que determinemos, destacando los más importantes:

- El rendimiento horario de los equipos.
- La disponibilidad mecánica de los equipos.
- El porcentaje de utilización de los equipos por las operaciones.
- Los ciclos de operación de cada equipo.
- Velocidades de los equipos.
- Factor de carga de los equipos.
- El consumo de combustible por hora.

La necesidad de desarrollar KPI's (Índices claves de rendimiento), está basada en poder conocer cómo se realiza la operación minera, mediante estos números también es posible realizar una comparación con los estándares establecidos para cada proceso.

FIGURA 2.2. DIAGRAMA DE GENERACIÓN DE KPIS



Fuente : Comarsa

2.5.1 KPIs para la operación de carguío

2.5.1.1 Tonelaje cargado

Es la capacidad de carga del balde de la excavadora o del cargador, que con cierto número de pases llena la tolva de un volquete para así llegar al factor de carga óptima del mismo, dependiendo del tipo de material con que se esté operando.

$$\text{TNC} = \text{N}^{\circ} \text{ Pase} \times \text{CE} \times \text{D}$$

Donde:

CE : Capacidad de balde de la excavadora en metros cúbicos.

D : Densidad del material removido o en in situ.

TNC : Tonelaje cargado.

2.5.1.2 Costo unitario de carguío

Se define como el costo por una hora de la excavadora sobre las toneladas producidas en ese rango de tiempo neto operativo horario.

$$CU = \frac{CH}{TN}$$

Donde :

CH : Costo horario del equipo por el tiempo trabajado (\$)

TN : Toneladas producidas del tiempo trabajado (Tm)

CU : Costo Unitario (\$/Tm)

2.5.1.3 Rendimiento horario (RH)

Se define como el número de veces en un intervalo de tiempo, en el cual el equipo de carguío ha llenado a cierta cantidad de volquetes; depende mucho del ciclo de carguío de la pala.

Generalmente este KPI es denominado viajes/hora de la pala, pudiendo definirse como la capacidad de volquetes que puede

cargar la pala o equipo de carguío en una guardia de trabajo sobre las horas de trabajo de la pala:

$$RH = \frac{VCG}{HTG}$$

Donde :

VCG : Volquetes cargados en una guardia.

HTG : Horas trabajadas por guardia.

RH : Rendimiento horario.

2.5.1.4 Precisión de cargas

Comparación de los pesos de los volquetes con el peso estándar o factor de carga de los mismos; esa precisión se realiza enviando a los volquetes de las flotas a la balanza para determinar su peso.

2.5.1.5 Tiempo de excavación de la pala (TEP)

Se define como el tiempo que utiliza la pala en llenar un volquete con cierto número de pases, tiempo de llenado de la tolva del volquete desde el inicio del primer pase hasta el último pase para completar el factor de carga de llenado de la tolva; aquí no se deben considerar los tiempos por operaciones auxiliares realizadas por los equipos de carguío.

$$TEP = TPP \times NPC$$

Donde:

TEP : Tiempo de excavación de la Pala.

TPP : Tiempo de la primera palada.

NCP : Numero de paladas por volquete.

2.5.1.6 Cobertura de la pala (CO)

Tiempo neto en que la pala estuvo cargando respecto del tiempo total que estuvo listo para hacerlo o hizo otra actividad; este parámetro nos indica que tan cubierta estuvo la pala durante el tiempo neto operativo o tiempo gerenciado por operaciones mina.

$$CO\% = \frac{(TCP + TEP) \times NCP}{TNOP} \times 100$$

Donde :

TCP : Tiempo de cuadrado de volquetes en la pala.

TEP : Tiempo de excavación de la pala.

NCP : Cargas realizadas por la pala.

TNOP : Tiempo neto operativo.

2.5.2 KPIs para la operación de acarreo

2.5.2.1 Ciclos realizados

Son los ciclos que realiza el volquete para cumplir con el

transporte de material; resaltando lo más general, como el ciclo de carguío, el ciclo de transporte del material ya sea a los Pads o Botaderos, el ciclo de descarga, el ciclo de retorno a la plataforma de carguío y el ciclo de giro y retroceso para ser cargado.

2.5.2.2 Tiempo de cuadrado de volquetes en la pala (TCP)

Es el tiempo de giro del volquete más el tiempo de retroceso al carril de carguío de la pala para ser cargado; para esta operación la pala o cargador debe esperar con la cuchara o balde lleno al volquete en retroceso.

2.5.2.3 Distancia recorrida

Es la longitud de la ruta que sigue el volquete en el transporte de material a los pads o botaderos, siguiendo rampas con determinadas pendientes y gradientes.

2.5.2.4 Distancia lift up

Distancia vertical en que sube el volquete cargado, nos muestra cuan profunda es la mina o la ruta de acarreo actual.

2.5.2.5 Distancia lift down

Distancia vertical en que baja el volquete cargado, nos muestra si hay rampas en bajada en la ruta de acarreo actual.

2.5.2.6 Distancia equivalente

La distancia equivalente de la distancia x recorrida por un volquete en un tiempo T es la que recorrería el volquete en este tiempo T , en un tramo plano.

$$DE (m) = \frac{V_o}{V_x} \times D_i$$

Donde :

V_o : Velocidad del volquete en tramos planos o con pendiente cero.

V_x : Velocidad del volquete en tramos con pendiente “ x ”.

D_i : Distancia inclinada.

2.5.2.7 Costo unitario de acarreo

Es el costo por tonelada transportada ya sea de desmonte, mineral o ambos, este KPI se complementa bastante con los ciclos de acarreo de los volquetes en una hora, o dependiendo de las formas de costeo o pago de una empresa por tonelada transportada de su producto.

2.5.2.8 Tiempo promedio de cuadrado en pala

Nos muestra el grado de dificultad al cuadrar, así como también evaluar nuevos operadores en la tarea de cuadrado en pala.

2.5.2.9 Tiempo de espera en palas

Valor importante que evalúa la distribución de los volquetes en la mina; un volquete en cola significa pérdida económica y productiva.

2.5.3 KPIs de tiempo para operaciones.

2.5.3.1 Utilización o uso neto de la disponibilidad (UND)

Uso neto del equipo respecto de la disponibilidad. Nos muestra cuanto aprovecha operaciones del esfuerzo de mantenimiento por entregar equipos disponibles, ver la siguiente formula:

$$\text{UND}\% = \frac{\text{TNOP}}{\text{TGOP}} \times 100$$

Donde:

TNOP : Tiempo Neto Operado.

TGOP : Tiempo Gerenciado por Operaciones Mina.

2.5.3.2 Utilización total (UT)

Uso neto del equipo respecto del tiempo total programado. También se define como la multiplicación de la disponibilidad física (DF) por la utilización (UND).

$$UT\% = \frac{TNOP}{(TTOT - TNPR)} \times 100$$

Donde:

TNOP : Tiempo Neto Operado.

TTOT : Tiempo Total Programado.

TNPR : Tiempo No Programado.

2.5.3.3 Eficiencia operativa (EF)

Uso neto del equipo respecto al tiempo de operaciones sin considerar el equipo dejado en reserva.

$$EF\% = \frac{TNOP}{(TGOP - STAN)} \times 100$$

Donde:

TNOP : Tiempo Neto Operado.

TGOP : Tiempo Gerenciado por Operaciones Mina.

STAN : Stand by.

2.5.4 KPIs de tiempo para mantenimiento

2.5.4.1 Disponibilidad física (DF).

Mide el nivel de satisfacción que tiene Operaciones Mina para utilizar los equipos en la mina:

$$DF (\%) = \frac{TGOP}{(TTOT - TNPR)} \times 100$$

Donde:

TGOP : Tiempo gerenciado por Operaciones Mina.

TTOT : Tiempo Total Programado.

TNPR : Tiempo no Programado, el cual no es gerenciado ni por operaciones ni por mantenimiento.

2.5.4.2 Disponibilidad mecánica (DM)

Mide estrictamente el impacto de la mantención sobre la operación de minado.

$$DM\% = \frac{(TGOP - STAN)}{(TGOP - STAN + TGMN)} \times 100$$

Donde:

TGOP: Tiempo gerenciado por Operaciones Mina.

STAN : Tiempo que el equipo está en reserva o Stand By.

TGMN: Tiempo gerenciado por Mantenimiento.

CAPÍTULO III: LA EMPRESA Y LAS OPERACIONES DE MINADO

3.1 ÁMBITO DE ESTUDIO

Compañía Minera Santa Rosa S.A.

3.2 UNIDAD DE ESTUDIO

Mina Santa Rosa.

3.2.1 Ubicación

El distrito minero Santa Rosa se encuentra ubicado en la cordillera oeste del Norte del Perú, distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, Departamento de La Libertad.

Su situación precisa es la intersección de las coordenadas:

08° 08' Latitud Sur

78° 04' Longitud Oeste

Con Coordenadas UTM:

9 104 000 Norte

830 000 Este

Sus operaciones se encuentran a una altura promedio de 3500 metros sobre el nivel del mar.

3.2.2 Accesibilidad

Hay tres alternativas de acceso a la Unidad Minera Santa Rosa desde la ciudad de Lima:

Alternativa A: Lima -Trujillo -Santiago de Chuco – Angasmarca – Mina

DESTINO	DISTANCIA	CONDICIÓN DE LA VIA
Lima-Trujillo	561 Km.	Asfaltada
Trujillo-Mina	209 Km.	Carretera afirmada

Alternativa B: Lima –Trujillo – Huamachuco – Mina

DESTINO	DISTANCIA	CONDICIÓN DE LA VIA
Lima-Trujillo	561 Km	Asfaltada
Trujillo-Mina	280 Km.	Carretera afirmada

Alternativa C: Lima – Chimbote – Mollepata - Mina

DESTINO	DISTANCIA	CONDICION DE LA VIA
Lima-Chimbote	422 km.	Asfaltada.
Chimbote-Mina	175 Km.	Carretera afirmada

3.2.3 Antecedentes históricos

Antiguamente en el distrito minero Santa Rosa se tenía conocimiento de operaciones mineras centradas en cateos y exploraciones artesanales de vetas Auríferas con leyes económicas interesantes de oro.

A inicios de la década de los 80s se establecieron las primeras pozas de lixiviación rudimentarias, precipitación del oro mediante el polvo de zinc (Merril Crowe) con producciones de 1.5 a 3.0 kg de oro al mes.

La familia Sánchez Paredes adquirió los derechos de la concesión Señor de los Milagros de Trujillo con un área de 150 hectáreas, constituyéndose así la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa (COMARSA).

En 1992 se llevaron a cabo los primeros trabajos de exploración e investigaciones metalúrgicas.

En 1993 se completaron las primeras pruebas de lixiviación en pilas y tratamiento del oro con carbón activado; de este modo se llegaron a alcanzar recuperaciones del 72% en periodos de 60 días; casi dos meses, con estos resultados favorables se inició la construcción de la planta, el 10 de junio del mismo año.

En enero del año 1994 comenzaron las operaciones mineras en el tajo Tentadora y se procedió al apilamiento del mineral en el primer Pad de Lixiviación; el cual entró en producción a fines de marzo del mismo año, obteniéndose así la primera barra de bullón (ORO Y PLATA), el 24 de abril de 1994.

Año tras año, se ha ido incrementando la producción de mineral a tratar y además se desarrollan etapas de exploraciones agresivas a fin de garantizar la vida de dicha mina por más tiempo de lo programado.

Actualmente se desarrolla una explotación de mina de aproximadamente 4.5 millones de toneladas mensuales, entre 2.1 millones de mineral y 2.6 millones de desmonte, respectivamente para la obtención de 14800 Oz/mes de Oro, después de dos meses de regado en los Pads.

Durante las primeras fases de extracción de mineral, se contaban con equipos ligeros para el trabajo; año tras año se han ido

incrementado y modernizando los equipos de producción, ya sea tractores, cargadores frontales, excavadoras, etc.

3.3 OPERACIONES MINA

3.3.1 Descripción del método de minado

Las operaciones se realizan por el método de minado a tajo abierto. El carguío de mineral y desmonte se realiza con cargadores frontales y excavadoras hidráulicas, mientras el acarreo con volquetes Volvo; NL-12 y FM-14 ambos de 15 m³, pertenecientes a las diferentes contratistas como : Andeam Management, San Simón, Transflosa, Jam equipos, etc.

El tiempo para efectuar el acarreo depende del nivel o banco de operación en el que se esté trabajando, como también del destino que tenga dicho material a acarrear. Para el control del carguío y Acarreo, se cuenta con supervisores de frente del Área del control de equipos, para la supervisión de los frentes de operación; donde se controla a la operación en sí y los tiempos de equipos, para ello el supervisor de frente cuenta con un PDA (**Personal Digital Assistant**), que permite recopilar información necesaria con respecto a la actividad de los equipos.

3.3.2. Parámetros generales de diseño de tajo

3.3.2.1. Parámetros geotécnicos de diseño

Según el tamaño de los equipos y el planeamiento de minado, en COMARSA se determinan los siguientes parámetros de diseño más importantes en la explotación a tajo abierto:

- **Talud de Banco**, para este parámetro la línea trazada desde la cresta del banco hasta el piso o Toe hace un ángulo con la horizontal de 55° determinando un talud Mínimo de banco de **0.7: 1** para bancos de 8 metros de altura.
- **Talud de Operación**, actualmente se está trabajando con un ángulo de operación de 42° manteniendo una relación de talud del tajo de **1.1 : 1**
- **Taludes Relativos de Bancos Operativos con Anchos Variables**, son de diferentes relaciones ya que los anchos de bancos varían según el diseño a seguir en ciertas zonas del tajo; dependiendo de estas, la característica o la estructura a lo largo y ancho de los tajos.

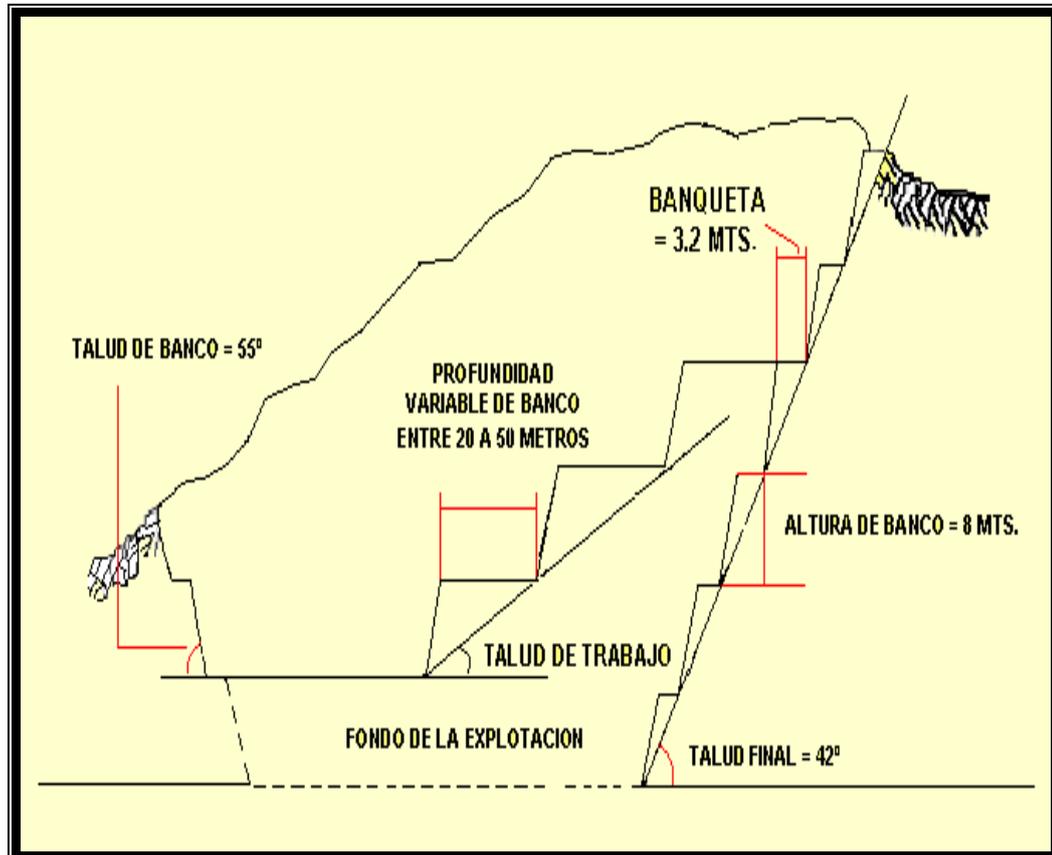
3.3.2.2. Parámetros operativos del diseño

- **Banquetas**, o Bermas de Operación, quedan definidas por diseño a través del ángulo de operación. generalmente en COMARSA son de 3.2 metros desde el pie de un banco superior a la cresta de un banco Inferior.
- **Bermas de Seguridad**, por regla general la altura de las Bermas de Seguridad deben ser las $\frac{3}{4}$ partes de la llanta, en COMARSA se ha determinado como alturas entre 0.80 a 0.90 metros.
- **Rampas**, por diseño se determinan rampas de hasta 12 metros de ancho de acuerdo al ancho máximo de los equipos de transporte de material de 2.5 metros, permitiendo el pase para tres equipos de acarreo, en cuanto a sus pendientes y gradientes pueden variar de 10% a 15%, debido al uso de volquetes de 15m³ de capacidad los cuales representan equipos no tan pesados como en otras minas.

En cuanto a los radios de curvatura de las vías y rampas en el cambio de dirección de las rutas en COMARSA, estas tienen un radio promedio de 2 veces el ancho más la cuarta parte de la misma, para una velocidad mínima de 7 km/h, todo radio de curvatura que desciende de una rampa o vía debe tener un peralte que equilibre la fuerza centrífuga y gravitacional que

origina la velocidad del equipo de acarreo, esta debe ser de 0.30 metros de altura.

FIGURA 3.1. PARÁMETROS GEOTÉCNICOS DE DISEÑO



Fuente COMARSA

3.3.3 Operaciones del ciclo de minado

3.3.3.1 Perforación

Para esta actividad se cuenta con 5 perforadoras INGERSOLL RAND DM45E para la perforación primaria y 2 CM 695D para la perforación secundaria, ejecutándose una plantilla de perforación triangular para los tres tajos operativos.

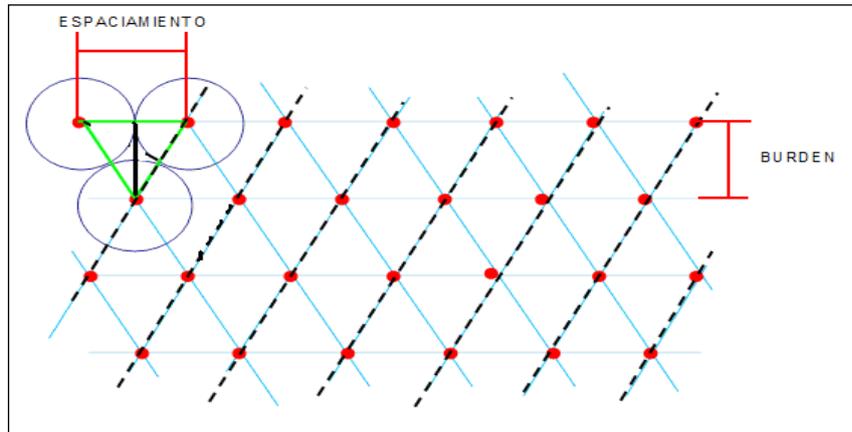


FIGURA 3.2.- MALLA DE PERFORACIÓN

Fuente COMARSA

La voladura en mina COMARSA es de suma importancia para la lixiviación por lo tanto se requiere de una adecuada fragmentación de mineral que ingrese a los Pads ya que tratándose de un yacimiento de baja ley no requiere de tratamientos convencionales tales como trituración, molienda fina, clasificación y lixiviación por agitación, que hagan posible elevar los costos de operación, siendo desfavorable para la explotación de este tipo de yacimientos.

FIGURA 3.3. PERFORADORA DM45E



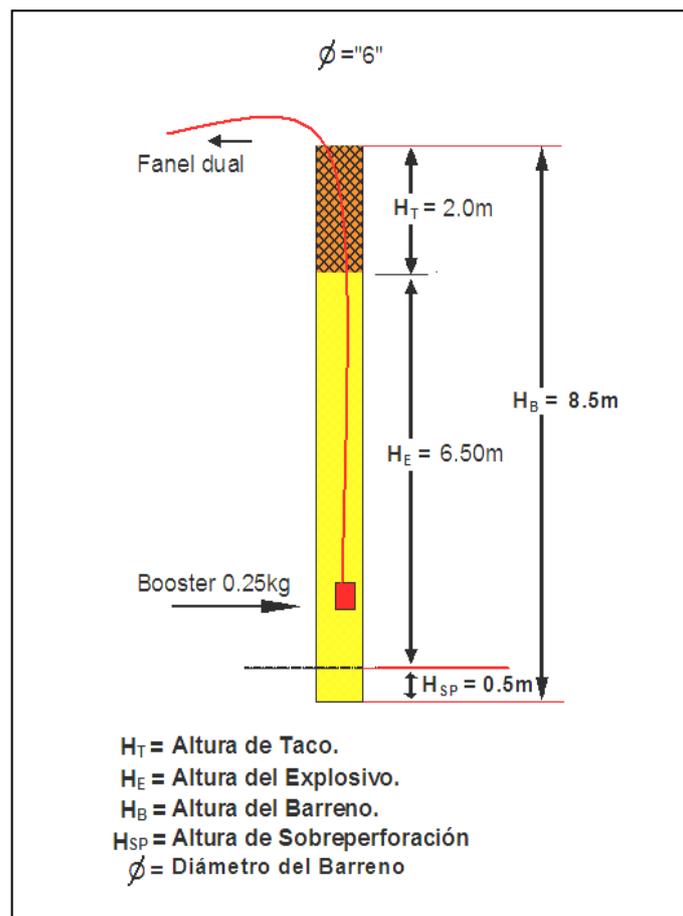
Fuente COMARSA

3.3.3.2. Voladura

A. Diseño de la columna explosiva

La columna explosiva o longitud de carga para taladros de 8 metros, en COMARSA, tiende a ser variada, debido a las condiciones de la roca que alberga la unidad minera, se tiene el diseño más general con la cuarcita como roca representativa del yacimiento.

FIGURA 3.4 DISEÑO DE CARGA/TALADRO



Fuente: COMARSA

3.3.3.3. Carguío

A.- Materiales de carguío y acarreo

Los materiales antes de ser cargados y acarreados son clasificados según su contenido de oro, para los fines que la empresa COMARSA requiere, ya que conociendo el tipo de yacimiento que proporciona leyes bajas de mineral y que nos muestra en promedio 0.30 gr/t; esa variación de leyes obliga que el sistema de explotación para que sea un minado selectivo, entonces el material que se encuentra por debajo de la ley de corte, actualmente de 0.11 gr/t de Au, debe destinarse a los botaderos naturales con que se cuenta en los diferentes tajos de explotación.

Se tiene una codificación de colores que representa el tipo de mineral en el campo de tal manera que se pueda diferenciar los polígonos de mineral de alta ley, con el de baja y así mismo con el desmonte.

Para la extracción diaria se realiza una programación en coordinación estrecha con operaciones Mina teniendo en cuenta el tipo de ley, accesibilidad y granulometría del mineral que se va a extraer.

FIGURA 3.5 CODIFICACIÓN DE LEYES DE MINADO

CATEGORÍA	COLOR PATRÓN	VALORES (p.p.m)
A (Alta Ley)		> 0.90
B (Mediana Ley)		0.60 – 0.89
C (Baja Ley)		0.14 – 0.59
D (Desmonte)		< 0.11

Fuente: COMARSA

B.- Carguío de material

Para esta actividad contamos con equipos de carguío de mediana productividad, como excavadoras hidráulicas y cargadores frontales que ejecutan el carguío del material ya sea a un carril o ambos carriles, dependiendo de las condiciones que exija la operación.

La incorrecta selección de un equipo de carguío en un frente de trabajo repercute en el avance del planeamiento a corto plazo; esto aparte de traer como consecuencia el no cumplimiento de la producción mineral y desmonte, traería consigo un incremento de los costos unitarios del carguío.

FIGURA 3.6 CARGUÍO A 90 GRADOS (UN CARRIL)

Fuente COMARSA

El carguío en Comarsa a dos carriles se ejecuta con las excavadoras, de esta forma se acelera el ciclo del carguío, repercutiendo en el incremento de la producción sea de mineral o desmonte; siendo este método de carguío el más eficiente en minería a tajo abierto, para ello deben darse las siguientes condiciones:

- Frentes de carguío que sean de aproximadamente entre 15 y 20 metros de ancho con alturas de carga de 12 metros.
- En frentes de carguío que puedan ejecutarse cortes tanto a la izquierda y derecha del banco de extracción, para así prevenir que se encajone la operación y se haga dificultosa para el traslado de los volquetes. camión y excavadora en el mismo nivel o plano; supone una lentitud grande en el trabajo, debido

a que hay que elevar la carga a mucha altura (por encima del lateral del camión), además la maniobra de giro es bastante grande y la visibilidad de la caja del camión es muy irregular a nula.

Camión y excavadora en diferente nivel. Esta es la situación ideal, siempre se debe de colocar la excavadora si es posible en un plano superior o plataforma al del camión ya sea cuando esté operando a nivel de banco o bajando en rampa; con esta operación se consigue que el carguío sea más rápido, el ángulo de giro sea menor y la visibilidad de la tolva permita un mejor relleno de la misma.

FIGURA 3.7 CARGUÍO A 180 GRADOS (DOS CARRILES)



Fuente COMARSA

C. Estándares y procedimiento de seguridad en el carguío.

Todo el personal a participar en la actividad deberá tener su EPP completo.

El carguío de material podrá efectuarse con un cargador frontal (sobre neumáticos) o con una excavadora (sobre orugas).

Todo equipo de carguío deberá estar en buen estado con los siguientes accesorios de seguridad adicionales: extintor, cintas reflectivas y alarma de retroceso.

Los operadores de los equipos de carguío deben de llenar el Check List al inicio de cada guardia para el respectivo movimiento al lugar del carguío.

El cargador frontal se trasladará por sus medios de los talleres o del estacionamiento de las contratas a los frentes de carguío.

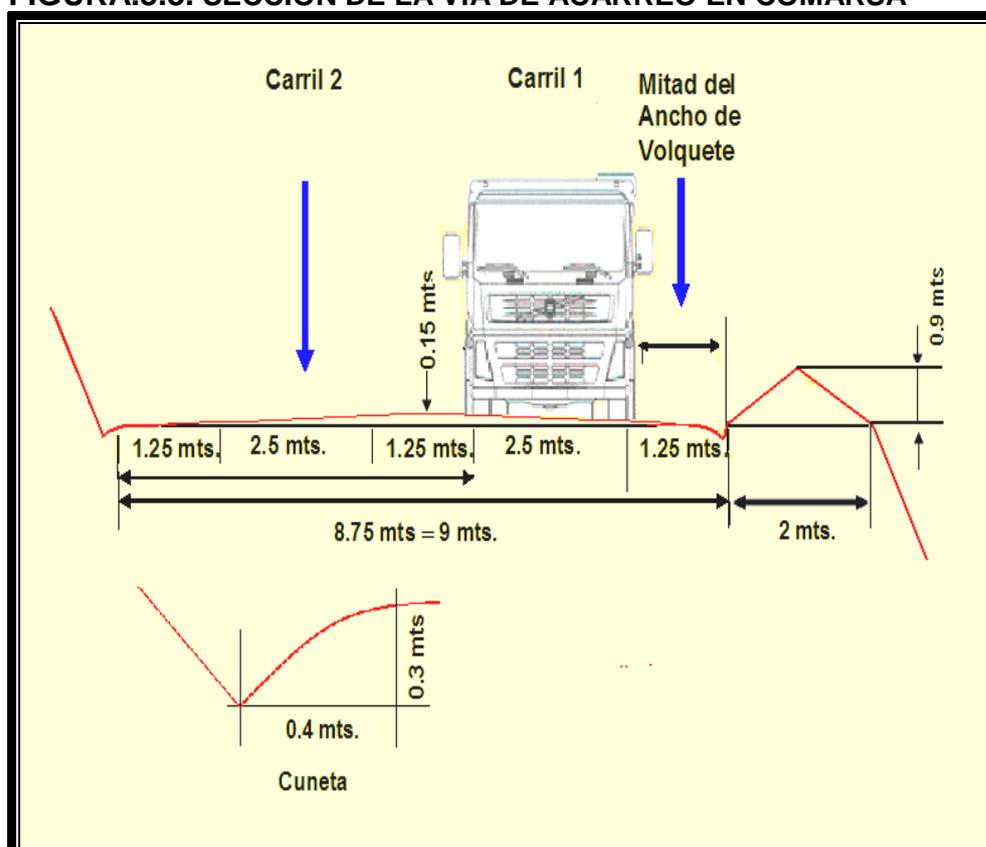
La excavadora será trasladada del taller o estacionamiento de las contratas al punto de carguío por sus medios si la distancia es menor a 1000 metros y por el contrario en cama baja si la distancia es superior; guiada en ambos casos por una camioneta a una distancia de 30 metros como escolta.

3.3.3.4. Acarreo

El acarreo en COMARSA de los distintos frentes de trabajo a las descargas de mineral y desmonte se realizan con volquetes de 15m³ de capacidad.

En la unidad minera de COMARSA, se desarrollan vías de 9 metros de ancho, para el traslado de las unidades ya sean en vías principales de acceso como en vías para el transporte del mineral y el desmonte considerando según el ancho del volquete de 2.5 metros con pendientes de 15% y lomo de corvina de 1%.

FIGURA.3.8. SECCIÓN DE LA VÍA DE ACARREO EN COMARSA



Fuente COMARSA

3.3.3.5. Operaciones auxiliares

Adicionalmente se cuenta con equipo para trabajos de apoyo a las operaciones como son:

A.- Empuje de materiales

Esta actividad se realiza especialmente en los botaderos y en los Pads, ya que simplemente no debe acumularse el material si no extenderse, para esta actividad se cuenta con cargadores y tractores de menor tamaño.

Los Tractores, frecuentemente se utilizan en las descargas de los botaderos, ya que su única desventaja es la lentitud frente a varias flotas que descargan en los Pads, muy poco se le utiliza en el banqueteo de material, ya que los movimientos del lampón o la hoja solo se predispone para empuje de material en posición frontal, por esta razón se le usa con frecuencia en los botaderos.

En los botaderos debe avanzar hacia adelante manteniendo la pendiente de 1% del botadero. Dejando una berma de seguridad en toda la cresta del botadero de 0.8 m. de altura.

Los Cargadores Frontales, se utilizan tanto en el Pad como en los Botaderos, son más rápidos que los tractores, la única desventaja de usarlos, es que su costo por hora es más elevado que un

tractor, al igual que un tractor debe cumplir su función en los botaderos.

B.- Empuje en vías, rampas y banquetas

Para el corte de material en otras zonas, la elaboración de rampas, ampliación de botaderos, ampliación de ancho de las vías como así mismo el banqueteo de los bancos disparados en COMARSA, se usa tractores de mayor capacidad como los D8s y D9 los cuales tienen la capacidad de poder manejar la hoja de corte en distintos ángulos.

C.- Mantenimiento de vías

El mantenimiento de las vías es esencial para el tráfico de volquetes, sobre todo para que estos puedan mantener su velocidad de traslado manteniendo un ciclo de acarreo constante, en COMARSA se realiza el mantenimiento, tanto de las rutas de traslado hacia los botaderos y Pads como también las zonas de carguío y descarga

Debido al clima que es demasiado seco utilizamos 5 Cisternas para disipar el polvo, tanto en las rutas como en las zonas de carguío y descargas se cuenta con volquetes NL-12 que han sido acondicionados con tanques de 4500 a 5000 galones de capacidad.

Antes de ingresar la motoniveladora a las zonas de carguío y descarga, se debe parar la flota, para que esta pueda desarrollar su actividad sin ningún inconveniente, con la finalidad de dejar una buena zona nivelada en donde el tránsito de los volquetes no sea ladeado, (de un lado a otro).

FIGURA 3.9. DESCARGA EN EL PAD



Fuente COMARSA

CAPITULO IV: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL DE EQUIPOS CON EL PDAs

Es un hecho admitido que las empresas para sobrevivir en un ambiente competitivo como el de hoy, deben responder rápidamente a los cambios del entorno, reevaluando permanentemente sus operaciones tanto internas como externas.

Los procesos de carguío y acarreo son ampliamente usados hoy en día en las operaciones mineras por su alta flexibilidad para la extracción del material. Los sistemas de transporte y carguío tienen menos restricciones, pero esto no significa que sean económicos.

El carguío y acarreo conforman la principal operación en una faena minera, ya que son responsables de todo el movimiento de mineral o estéril fragmentado por el proceso de voladura. En una faena minera, ambos procesos tienen un papel protagónico desde el punto de vista de la planificación, diseño de la mina, y desde el punto de vista operacional, ya que concentra las mayores inversiones en equipos y costos

operacionales. Debido al alto costo de capital y de operación de esta parte del proceso y la preparación de los trabajadores involucrados, influyen directamente en los resultados económicos de los proyectos mineros, como también de la Compañía Minera Santa Rosa (Carguío + Acarreo = 50% a 60%) de las operaciones del ciclo de minado.

Actualmente se utiliza la tecnología de simulación que es un complemento indispensable, ya que permite simular la asignación de maquinarias, vehículos, secuencia de producción y manejo de materiales que pueden ser evaluados para evitar actividades costosas en tiempo y dinero, disminuirle riesgo de decisiones tempranas y explorar un campo más amplio de posibles soluciones.

Es así entonces que se implantan los sistemas de control como son los de equipos, que hoy en día alcanzan una importancia preponderante debido a la necesidad de controlar al detalle una operación a gran escala como es la minería a tajo abierto, impactando directamente en las medidas correctivas en tiempo real, lo cual se expresa en la reducción de costos del carguío y acarreo.

Para el caso de la Compañía minera COMARSA, empresa que tiene sus operaciones con la disponibilidad de equipos alquilados a diferentes contratistas, y debido a la cantidad de equipos de carguío y acarreo era necesario hacer un control minucioso de los tiempos efectivos de trabajo como también de las demoras, de sus equipos en operación, es por ello

que se busca una solución, con la introducción de los PDAs (Personal Digital Assistant) que trabaja vía wireless, para la transmisión de la data de campo hacia una computadora central o Base. Para esto los PDAs poseen un programa aplicativo de control de equipo desarrollado por la misma Compañía Minera Santa Rosa.

4.1 PROCESOS DEL CONTROL DE EQUIPOS CON PDAs.

Este sistema de control de equipos a través del uso de los PDAs se caracteriza porque está integrado por cuatro sistemas integrados:

- Proceso de Campo.
- Proceso de Comunicación.
- Proceso de Cómputo.
- Software, para el tratamiento de la data.

4.1.1 Proceso de campo

Este Sistema de control de equipos tiene por objetivo automatizar la captura de datos en el campo.

4.1.1.1 Equipos de carguío (Cargadores, palas, etc.)

a) Actividades

Dentro de las actividades se seleccionan el carguío, preparación de plataformas, etc.

b) Demoras

Dentro de las demoras se seleccionan las fallas mecánica, combustible, paradas por demoras, etc.

4.1.1.2 Equipos de acarreo (Volquetes)**a) Actividades**

Dentro de las actividades se selecciona la carga, salida y llegada.

b) Demoras

Dentro de las demoras se seleccionan la limpieza de tolvas, espera en colas, etc.

4.1.1.3 Equipo personal digital assistant (PDAs)

Computador digital ideal para recopilar datos en el lugar de la actividad (campo), es un equipo versátil y resistente a las condiciones climatológicas, trabaja a baterías con un promedio de duración de 4 a 5 horas.

La captura de datos se realizará de manera sencilla, siendo esta información precisa y veraz, solo se requiere una pulsada en la pantalla para cada evento que se desea registrar tales como: tiempo de llegada, tiempo de carga, tiempo de salida, demoras registrando hora, minuto y segundo para cada evento, esto nos asegura la precisión de la

información, además registra toda la ocurrencia de los equipo y la información se transmite a un transmisor por intermedio de un comunicador a la estación central.

FIGURA 4.1. PANTALLA DE INICIO DEL PDA Y LA TRANSMISIÓN DE DATOS HACIA UN COMPUTADOR.



Fuente: Costos Comarsa

4.1.1.4 Personal de campo

Está determinado por personal debidamente capacitado en la supervisión de las operaciones de cada uno de los frentes de trabajo, de manera que garantice la captura de los datos de un modo confiable y con veracidad.

FIGURA 4.2. CONTROLADOR TOMANDO LOS DATOS EN EL PDA.

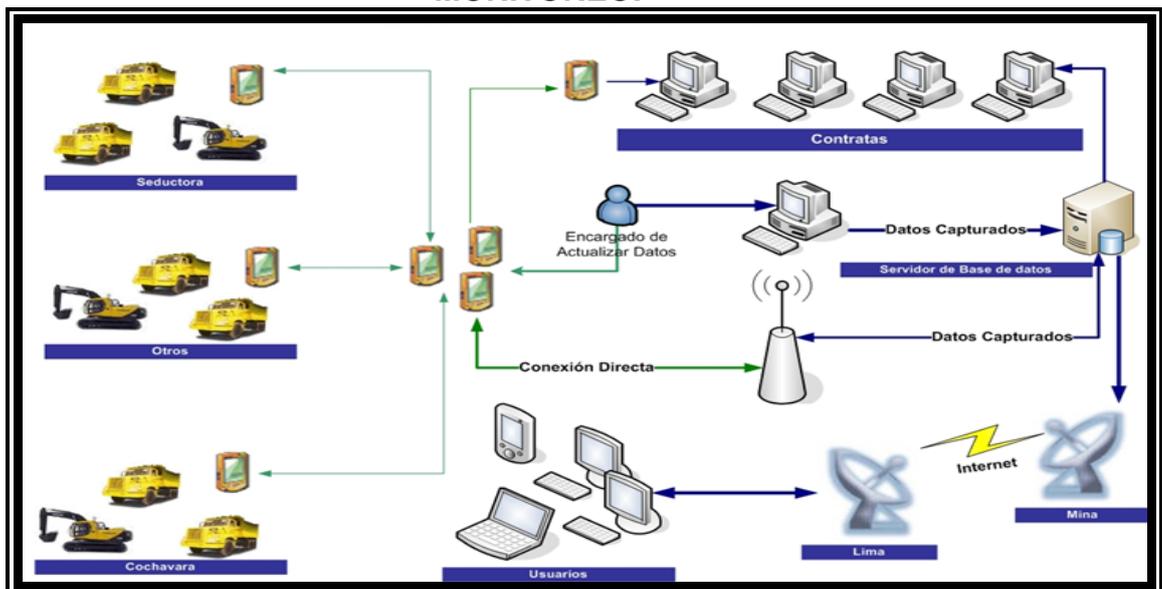


Fuente: Comarsa

4.1.2 Proceso de comunicación

Este sistema está compuesto por radios portátiles, repetidoras y un interface de comunicaciones.

FIGURA 4.3. DIAGRAMA QUE MUESTRA LA CAPTURA DE DATOS DESDE LOS DIFERENTES TAJOS HACIA LA CENTRAL DE MONITOREO.



Fuente: Data Comarsa

4.1.2.1 Radios portátiles

Transmiten y reciben en frecuencia UHF-FM, cada supervisor de frente posee una radio; para transmitir si en caso hay problemas con el PDA, al igual el personal que se encuentra en el centro de cómputo de recepción de la data de campo.

4.1.2.2 Transmisores de señal (Postes de señal)

Los transmisores de señal junto con el comunicador inalámbrico del PDA, cumplen la función de registrar la actividad y demoras de los equipos para ser transmitidos vía wireless a un servidor receptor de base de datos.

Estos transmisores están ubicados a cierta distancia fuera de las operaciones, teniendo una cobertura de 1000 metros aproximadamente; estos transmisores poseen un paquete de baterías que pueden durar dos días sin ser recargadas y además están implementadas con una fuente de energía externa; paneles solares que por iluminación solar de una hora por día mantiene completamente la carga.

4.1.2.3 Repetidoras de señal

Al igual que las radios, transmite y recibe su frecuencia UHF-FM, están ubicados en lugares estratégicos del tajo para asegurar una cobertura total, retransmiten la información hasta el servidor principal.

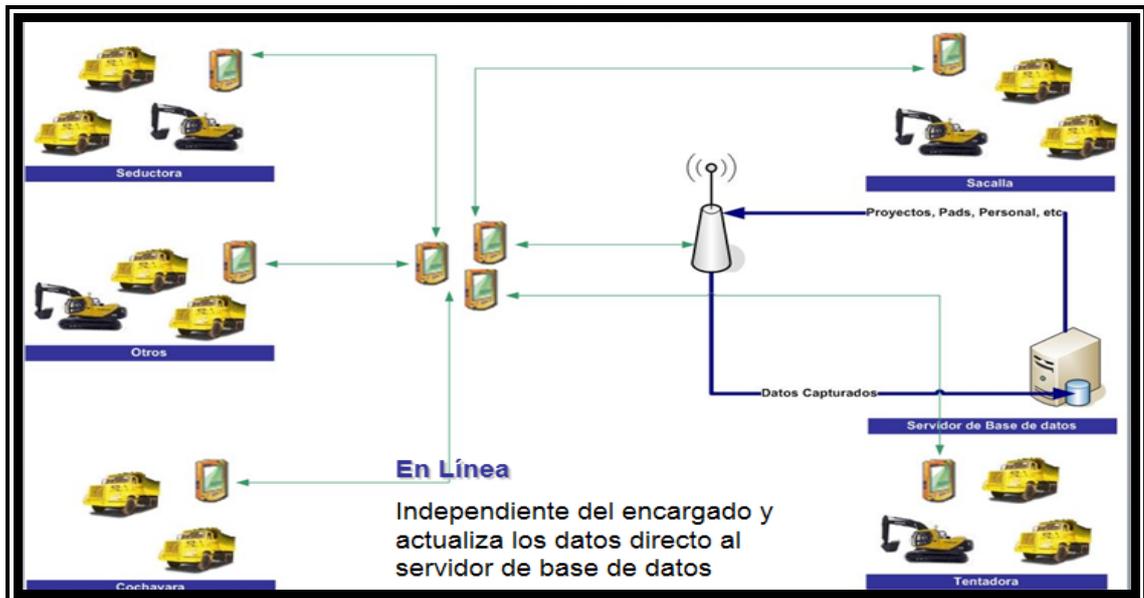
4.1.2.4 Cámaras de video

Para determinar la ubicación de los equipos en los tajos se han implementado de cámaras de video, que están ubicadas en zonas estratégicas de los tres tajos.

4.1.2.5 Operador de la central de cómputo

Encargado de recibir, procesar, analizar e informar el proceso de las operaciones a la (Superintendencia de Operaciones).

FIGURA 4.4. TRANSMISIÓN INALÁMBRICA DE DATOS HACIA LA CENTRAL.



Fuente: Data Comarsa

4.1.3 Proceso de cómputo

La configuración del equipo consiste en: tres computadoras marca IBM, una computadora trabaja como sistema maestro (Servidor) controlando al

sistema en tiempo real en la captura de datos, otra como sistema esclavo la cual procesa y puede actuar como servidor en caso falle el sistema maestro y la tercera para estar enlazada a la LAN/WAN de la empresa en la transmisión de datos.

En cada uno de los sistemas se tiene una capacidad en disco duro 535 Megabytes, para el almacenamiento de la información en línea con memoria interna de 2 Gigabytes.

El equipo de cómputo está conectado con line-drivers, a través de la fibra óptica, con los terminales del transmisor central, estos equipos están conectados a una fuente de poder interrumpible, con una duración de hasta 6 horas, como medio de prevención en caso falle el circuito de suministro de energía.

4.1.4 Software propio de la mina

El software del sistema está escrito en lenguaje Visual Net, se encuentra en la computadora del sistema esclavo, y se encarga de procesar los datos, a este software lo denominamos el "SIM DE COSTOS" donde se concilia todas las actividades registradas del campo con el PDA.

El software del PDA También está diseñado a través del lenguaje de programación Visual net y se caracteriza por que posee las mismas tablas de organización de datos que el SIM DE COSTOS.

4.2 MANEJO Y USO DEL PDAs EN EL CONTROL DE CARGUÍO Y ACARREO

El uso de este sistema para la administración minera a gran escala en la industria minera, utiliza sistema moderno de informática y comunicación en el proceso de la transmisión de la data de campo del carguío y acarreo a tajo abierto. Sin embargo es un Sistema de Control necesario, con el fin de ayudar a incrementar la productividad y minimizar los costos.

Los PDAs registran los eventos claves de cada ciclo ya sea de carguío y acarreo, utilizando la información que los supervisores de frente ingresan a su llegada, el supervisor de campo en su frente de trabajo, con su respectiva herramienta PDA, lo primero que hace es el reconocimiento de la zona de trabajo y después verifica que los equipos programados en ese frente, tanto de carguío y acarreo de la contrata programada, se encuentren ubicados en dicho frente. Una vez verificados los dos aspectos ya mencionados lo siguiente es el ingreso de la codificación de los equipos con que se va a trabajar al **PDA**.

Cuando el supervisor de frente presiona la tecla "**Nueva Operación**" del PDA, automáticamente el centro de cómputo central, registra el estado del equipo en cuanto a su entrada al sistema y opcionalmente registra la carga de energía del PDA.

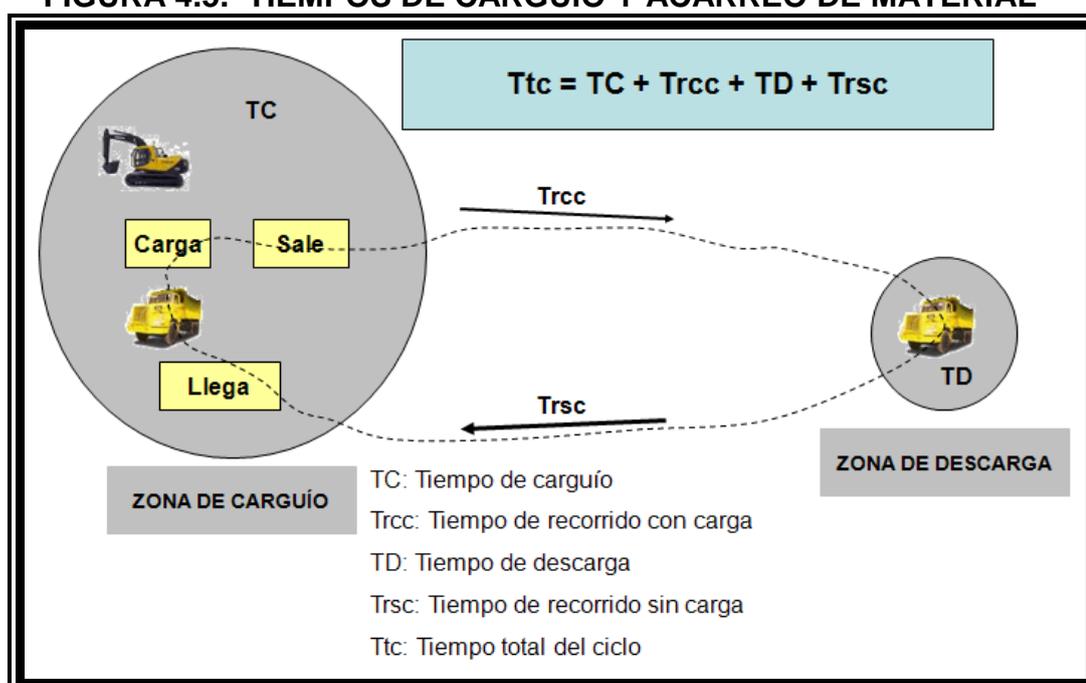
Los transmisores de señal ubicados en las zonas estratégicas de la mina revelan al centro de cómputo las actividades que están ejecutando los equipos.

4.3 PROCEDIMIENTO DE PROGRAMACIÓN, MANIPULACIÓN Y CAPTURA DE DATOS EN CAMPO.

Brindar al personal los procedimientos de programación, manipulación y captura de datos con los equipos POCKET PC (PDA`s), con documentación como parte de su capacitación.

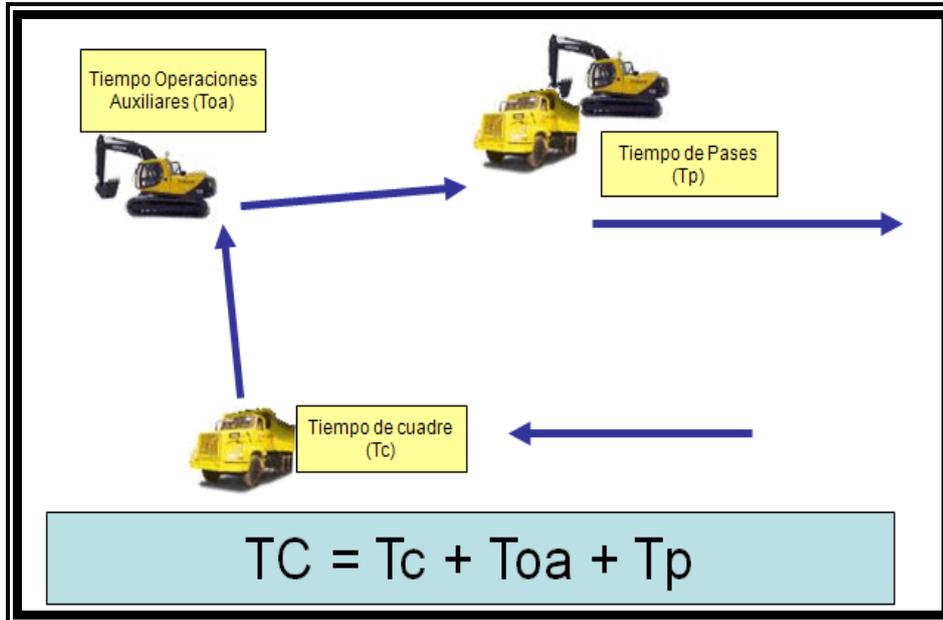
Establecer un control computarizada de operaciones en el campo mediante el uso de equipos PDA's (colectores de datos) a costos bajos y de manera fácil y rápida.

FIGURA 4.5. TIEMPOS DE CARGUÍO Y ACARREO DE MATERIAL



Fuente : Diagrama propio

FIGURA 4.6. TIEMPOS DE CARGUÍO.



Fuente : Diagrama propio

FIGURA 4.7. DESCARGA DE DATA DEL PDAs MEDIANTE SOFTWARE

The diagram shows four PDA devices on the left with arrows pointing to a central yellow cylinder labeled 'DB'. An arrow from the 'DB' points to a large data table on the right. The table has columns for various data points, including dates, times, and numerical values. Below the diagram is a table titled 'METODO PROPUESTO' with columns for 'Actividades y Procesos', 'H-H', and 'Observaciones'.

Actividades y Procesos	H-H	Observaciones
Descarga de Información	0.45	63.2% de la Información
Cálculo y procesamiento de información (Acarreo y Carguío)	-	
Cálculo y procesamiento de información (Equipos Auxiliares)	4.35	36.8% de la información
Análisis de datos provenientes de campo	2.50	100% de la Información
Análisis, revisión de datos y conciliación de horas	4.50	100% de la Información
Total Horas Hombre	11.80	

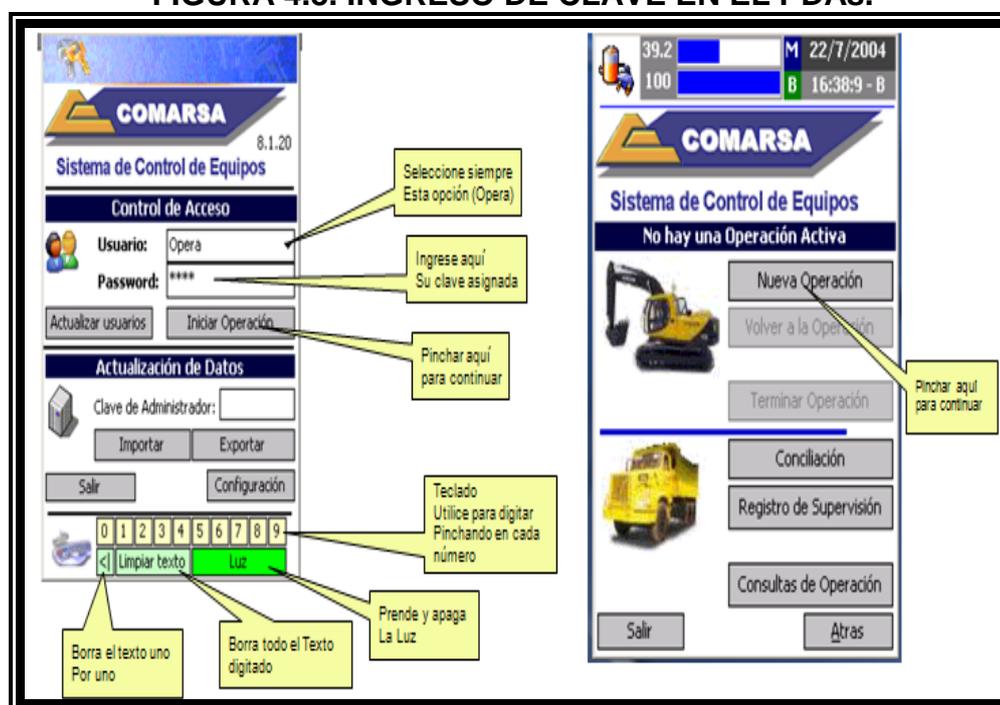
Fuente: Data Comarsa

4.3.1 Programación de data en el PDAs

4.3.1.1 Forma de uso en campo

En la pantalla principal del PDA se ingresa una clave para poder tener acceso al ingreso de datos.

FIGURA 4.8. INGRESO DE CLAVE EN EL PDAs.



Fuente: Costos Comarsa

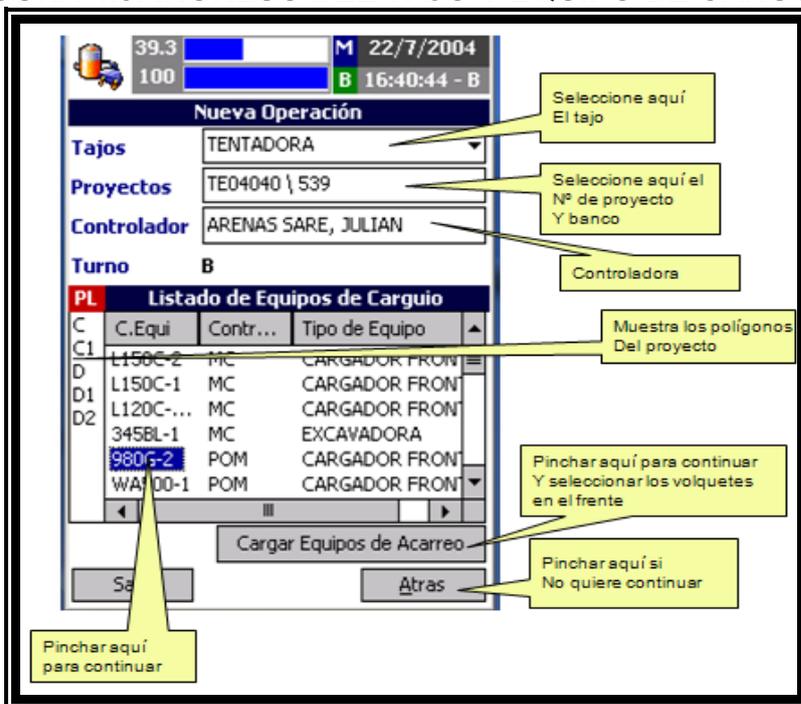
4.3.1.2 Ventana de operación

En esta ventana se define las operaciones que serán controladas por la aplicación, está conformada por:

- Código del Proyecto / Banco / Tajo
- Equipo Carguío (Cargadores)
- Controlador Asignado – por clave

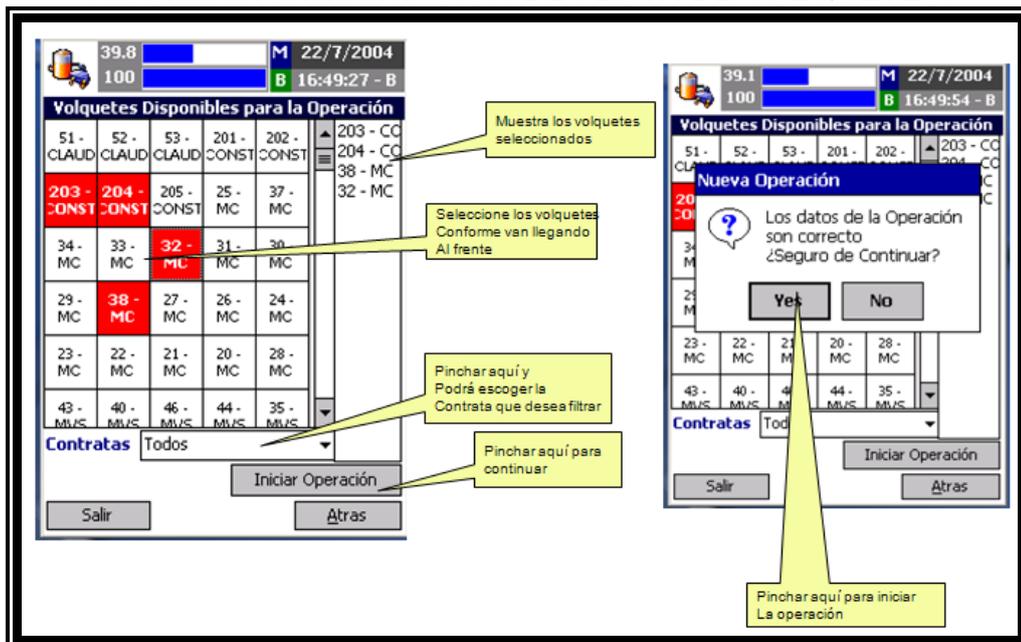
- Turno de Operación Automático
- Equipos de Acarreo (Volquetes).

FIGURA 4.9. INGRESO DEL TAJO Y EQUIPO DE CARGUÍO.



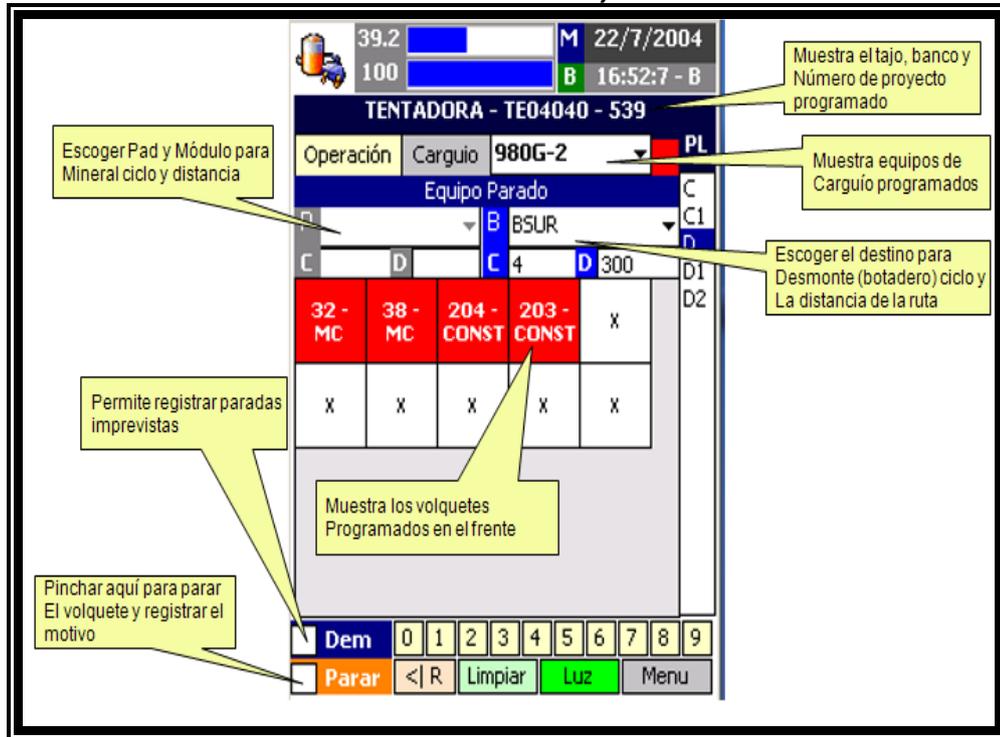
Fuente: Costos Comarsa

FIGURA 4.10. INSCRIPCIÓN DE FLOTA DE VOLQUETES.



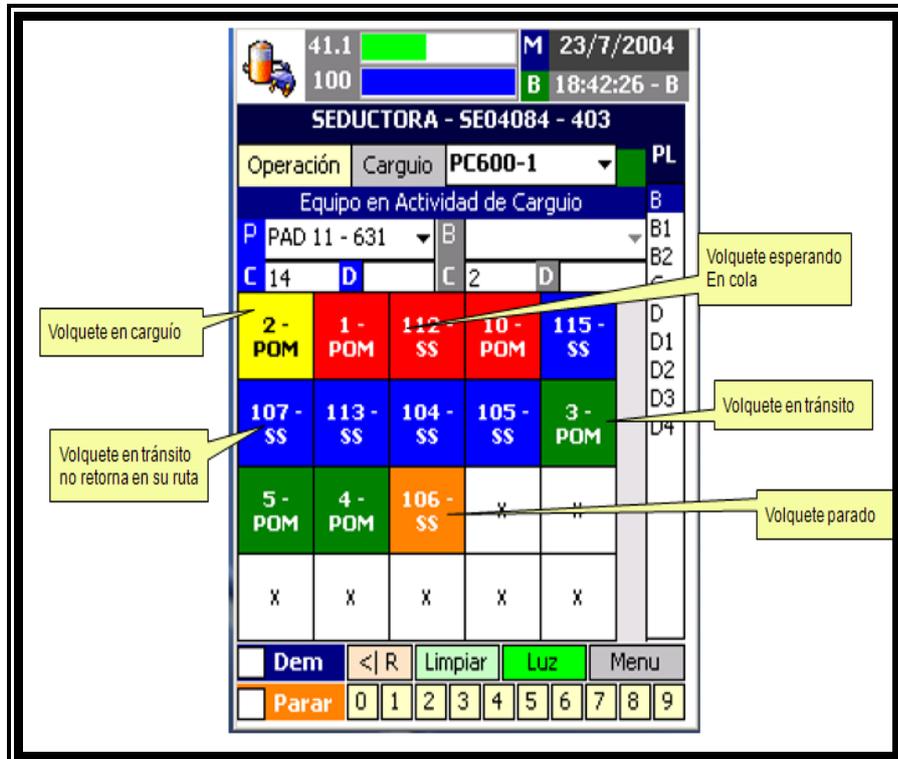
Fuente: Costos Comarsa

FIGURA 4.11. INGRESO DEL LUGAR DE DESTINO (PAD Ó BOTADERO)



Fuente: Costos Comarsa

FIGURA 4.12. ESTADO DE LOS VOLQUETES



Fuente: Costos Comarsa

FIGURA 4.13. ACTIVIDADES Y DEMORAS

41.2 M 23/7/2004
100 B 18:35:45 - B

Listado de Actividades

MOVILIZACION
PREPARACION PLATAFORMA
PERFILACION TALUD
ACUMULACION DE CARGA
SELECCION MATERIAL
CARGUIO
NIVELACION DE PISO
CONST. BOTADEROS
MOVILIZACION X DISPARO
CAMBIO DE POSICION
MOV. CAMA BAJA

Cancelar Guardar

41.2 M 23/7/2004
255 B 17:28:7 - B

Listado de Demoras

D. M.	D. N. O.	D. O.
FRENTE DURO		
SEPARAC. BOLONES		
LIMPIEZA TOLVA		
ACUMULACION DE CARGA		
CAMBIO DE FRENTE		
C/F OTRO TRABAJO		
ESPERA EN COLA		
MANTENIMINETO DE VIAS		
PERFILACION DE TALUD		
SELECCION DE MATERIAL		
ZONA DE DESCARGA EXTRECHA		
FALTA DE VOLQUETE		
MAT. CONTAMINADO DEVOL.		
BALANZA		

Cancelar Guardar

Fuente: Costos Comarsa

FIGURA 4.14. CONSULTAS DE LA OPERACIÓN

41.3 M 23/7/2004
255 B 17:34:47 - B

SEDUCTORA - SE04084 - 403

Operación Carguio **PC600-1** PL

Equipo en Actividad de Carguio B

P	PAD 11 - 631	B			B1
C	14	D	C	2	D
3 - POM	5 - POM	4 - POM	2 - POM	1 - POM	D1
112 - SS	106 - SS	10 - POM	115 - SS	107 - SS	D2
113 - SS	10 - S	105			D3
					D4

Consultas de la Operación

Conciliación

Menu principal

Dem < R Limpiar Luz MENU

Parar 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

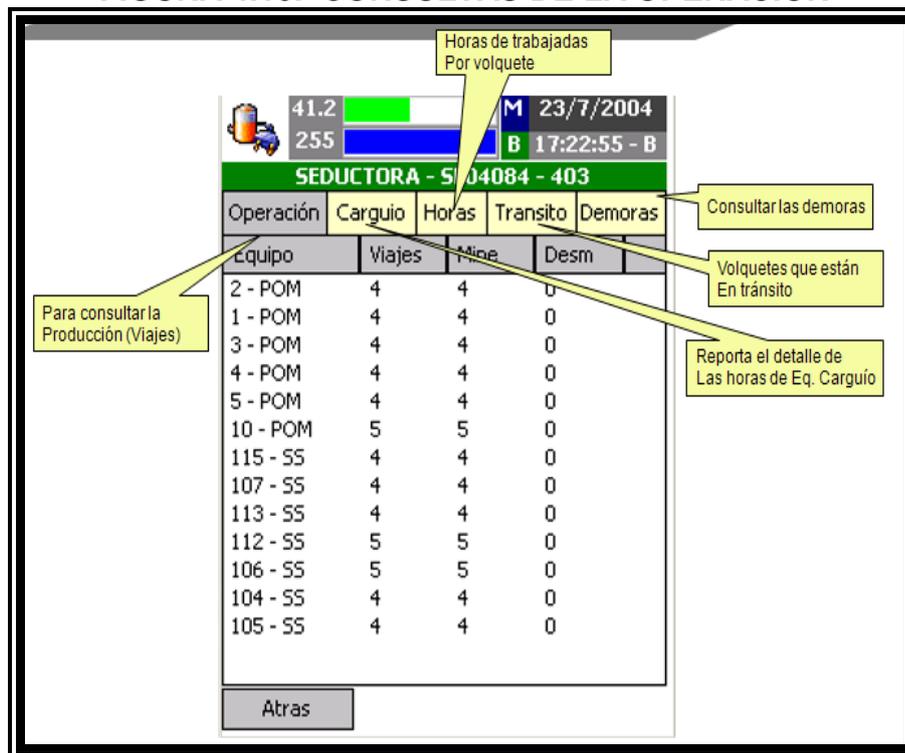
Permite consultar los Resultados de operación

Para conciliar horas y demoras

Permite regresar al Menú principal

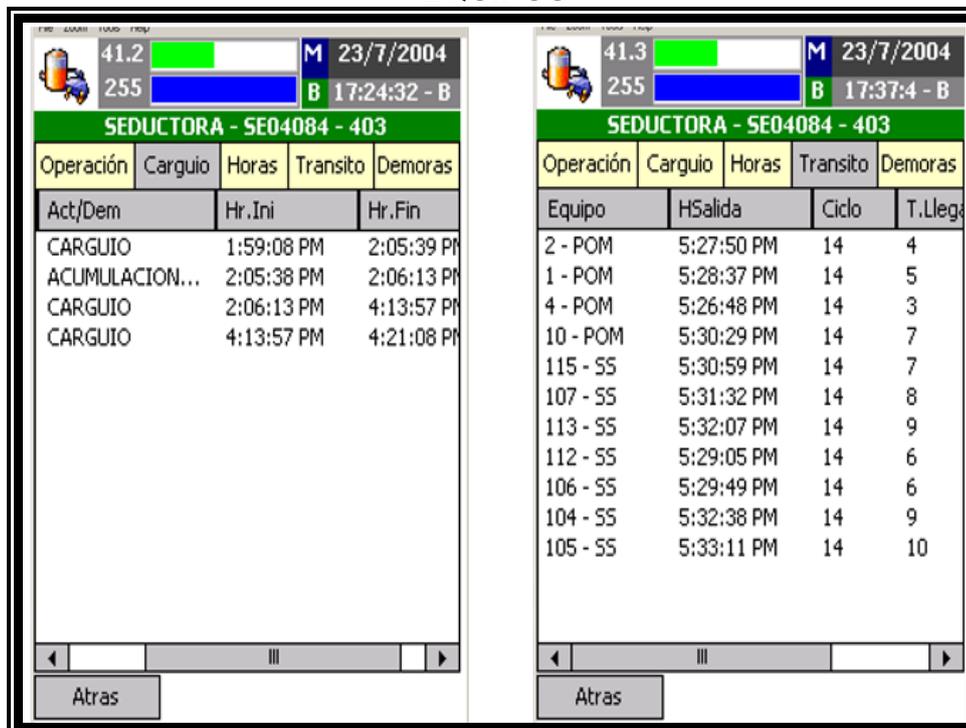
Fuente: Costos Comarsa

FIGURA 4.15. CONSULTAS DE LA OPERACIÓN



Fuente: Costos Comarsa

FIGURA 4.16. REPORTE DE LAS HORAS TRABAJADAS DE LOS EQUIPOS



Fuente: Costos Comarsa

4.4 COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

El prototipo de comunicación inalámbrica para la medición de las actividades en tiempo real empleado, utiliza un protocolo de comunicación unidireccional, utilizando micro controladores y módulos de transmisión y recepción de radiofrecuencia a bajo costo.

TABLA 4.1. COSTOS PARA IMPLEMENTAR EL SISTEMA DE CONTROL

COSTO DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL			
CENTRAL DE MONITOREO			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	\$	TOTAL
1	COMPUTADORA	900	900
1	UPS almacenador de corriente 220 v	200	200
1	Antena de 2.4 Ghz	150	150
1	Receptor RF	350	350
	TOTAL	1600	1600
SISTEMA DE CAMPO			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	\$	TOTAL
15	PDA's	1350	20250
15	RADIOS PORTÁTILES	750	11250
	TOTAL	2100	31500
SISTEMA TELEMÁTICO			
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	\$	TOTAL
3	Antena de 2.4 Ghz	150	450
1	REPETIDORA 2.4GHz	150	150
3	CÁMARAS DE VIDEO	1500	4500
	TOTAL	1800	5100
PRESUPUESTO		5500	38200

Fuente: Data propia de la investigación

4.5 ANÁLISIS DE DATA PARA EL CONTROL DE EQUIPOS

4.5.1 Procesos y estadísticas del control de equipos.

No es novedad que la Gestión del Conocimiento de los procesos toma cada vez más importancia en el negocio minero, ya que a través del tiempo de vida de la mina, cada vez se genera menos “Valor” para los inversionistas; ya que a mayores profundidades los costos tienden a incrementarse y estos tipos de recursos nos son renovables.

El único camino que nos queda como industria minera para que esto siga siendo un negocio rentable es optimizar nuestros procesos, y de esta manera crear más valor agregado en cada una de ellas. Esta quizás sea la razón fundamental que hoy en día exista un “Departamento de Control de Procesos y Estadísticas” en una Operación Minera, el cual se encarga de asegurar que cada proceso de minado sean los adecuados para conseguir la calidad requerida y éstas se lleven a cabo bajo condiciones controladas y este último brindar la información requerida del proceso para la toma de decisiones en forma preventiva y/o correctiva.

4.5.2 Costos y rendimientos de equipos de carguío y acarreo.

Como toda mina que tiene en su operación movimiento de cantidad de equipos para realizar sus operaciones, requiere un punto Standard o KPIs para determinar si se está perdiendo o ganando económicamente, este punto Standard va con lo presupuestado por la Compañía, en COMARSA

hemos definido el rendimiento a través de las unidades producidas y el costo por unidad producida (\$/t), para la determinación de estos parámetros necesitamos saber el costo de los equipos, en caso de COMARSA que trabaja con equipo alquilado de contratistas, se requiere saber el costo de alquiler horario que éstas nos ofrecen.

El costo de alquiler de equipos de carguío y acarreo se dan en base a los costos de consumo de combustible.

El control del costo unitario es fundamental para las operaciones en Comarsa, ya que el mineral de baja ley lo amerita, para ello trabajamos con una base siempre y cuando se den condiciones ideales de trabajo.

4.5.3 Disponibilidad de los equipos en mina.

Para COMARSA que trabaja con un plan de equipos de alquiler a terceros (OUTSOURCING) se ha estimado la disponibilidad de cumplimiento de 10 horas diarias en mina de todo los equipos en general de las diferentes contratistas, para así aprovechar al máximo los equipos de tal manera que tengamos una productividad óptima para cada equipo tratándose más aun cuando nuestro mineral explotado tiene bajas leyes.

Una vez que el equipo se encuentre en el interior mina y con su respectivo operador, las horas del gerenciamiento son por parte de operaciones mina, más no las horas que el equipo se encuentra con falla mecánica que serían parte de las horas de mantenimiento por parte de la contratista.

TABLA 4.2. CUADRO DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS DE CARGUÍO

COMARSA	EXCAVADORAS												CARGADOR FRONTAL					
	PC600		365BL		365CL		345BL		345CL		345DL		980G		980H		WA500	
TM/VIE	23 Tonel.		23.3 Tonel.		23.8 Tonel.		22.4 Tonel.		22.4 Tonel.		22.4 Tonel.		23.8 Tonel.		23.8 Tonel.		23.6 Tonel.	
PASES/VOLQ.	3 Ó 3 1/2		3		3		3 1/2 Ó 4		3 1/2 Ó 4		3 1/2 Ó 4		3		3		3	
USS/HR.	\$153.00		\$143.50		\$167.00		\$122.00		\$126.00		\$132.00		\$104.00		\$110.00		\$97.00	
	USS	TM/HRA	USS	TM/HRA	USS	TM/HRA	USS	TM/HRA										
20	0.333	460	0.308	466	0.351	476	0.272	448	0.281	448	0.295	448	0.218	476	0.231	476	0.206	472
21	0.317	483	0.293	489	0.334	500	0.259	470	0.268	470	0.281	470	0.208	500	0.220	500	0.196	496
22	0.302	506	0.283	513	0.319	524	0.248	493	0.256	493	0.268	493	0.199	524	0.210	524	0.187	519
23	0.289	529	0.268	536	0.305	547	0.237	515	0.245	515	0.256	515	0.190	547	0.201	547	0.179	543
24	0.277	552	0.257	559	0.292	571	0.227	538	0.234	538	0.246	538	0.182	571	0.193	571	0.171	566
25	0.266	575	0.246	583	0.281	595	0.218	560	0.225	560	0.236	560	0.175	595	0.185	595	0.164	590
26	0.256	598	0.237	606	0.270	619	0.209	582	0.216	582	0.227	582	0.168	619	0.178	619	0.158	614
27	0.246	621	0.228	629	0.260	643	0.202	605	0.208	605	0.218	605	0.162	643	0.171	643	0.152	637
28	0.238	644	0.220	652	0.251	666	0.195	627	0.201	627	0.210	627	0.156	666	0.165	666	0.147	661
29	0.229	667	0.212	676	0.242	690	0.188	650	0.194	650	0.203	650	0.151	690	0.159	690	0.142	684
30	0.222	690	0.205	699	0.234	714	0.182	672	0.188	672	0.196	672	0.146	714	0.154	714	0.137	708
31	0.215	713	0.199	722	0.226	738	0.176	694	0.181	694	0.190	694	0.141	738	0.149	738	0.133	732
32	0.208	736	0.192	746	0.219	762	0.170	717	0.176	717	0.184	717	0.137	762	0.144	762	0.128	755
33	0.202	759	0.187	769	0.213	785	0.165	739	0.170	739	0.179	739	0.132	785	0.140	785	0.125	779
34	0.196	782	0.181	792	0.206	809	0.160	762	0.165	762	0.173	762	0.129	809	0.136	809	0.121	802
35	0.190	805	0.176	816	0.200	833	0.156	784	0.161	784	0.168	784	0.125	833	0.132	833	0.117	826
36	0.185	828	0.171	839	0.195	857	0.151	806	0.156	806	0.164	806	0.121	857	0.128	857	0.114	850
37	0.180	851	0.166	862	0.190	881	0.147	829	0.152	829	0.159	829	0.118	881	0.125	881	0.111	873
38	0.175	874	0.162	885	0.185	904	0.143	851	0.148	851	0.155	851	0.115	904	0.122	904	0.108	897
39	0.171	897	0.158	909	0.180	928	0.140	874	0.144	874	0.151	874	0.112	928	0.119	928	0.105	920
40	0.166	920	0.154	932	0.175	952	0.136	896	0.141	896	0.147	896	0.109	952	0.116	952	0.103	944
41	0.162	943	0.150	955	0.171	976	0.133	918	0.137	918	0.144	918	0.107	976	0.113	976	0.100	968
42	0.158	966	0.147	979	0.167	1,000	0.130	941	0.134	941	0.140	941	0.104	1000	0.110	1000	0.098	991
43	0.155	989	0.143	1,002	0.163	1,023	0.127	963	0.131	963	0.137	963	0.102	1023	0.107	1023	0.096	1015
44	0.151	1,012	0.140	1,025	0.159	1,047	0.124	986	0.128	986	0.134	986	0.099	1047	0.105	1047	0.093	1038
45	0.148	1,035	0.137	1,049	0.156	1,071	0.121	1008	0.125	1008	0.131	1008	0.097	1071	0.103	1071	0.091	1062
46	0.145	1,058	0.134	1,072	0.153	1,095	0.118	1030	0.122	1030	0.128	1030	0.095	1095	0.100	1095	0.089	1082
47	0.142	1,081	0.131	1,095	0.149	1,119	0.116	1053	0.120	1053	0.125	1053	0.093	1119	0.098	1119	0.087	1109
48	0.139	1,104	0.128	1,118	0.146	1,142	0.113	1075	0.117	1075	0.123	1075	0.091	1142	0.096	1142	0.086	1133
49	0.136	1,127	0.126	1,142	0.143	1,166	0.111	1098	0.115	1098	0.120	1098	0.089	1166	0.094	1166	0.084	1156
50	0.133	1,150	0.123	1,165	0.140	1,190	0.109	1120	0.113	1120	0.118	1120	0.087	1190	0.092	1190	0.082	1180
51	0.130	1,173	0.121	1,188	0.138	1,214	0.107	1142	0.110	1142	0.116	1142						
52	0.128	1,196	0.118	1,212	0.135	1,238	0.105	1165	0.108	1165	0.113	1165						
53	0.126	1,219	0.116	1,235	0.132	1,261	0.103	1187	0.106	1187	0.111	1187						
54	0.123	1,242	0.114	1,258	0.130	1,285	0.101	1210	0.104	1210	0.109	1210						
55	0.121	1,265	0.112	1,282	0.128	1,309	0.099	1232	0.102	1232	0.107	1232						
56	0.119	1,288	0.110	1,305	0.125	1,333	0.097	1254	0.100	1254	0.105	1254						
57	0.117	1,311	0.108	1,328	0.123	1,357	0.096	1277	0.099	1277	0.103	1277						
58	0.115	1,334	0.106	1,351	0.121	1,380	0.094	1299	0.100	1299	0.105	1299						
59	0.113	1,357	0.104	1,375	0.119	1,404	0.092	1322	0.095	1322	0.100	1322						
60	0.111	1,380	0.103	1,398	0.117	1,428	0.091	1344	0.094	1344	0.098	1344						

Fuente: Central de monitoreo COMARSA

TABLA 4.3. CUADRO DE RENDIMIENTO DE EQUIPOS AUXILIARES DE CARGUÍO

COMARSA	EQUIPOS DE CARGUÍO - AUXILIARES																	
	966G		966H		L150E		L150F		EC460		EC360		330CL		PC300		320LC	
TM/VIE	23.5 Tonel.		23.5 Tonel.		23.5 Tonel.		23.5 Tonel.		23.6 Tonel.		23.5 Tonel.		23.5 Tonel.		23.5 Tonel.		23.5 Tonel.	
PASES/VOLQ.	3 1/2 Ó 4		3 1/2 Ó 4		3 1/2 Ó 4		3 1/2 Ó 4		4 Ó 5		5 Ó 6		5 Ó 6		5 Ó 6		6	
US\$/HR.	\$88.00		\$91.00		\$77.50		\$79.00		\$120.00		\$96.00		\$90.50		\$86.50		\$81.50	
	US\$	TM/HRA	US\$	TM/HRA	US\$	TM/HRA	US\$	TM/HRA	US\$	TM/HRA	US\$	TM/HRA	US\$	TM/HRA	US\$	TM/HRA	US\$	TM/HRA
20	0.187	470	0.194	470	0.165	470	0.168	470	0.255	470	0.204	470	0.193	470	0.184	470	0.173	470
21	0.178	494	0.184	494	0.157	494	0.160	494	0.243	494	0.195	494	0.183	494	0.175	494	0.165	494
22	0.170	517	0.176	517	0.150	517	0.153	517	0.232	517	0.186	517	0.175	517	0.167	517	0.158	517
23	0.163	541	0.168	541	0.143	541	0.146	541	0.220	541	0.178	541	0.167	541	0.160	541	0.151	541
24	0.156	564	0.161	564	0.137	564	0.140	564	0.213	564	0.170	564	0.160	564	0.153	564	0.145	564
25	0.150	588	0.155	588	0.132	588	0.134	588	0.204	588	0.163	588	0.154	588	0.147	588	0.139	588
26	0.144	611	0.149	611	0.127	611	0.129	611	0.196	611	0.157	611	0.148	611	0.142	611	0.133	611
27	0.139	635	0.143	635	0.122	635	0.125	635	0.189	635	0.151	635	0.143	635	0.136	635	0.128	635
28	0.134	658	0.138	658	0.118	658	0.120	658	0.182	658	0.146	658	0.138	658	0.131	658	0.124	658
29	0.129	682	0.134	682	0.114	682	0.116	682	0.176	682	0.141	682	0.133	682	0.127	682	0.120	682
30	0.125	705	0.129	705	0.110	705	0.112	705	0.170	705	0.136	705	0.128	705	0.123	705	0.116	705
31	0.121	729	0.125	729	0.106	729	0.108	729	0.165	729	0.132	729	0.124	729	0.119	729	0.112	729
32	0.117	752	0.121	752	0.103	752	0.105	752	0.160	752	0.128	752	0.120	752	0.115	752	0.108	752
33	0.113	776	0.117	776	0.100	776	0.102	776	0.155	776	0.124	776	0.117	776	0.112	776	0.105	776
34	0.110	799	0.114	799	0.097	799	0.099	799	0.150	799	0.120	799	0.113	799	0.108	799	0.102	799
35	0.107	823	0.111	823	0.094	823	0.096	823	0.146	823	0.117	823	0.110	823	0.105	823	0.099	823
36	0.104	846	0.108	846	0.092	846	0.093	846	0.142	846	0.113	846	0.107	846	0.102	846	0.096	846
37	0.101	870	0.105	870	0.089	870	0.091	870	0.138	870	0.110	870	0.104	870	0.099	870	0.094	870
38	0.099	893	0.108	893	0.087	893	0.088	893	0.134	893	0.108	893	0.101	893	0.097	893	0.091	893
39	0.096	917	0.099	917	0.085	917	0.086	917	0.131	917	0.105	917	0.099	917	0.094	917	0.089	917
40	0.094	940	0.097	940	0.082	940	0.084	940	0.128	940	0.102	940	0.096	940	0.092	940	0.087	940
41	0.091	964	0.094	964	0.080	964	0.082	964	0.125	964	0.100	964	0.094	964	0.090	964	0.085	964
42	0.089	987	0.092	987	0.079	987	0.080	987	0.122	987	0.097	987	0.092	987	0.088	987	0.083	980
43	0.087	1011	0.090	1011	0.077	1011	0.078	1011	0.119	1011	0.095	1011	0.090	1011	0.086	1011	0.081	1011
44	0.085	1034	0.088	1034	0.075	1034	0.076	1034	0.116	1034	0.093	1034	0.088	1034	0.084	1034	0.079	1034
45	0.083	1058	0.086	1058	0.073	1058	0.075	1058	0.113	1058	0.091	1058	0.860	1058	0.082	1058	0.077	1058
46	0.081	1081	0.084	1081	0.072	1081	0.073	1081	0.111	1081	0.089	1081	0.084	1081	0.080	1081	0.075	1081
47	0.080	1105	0.082	1105	0.070	1105	0.072	1105	0.109	1105	0.087	1105	0.087	1105	0.078	1105	0.074	1105
48	0.078	1128	0.081	1128	0.069	1128	0.070	1128	0.106	1128	0.085	1128	0.080	1128	0.077	1128	0.072	1128
49	0.076	1152	0.079	1152	0.067	1152	0.069	1152	0.104	1152	0.083	1152	0.079	1152	0.075	1152	0.071	1152
50	0.075	1175	0.077	1175	0.066	1175	0.067	1175	0.102	1175	0.082	1175	0.077	1175	0.074	1175	0.069	1175

Fuente: Central de monitoreo COMARSA

TABLA 4.4. TARIFAS DE EQUIPOS DE CARGUÍO, REMOCIÓN Y AUXILIARES

TARIFAS EQUIPOS DE CARGUÍO - REMOCIÓN - AUXILIARES				
TIPO	DESCRIPCION	MARCA	UNIDAD	TARIFA ACTUAL
				US\$/Hr.
EXCAVADORAS	PC600	KOMATSU	US\$/Hr.	153.00
	PC300	KOMATSU	US\$/Hr.	86.50
	330BL	CAT	US\$/Hr.	90.50
	330CL	CAT	US\$/Hr.	90.50
	345BL	CAT	US\$/Hr.	122.00
	345CL	CAT	US\$/Hr.	126.00
	345DL	CAT	US\$/Hr.	132.00
	365BL	CAT	US\$/Hr.	143.50
	365CL	CAT	US\$/Hr.	167.00
	320LC	HYUNDAI	US\$/Hr.	81.50
	EC360	VOLVO	US\$/Hr.	96.00
EC460	VOLVO	US\$/Hr.	120.00	
CARGADOR FRONTAL	9806	CAT	US\$/Hr.	104.00
	980H	CAT	US\$/Hr.	110.00
	WA500	KOMATSU	US\$/Hr.	97.00
	966G	CAT	US\$/Hr.	88.00
	966H	CAT	US\$/Hr.	91.00
	L120C	VOLVO	US\$/Hr.	53.00
	L150C	VOLVO	US\$/Hr.	76.50
	L150E	VOLVO	US\$/Hr.	77.50
	L150F	VOLVO	US\$/Hr.	79.00
	L180C	VOLVO	US\$/Hr.	83.70
	L180D	VOLVO	US\$/Hr.	83.70
	LG968	SDLG	US\$/Hr.	64.30
950G	CAT	US\$/Hr.	50.60	
EQUIPOS REMOCIÓN	D8N	CAT	US\$/Hr.	105.00
	D8R	CAT	US\$/Hr.	107.00
	D8T	CAT	US\$/Hr.	114.00
	D155AX	KOMATSU	US\$/Hr.	110.00
	D9L	CAT	US\$/Hr.	126.00
EQUIPOS EMPUJE	D6D	CAT	US\$/Hr.	53.00
	D6G	CAT	US\$/Hr.	54.50
	D6R	CAT	US\$/Hr.	71.00
	D65E	KOTMATSU	US\$/Hr.	55.50
	D65EX	KOTMATSU	US\$/Hr.	56.50
	280C	MICHIGAN	US\$/Hr.	86.00
	814F	CAT	US\$/Hr.	82.00
MOTONIVE LADORA	GD611A	KOMATSU	US\$/Hr.	68.00
	GD675A	KOMATSU	US\$/Hr.	67.00
	G940	VOLVO	US\$/Hr.	73.00
	140H-K	CAT	US\$/Hr.	61.50
	160H	CAT	US\$/Hr.	68.50
RODILLOS	CS-533C	CAT	US\$/Hr.	43.00
	CS-533E	CAT	US\$/Hr.	43.00
	CS-563E	CAT	US\$/Hr.	43.00
	BW211D	BOOMAG	US\$/Hr.	38.50
	BW212D	BOOMAG	US\$/Hr.	38.50
RETROEXCAVADORA	416E	CAT	US\$/Hr.	39.00
	WB96R	KOTMATSU	US\$/Hr.	38.40
	WB140	KOTMATSU	US\$/Hr.	38.40
	WB146	KOTMATSU	US\$/Hr.	38.40
	420E	CAT	US\$/Hr.	39.00

Fuente: Central de monitoreo COMARSA

CAPITULO V: ANÁLISIS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS OPERATIVOS

Los datos del carguío y acarreo fueron tomados en un tiempo real, se recopiló información sobre resultados de la operación y en coordinación con el área de costos se estableció datos estándares de los equipos de carguío y acarreo, así como el desempeño del equipo tomando en cuenta que los datos corresponden a equipos nuevos en operación.

Para el estudio de este proyecto se tomó en cuenta solo tres equipos de carguío que actualmente vienen trabajando en la mina Comarsa.

A continuación se detallan los equipos de carguío, con sus respectivos estándares de trabajo.

TABLA 5.1. RENDIMIENTOS DE EQUIPOS DE CARGUÍO

	365 CL	PC - 600	980 - H
Factor de carguío (Tm)	23.8	23	23.8
\$ / Hr	167	153	110
Viajes / Hora	42	39	34
Tonelaje (Tm)	1000	897	809
\$ / Tm.	0.167	0.171	0.136

Fuente: COMARSA

5.1 ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE PRODUCTIVIDAD Y COSTOS ANTES Y DESPUÉS DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PDAS

Para el siguiente análisis se tomó una data de dos meses, en los diferentes frentes de carguío de toda la mina.

5.1.1 Productividad y costos operativos de equipos de carguío

Se tomarán datos de campo con los dos equipos de carguío que se trabaja actualmente como la excavadora y el cargador frontal.

5.1.1.1 Productividad y costos operativos de excavadoras

En este caso tomaremos para nuestro análisis las excavadoras 365CI-2 y PC600-7 de la contrata Andean Management.

En las siguientes tablas se detallan la productividad y costos operativos antes y después de la implementación del PDAs.

TABLA 5.2. DATOS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS ANTES DEL PDAs

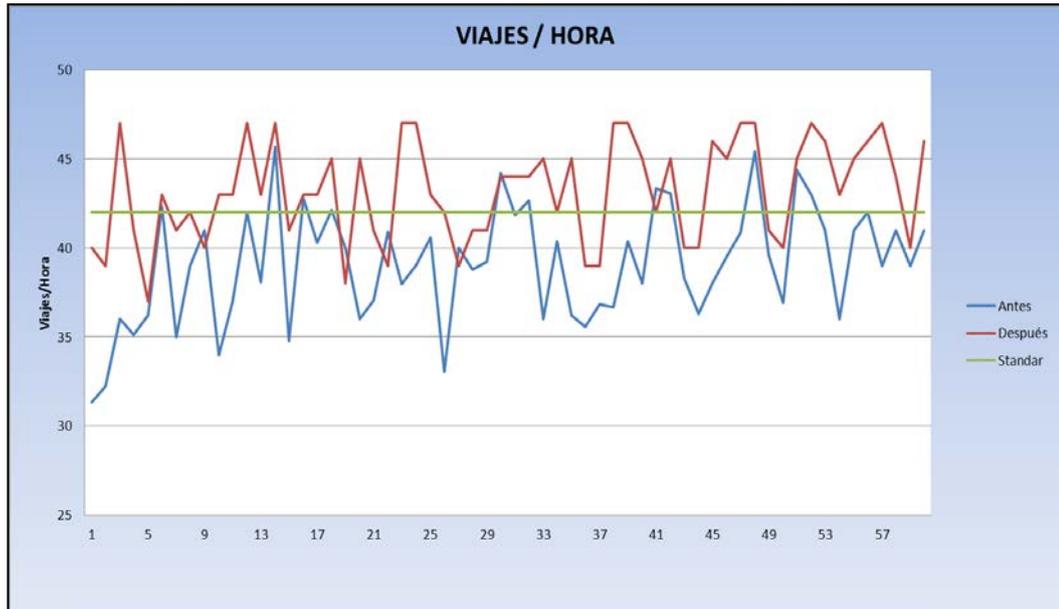
EQUIPO DE CARGUÍO 365CL-2 ANDEAN									
FACTOR DE CARGUÍO = 23.8 Tm							Costo equipo = \$ 167.00/Hr		
Nro	Guardias	Horas Disp.	Horas ef.	Viajes	Tonelaje	Tonelaje/Hora	Viajes/Hora	Costo total(\$)	\$/Tm
1	1 A	10.67	9.67	303	7211	746	31	1614.9	0.224
2	1 B	6.85	6.05	195	4641	767	32	1010.4	0.218
3	2 A	3.02	1.98	71	1696	857	36	330.7	0.195
4	2 B	6.68	6.35	223	5307	836	35	1060.5	0.200
5	3 A	10.67	9.83	356	8473	862	36	1641.6	0.194
6	3 B	10.67	9.90	419	9972	1007	42	1653.3	0.166
7	4 A	9.80	8.08	283	6731	833	35	1349.4	0.200
8	4 B	10.67	9.07	354	8419	928	39	1514.7	0.180
9	5 A	10.51	10.25	420	10002	976	41	1711.8	0.171
10	5 B	9.40	8.00	272	6474	809	34	1336.0	0.206
11	6 A	10.55	10.43	386	9185	881	37	1741.8	0.190
12	6 B	10.52	9.73	409	9726	1000	42	1624.9	0.167
13	7 A	6.25	6.17	235	5593	906	38	1030.4	0.184
14	7 B	10.67	10.20	466	11091	1087	46	1703.4	0.154
15	8 A	10.42	9.63	335	7973	828	35	1608.2	0.202
16	8 B	10.45	10.03	429	10210	1018	43	1675.0	0.164
17	9 A	10.67	10.20	411	9782	959	40	1703.4	0.174
18	9 B	10.67	8.78	370	8806	1003	42	1466.3	0.167
19	10 A	10.50	9.85	394	9377	952	40	1645.0	0.175
20	10 B	9.50	8.10	292	6940	857	36	1352.7	0.195
21	11 A	4.95	4.70	174	4141	881	37	784.9	0.190
22	11 B	10.67	10.27	420	9996	973	41	1715.1	0.172
23	12 A	8.70	7.98	303	7211	904	38	1332.7	0.185
24	12 B	10.67	10.02	391	9306	929	39	1673.3	0.180
25	13 A	10.50	10.47	425	10115	966	41	1748.5	0.173
26	13 B	10.67	4.33	143	3403	786	33	723.1	0.212
27	14 A	10.40	10.37	415	9872	952	40	1731.8	0.175
28	14 B	10.58	9.80	380	9044	923	39	1636.6	0.181
29	15 A	10.67	10.12	397	9449	934	39	1690.0	0.179
30	15 B	10.57	10.38	459	10924	1052	44	1733.5	0.159
31	16 A	10.67	10.30	431	10258	996	42	1720.1	0.168
32	16 B	10.67	8.58	366	8711	1015	43	1432.9	0.164
33	17 A	10.38	9.75	351	8354	857	36	1628.3	0.195
34	17 B	10.67	9.93	401	9544	961	40	1658.3	0.174
35	18 A	10.50	10.22	370	8806	862	36	1706.7	0.194
36	18 B	10.55	9.95	354	8425	847	36	1661.7	0.197
37	19 A	10.67	9.67	356	8473	876	37	1614.9	0.191
38	19 B	8.10	7.58	278	6616	873	37	1265.9	0.191
39	20 A	10.67	10.15	410	9758	961	40	1695.1	0.174
40	20 B	10.47	5.73	218	5182	904	38	956.9	0.185
41	21 A	10.67	10.43	452	10758	1031	43	1741.8	0.162
42	21 B	10.50	9.85	424	10091	1024	43	1645.0	0.163
43	22 A	10.55	10.52	403	9591	912	38	1756.8	0.183
44	22 B	6.13	5.65	205	4879	864	36	943.6	0.193
45	23 A	10.52	10.52	400	9514	904	38	1756.8	0.185
46	23 B	10.53	10.25	405	9639	940	40	1711.8	0.178
47	24 A	8.53	8.20	335	7973	972	41	1369.4	0.172
48	24 B	5.00	4.05	184	4379	1081	45	676.4	0.154
49	25 A	10.67	10.53	417	9925	943	40	1758.5	0.177
50	25 B	9.83	8.48	313	7449	878	37	1416.2	0.190
51	26 A	10.67	9.85	437	10401	1056	44	1645.0	0.158
52	26 B	10.40	9.25	398	9466	1023	43	1544.8	0.163
53	27 A	10.54	8.5	349	8294	976	41	1419.5	0.171
54	27 B	10.40	9.6	346	8225	857	36	1603.2	0.195
55	28 A	10.35	10.2	418	9953	976	41	1703.4	0.171
56	28 B	10.30	10.15	426	10146	1000	42	1695.1	0.167
57	29 A	10.20	9.87	385	9161	928	39	1648.3	0.180
58	29 B	10.54	10.25	420	10002	976	41	1711.8	0.171
59	30 A	10.60	9.87	385	9161	928	39	1648.3	0.180
60	30 B	10.10	10.0	410	9758	976	41	1670.0	0.171
TOTAL		587.90	538.62	21175	503965	930	39	89949.5	0.181

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.3. DATOS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS DESPUÉS DEL PDAs

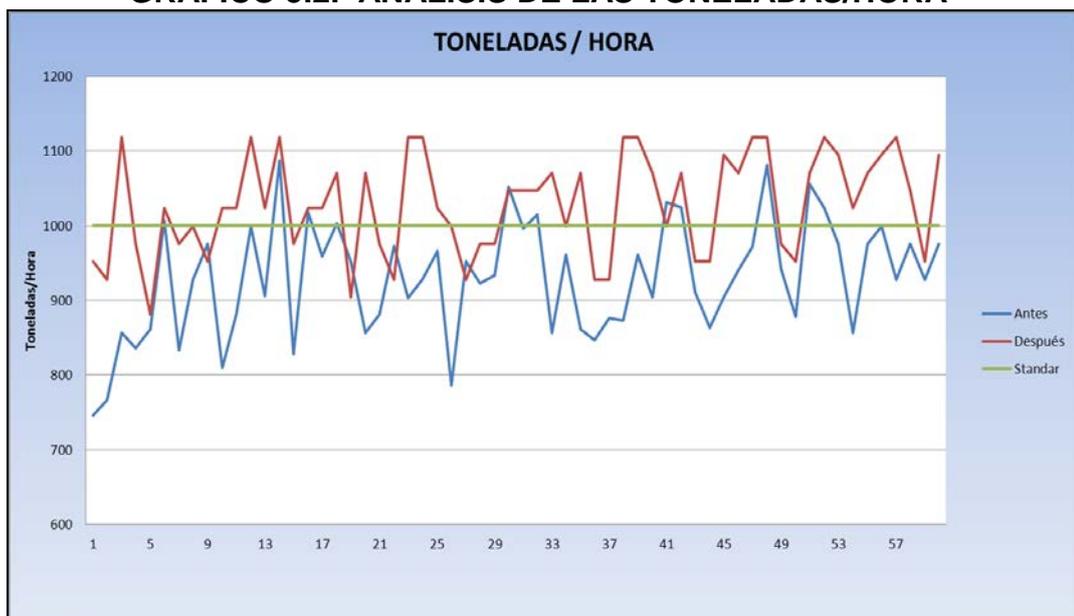
EQUIPO DE CARGUÍO 365CL-2 ANDEAN									
FACTOR DE CARGUÍO = 23.8 Tm							Costo equipo = \$ 167.00/Hr		
Nro	Guardias	Horas Disp.	Horas ef.	Viajes	Tonelaje	Tonelaje/Hora	Viajes/Hora	Costo total(\$)	\$/Tm
1	1 A	10.50	10.10	404	9615	952	40	1686.7	0.175
2	1 B	9.80	8.50	332	7890	928	39	1419.5	0.180
3	2 A	8.60	7.90	371	8837	1119	47	1319.3	0.149
4	2 B	10.20	8.50	349	8294	976	41	1419.5	0.171
5	3 A	10.50	9.83	364	8656	881	37	1641.6	0.190
6	3 B	10.23	8.40	361	8597	1023	43	1402.8	0.163
7	4 A	10.10	9.50	390	9270	976	41	1586.5	0.171
8	4 B	9.80	9.00	378	8996	1000	42	1503.0	0.167
9	5 A	9.56	8.90	356	8473	952	40	1486.3	0.175
10	5 B	10.23	10.00	430	10234	1023	43	1670.0	0.163
11	6 A	9.87	9.40	404	9620	1023	43	1569.8	0.163
12	6 B	10.30	10.10	475	11298	1119	47	1686.7	0.149
13	7 A	9.90	9.00	387	9211	1023	43	1503.0	0.163
14	7 B	10.10	9.20	432	10291	1119	47	1536.4	0.149
15	8 A	10.37	9.50	390	9270	976	41	1586.5	0.171
16	8 B	10.05	10.00	430	10234	1023	43	1670.0	0.163
17	9 A	9.88	10.10	434	10336	1023	43	1686.7	0.163
18	9 B	10.33	9.90	446	10603	1071	45	1653.3	0.156
19	10 A	9.80	9.40	357	8501	904	38	1569.8	0.185
20	10 B	9.90	9.10	410	9746	1071	45	1519.7	0.156
21	11 A	8.50	8.00	328	7806	976	41	1336.0	0.171
22	11 B	10.40	10.10	394	9375	928	39	1686.7	0.180
23	12 A	10.40	10.10	475	11298	1119	47	1686.7	0.149
24	12 B	10.20	10.10	475	11298	1119	47	1686.7	0.149
25	13 A	10.40	10.10	434	10336	1023	43	1686.7	0.163
26	13 B	10.30	9.90	416	9896	1000	42	1653.3	0.167
27	14 A	9.90	9.20	359	8539	928	39	1536.4	0.180
28	14 B	10.20	8.00	328	7806	976	41	1336.0	0.171
29	15 A	10.50	9.10	373	8880	976	41	1519.7	0.171
30	15 B	10.70	10.20	449	10681	1047	44	1703.4	0.159
31	16 A	9.90	9.30	409	9739	1047	44	1553.1	0.159
32	16 B	9.80	8.90	392	9320	1047	44	1486.3	0.159
33	17 A	8.90	8.00	360	8568	1071	45	1336.0	0.156
34	17 B	9.60	9.10	382	9096	1000	42	1519.7	0.167
35	18 A	10.00	9.50	428	10175	1071	45	1586.5	0.156
36	18 B	10.80	10.40	406	9653	928	39	1736.8	0.180
37	19 A	10.60	10.30	402	9560	928	39	1720.1	0.180
38	19 B	10.45	10.10	475	11298	1119	47	1686.7	0.149
39	20 A	10.20	9.00	423	10067	1119	47	1503.0	0.149
40	20 B	10.80	10.10	455	10817	1071	45	1686.7	0.156
41	21 A	10.40	9.60	403	9596	1000	42	1603.2	0.167
42	21 B	10.30	10.10	455	10817	1071	45	1686.7	0.156
43	22 A	10.25	10.10	404	9615	952	40	1686.7	0.175
44	22 B	9.80	6.00	240	5712	952	40	1002.0	0.175
45	23 A	9.90	7.90	363	8649	1095	46	1319.3	0.153
46	23 B	9.60	9.50	428	10175	1071	45	1586.5	0.156
47	24 A	10.40	10.30	484	11522	1119	47	1720.1	0.149
48	24 B	10.40	10.10	475	11298	1119	47	1686.7	0.149
49	25 A	10.60	10.20	418	9953	976	41	1703.4	0.171
50	25 B	10.20	10.00	400	9520	952	40	1670.0	0.175
51	26 A	9.90	9.50	428	10175	1071	45	1586.5	0.156
52	26 B	9.90	9.4	442	10515	1119	47	1569.8	0.149
53	27 A	9.80	9.6	442	10510	1095	46	1603.2	0.153
54	27 B	9.40	8.4	361	8597	1023	43	1402.8	0.163
55	28 A	8.40	8.2	369	8782	1071	45	1369.4	0.156
56	28 B	7.40	7.2	331	7883	1095	46	1202.4	0.153
57	29 A	9.80	9.2	432	10291	1119	47	1536.4	0.149
58	29 B	10.20	10.1	444	10577	1047	44	1686.7	0.159
59	30 A	10.60	9.2	368	8758	952	40	1536.4	0.175
60	30 B	9.45	8.4	386	9196	1095	46	1402.8	0.153
TOTAL		599.27	558.83	24131	574323	1028	43	93324.6	0.163

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 5.1. ANÁLISIS DE LOS VIAJES/HORA

Fuente: Elaboración propia

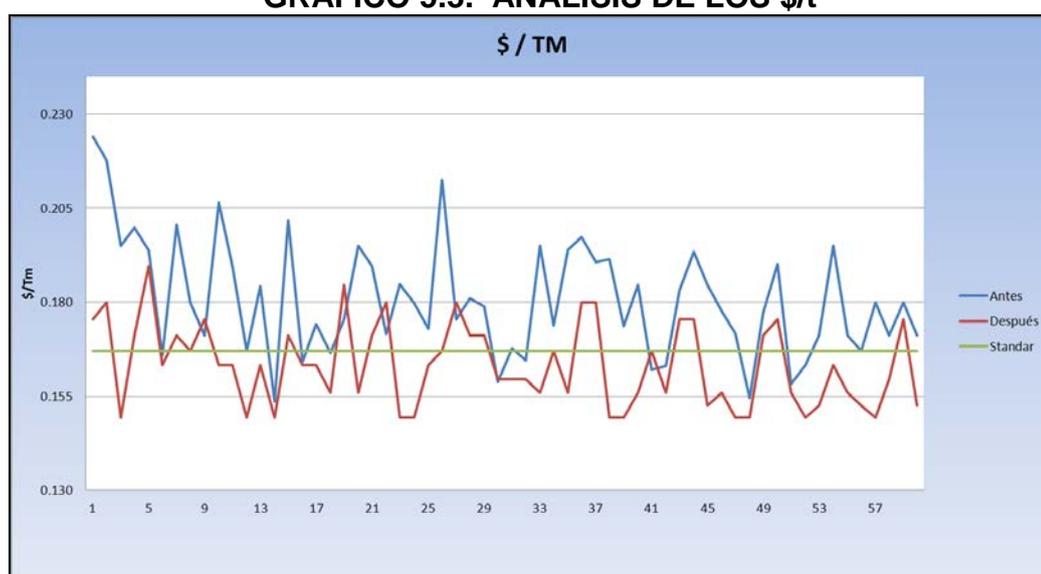
El gráfico muestra la variabilidad de los viajes/hora de carguío de material, antes de la implementación se obtuvo un 93% de rendimiento con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un rendimiento al 102%, logrando un aumento de viajes/hora de 2%.

GRÁFICO 5.2. ANÁLISIS DE LAS TONELADAS/HORA

Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra la variabilidad de las toneladas/hora de carguío de material, antes de la implementación se obtuvo un 93% de tonelaje con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un tonelaje/hora al 103%, logrando un aumento de tonelaje/hora de 3%.

GRÁFICO 5.3. ANÁLISIS DE LOS \$/t



Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra la variabilidad de los costos operacionales (\$/t) de carguío de material, antes de la implementación había un costo elevado en 10% con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un costo que se redujo al 93%, logrando así reducir el costo/tonelada en un 7% debajo del estándar.

a) Comparación de la productividad y costos antes y después de la implementación del PDAs para la excavadora 365CL-2.

A continuación se muestra la tabla de los datos antes y después de la implementación del PDA, allí podemos notar la diferencia que se establece con este nuevo sistema de control de equipos, a una igualdad de horas programadas.

TABLA 5.4. ANÁLISIS DE COSTOS Y PRODUCTIVIDAD

	Horas Disponibles	Horas Efectivas	Horas programadas	Viajes	Tonelaje	Tonelaje/Hora	Viajes/Hora	Costo total \$	\$/Tm
ANTES	587.90	538.62	620.00	21175	503965	930	39	89949.54	0.181
DESPUÉS	599.27	558.83	620.00	24131	574323	1028	43	93324.61	0.163
Diferencia		20.21		2956	70358				0.018

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que hubo un aumento de horas efectivas de 20.21 horas, de la excavadora 365CL-2 de la contrata Andean Management.

Así también un aumento de tonelaje de 70358 de material, lo que equivale aproximadamente a un día de trabajo, es decir dos guardias.

En cuanto a los costos, se pudo reducir a un promedio de 0.018 \$/t.

TABLA 5.5. DATOS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS ANTES DEL PDAs

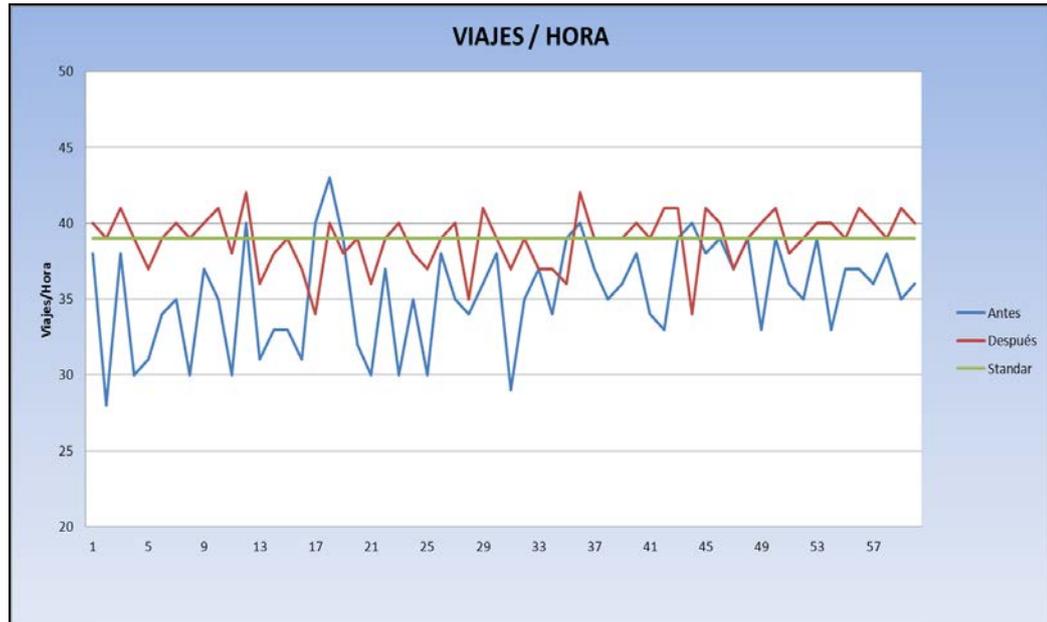
EQUIPO DE CARGUÍO PC600-7 ANDEAN									
FACTOR DE CARGUÍO = 23 Tm							Costo equipo = \$ 153.00/Hr		
Nro	Guardias	Horas Disp.	Horas ef.	Viajes	Tonelaje	Tonelaje/Hora	Viajes/Hora	Costo total(\$)	\$/Tm
1	1 A	8.90	6.00	228	5244	874	38	918.0	0.175
2	1 B	10.67	6.00	168	3864	644	28	918.0	0.238
3	2 A	5.00	3.63	138	3173	874	38	555.4	0.175
4	2 B	10.67	8.88	266	6127	690	30	1358.6	0.222
5	3 A	10.67	9.40	291	6702	713	31	1438.2	0.215
6	3 B	10.42	10.07	342	7875	782	34	1540.7	0.196
7	4 A	10.67	9.50	333	7648	805	35	1453.5	0.190
8	4 B	10.67	10.27	308	7086	690	30	1571.3	0.222
9	5 A	10.67	9.98	369	8493	851	37	1526.9	0.180
10	5 B	10.40	7.27	254	5852	805	35	1112.3	0.190
11	6 A	10.50	8.93	268	6162	690	30	1366.3	0.222
12	6 B	9.40	5.92	237	5446	920	40	905.8	0.166
13	7 A	10.67	9.90	307	7059	713	31	1514.7	0.215
14	7 B	10.67	7.90	261	5996	759	33	1208.7	0.202
15	8 A	10.67	7.70	254	5844	759	33	1178.1	0.202
16	8 B	10.67	8.80	273	6274	713	31	1346.4	0.215
17	9 A	10.67	10.53	421	9688	920	40	1611.1	0.166
18	9 B	10.67	9.97	429	9860	989	43	1525.4	0.155
19	10 A	10.67	10.48	409	9401	897	39	1603.4	0.171
20	10 B	8.82	7.20	230	5299	736	32	1101.6	0.208
21	11 A	10.67	10.38	311	7162	690	30	1588.1	0.222
22	11 B	10.02	9.68	358	8238	851	37	1481.0	0.180
23	12 A	10.67	9.52	286	6569	690	30	1456.6	0.222
24	12 B	9.78	9.27	324	7462	805	35	1418.3	0.190
25	13 A	10.67	10.33	310	7128	690	30	1580.5	0.222
26	13 B	10.17	9.75	371	8522	874	38	1491.8	0.175
27	14 A	10.67	10.03	351	8074	805	35	1534.6	0.190
28	14 B	10.67	9.98	339	7804	782	34	1526.9	0.196
29	15 A	10.67	7.37	265	6102	828	36	1127.6	0.185
30	15 B	10.48	9.69	368	8469	874	38	1482.6	0.175
31	16 A	10.67	7.42	215	4949	667	29	1135.3	0.229
32	16 B	10.38	9.42	330	7583	805	35	1441.3	0.190
33	17 A	10.67	9.30	344	7914	851	37	1422.9	0.180
34	17 B	6.50	6.50	221	5083	782	34	994.5	0.196
35	18 A	10.67	10.18	397	9131	897	39	1557.5	0.171
36	18 B	10.40	9.57	383	8804	920	40	1464.2	0.166
37	19 A	10.67	10.53	390	8961	851	37	1611.1	0.180
38	19 B	10.20	10.20	357	8211	805	35	1560.6	0.190
39	20 A	9.80	9.40	338	7783	828	36	1438.2	0.185
40	20 B	9.60	9.10	346	7953	874	38	1392.3	0.175
41	21 A	10.00	9.50	323	7429	782	34	1453.5	0.196
42	21 B	10.00	9.60	317	7286	759	33	1468.8	0.202
43	22 A	9.60	9.30	363	8342	897	39	1422.9	0.171
44	22 B	9.38	9.10	364	8372	920	40	1392.3	0.166
45	23 A	10.37	10.37	394	9063	874	38	1586.6	0.175
46	23 B	10.57	10.48	409	9401	897	39	1603.4	0.171
47	24 A	10.67	10.28	380	8748	851	37	1572.8	0.180
48	24 B	10.97	9.77	381	8764	897	39	1494.8	0.171
49	25 A	10.27	10.25	338	7780	759	33	1568.3	0.202
50	25 B	8.23	8.86	346	7947	897	39	1355.6	0.171
51	26 A	10.43	8.98	323	7435	828	36	1373.9	0.185
52	26 B	10.67	9.58	335	7712	805	35	1465.7	0.190
53	27 A	10.67	9.58	374	8593	897	39	1465.7	0.171
54	27 B	10.67	10.25	338	7780	759	33	1568.3	0.202
55	28 A	10.67	10.55	390	8978	851	37	1614.2	0.180
56	28 B	10.67	9.98	369	8493	851	37	1526.9	0.180
57	29 A	10.50	10.3	371	8528	828	36	1575.9	0.185
58	29 B	5.00	4.62	176	4038	874	38	706.9	0.175
59	30 A	6.90	6.7	235	5394	805	35	1025.1	0.190
60	30 B	9.85	9.3	336	7725	828	36	1427.5	0.185
TOTAL		591.89	543.33	19252	442806	814	35	83129.5	0.190

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.6. DATOS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS DESPUÉS DEL PDAs

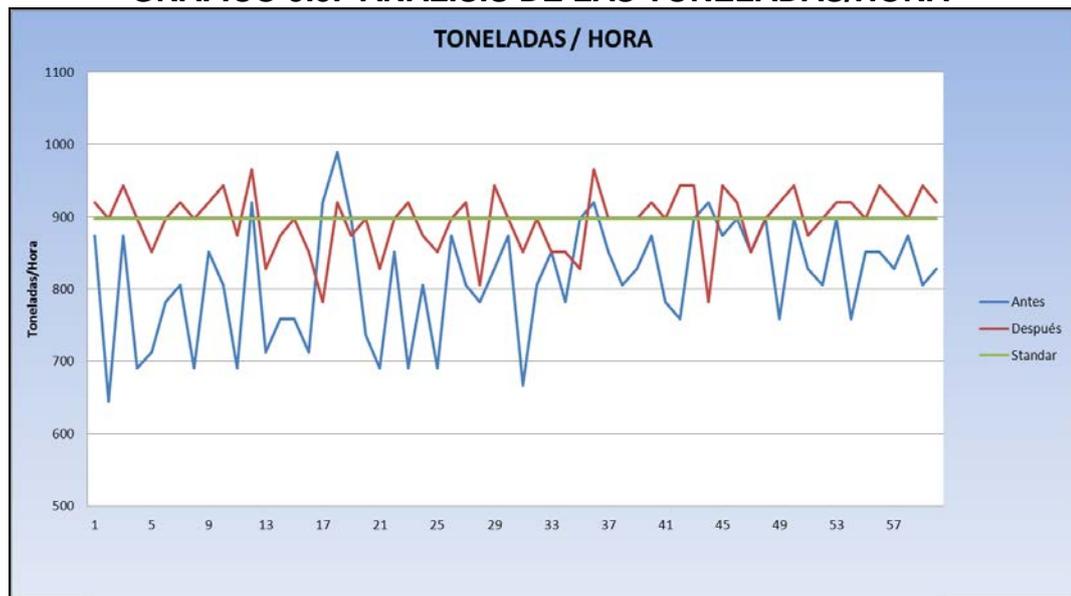
EQUIPO DE CARGUÍO PC600-7 ANDEAN									
FACTOR DE CARGUÍO = 23 Tm							Costo equipo = \$ 153.00/Hr		
Nro	Guardias	Horas Disp.	Horas ef.	Viajes	Tonelaje	Tonelaje/Hora	Viajes/Hora	Costo total(\$)	\$/Tm
1	1 A	10.20	9.80	392	9016	920	40	1499.4	0.166
2	1 B	9.80	6.90	269	6189	897	39	1055.7	0.171
3	2 A	8.90	8.70	357	8204	943	41	1331.1	0.162
4	2 B	10.60	10.50	410	9419	897	39	1606.5	0.171
5	3 A	10.50	10.20	377	8680	851	37	1560.6	0.180
6	3 B	9.80	8.90	347	7983	897	39	1361.7	0.171
7	4 A	10.10	9.90	396	9108	920	40	1514.7	0.166
8	4 B	10.30	10.20	398	9149	897	39	1560.6	0.171
9	5 A	9.56	9.10	364	8372	920	40	1392.3	0.166
10	5 B	10.30	10.20	418	9619	943	41	1560.6	0.162
11	6 A	10.30	10.10	384	8827	874	38	1545.3	0.175
12	6 B	10.20	10.00	420	9660	966	42	1530.0	0.158
13	7 A	10.00	9.80	353	8114	828	36	1499.4	0.185
14	7 B	10.00	8.90	338	7779	874	38	1361.7	0.175
15	8 A	10.40	10.30	402	9239	897	39	1575.9	0.171
16	8 B	10.40	10.10	374	8595	851	37	1545.3	0.180
17	9 A	9.90	9.70	330	7585	782	34	1484.1	0.196
18	9 B	10.20	9.80	392	9016	920	40	1499.4	0.166
19	10 A	10.30	9.90	376	8653	874	38	1514.7	0.175
20	10 B	10.40	10.20	398	9149	897	39	1560.6	0.171
21	11 A	10.20	10.10	364	8363	828	36	1545.3	0.185
22	11 B	10.00	9.40	367	8432	897	39	1438.2	0.171
23	12 A	10.00	9.60	384	8832	920	40	1468.8	0.166
24	12 B	9.80	8.90	338	7779	874	38	1361.7	0.175
25	13 A	8.50	7.90	292	6723	851	37	1208.7	0.180
26	13 B	10.20	9.87	385	8853	897	39	1510.1	0.171
27	14 A	10.00	9.80	392	9016	920	40	1499.4	0.166
28	14 B	10.30	10.20	357	8211	805	35	1560.6	0.190
29	15 A	10.20	10.10	414	9524	943	41	1545.3	0.162
30	15 B	10.20	10.10	394	9060	897	39	1545.3	0.171
31	16 A	10.30	10.20	377	8680	851	37	1560.6	0.180
32	16 B	9.80	9.50	371	8522	897	39	1453.5	0.171
33	17 A	10.20	9.40	348	7999	851	37	1438.2	0.180
34	17 B	10.20	9.80	363	8340	851	37	1499.4	0.180
35	18 A	10.30	9.90	356	8197	828	36	1514.7	0.185
36	18 B	10.20	9.70	407	9370	966	42	1484.1	0.158
37	19 A	10.10	9.50	371	8522	897	39	1453.5	0.171
38	19 B	10.20	9.50	371	8522	897	39	1453.5	0.171
39	20 A	10.10	9.80	382	8791	897	39	1499.4	0.171
40	20 B	10.40	10.30	412	9476	920	40	1575.9	0.166
41	21 A	10.30	10.20	398	9149	897	39	1560.6	0.171
42	21 B	10.50	10.30	422	9713	943	41	1575.9	0.162
43	22 A	10.40	9.40	385	8864	943	41	1438.2	0.162
44	22 B	9.90	9.40	320	7351	782	34	1438.2	0.196
45	23 A	10.50	10.00	410	9430	943	41	1530.0	0.162
46	23 B	9.60	9.40	376	8648	920	40	1438.2	0.166
47	24 A	10.40	10.20	377	8680	851	37	1560.6	0.180
48	24 B	10.20	9.40	367	8432	897	39	1438.2	0.171
49	25 A	9.50	8.70	348	8004	920	40	1331.1	0.166
50	25 B	9.60	8.90	365	8393	943	41	1361.7	0.162
51	26 A	9.60	7.90	300	6905	874	38	1208.7	0.175
52	26 B	9.90	9.5	371	8522	897	39	1453.5	0.171
53	27 A	10.20	9.6	384	8832	920	40	1468.8	0.166
54	27 B	9.50	9.4	376	8648	920	40	1438.2	0.166
55	28 A	10.30	9.9	386	8880	897	39	1514.7	0.171
56	28 B	10.20	8.9	365	8393	943	41	1361.7	0.162
57	29 A	10.50	10.4	416	9568	920	40	1591.2	0.166
58	29 B	10.30	9.8	382	8791	897	39	1499.4	0.171
59	30 A	10.40	9.5	390	8959	943	41	1453.5	0.162
60	30 B	10.50	9.6	384	8832	920	40	1468.8	0.166
TOTAL		605.66	577.17	22459	516560	895	39	88307.0	0.171

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 5.4. ANÁLISIS DE LOS VIAJES/HORA

Fuente: Elaboración propia

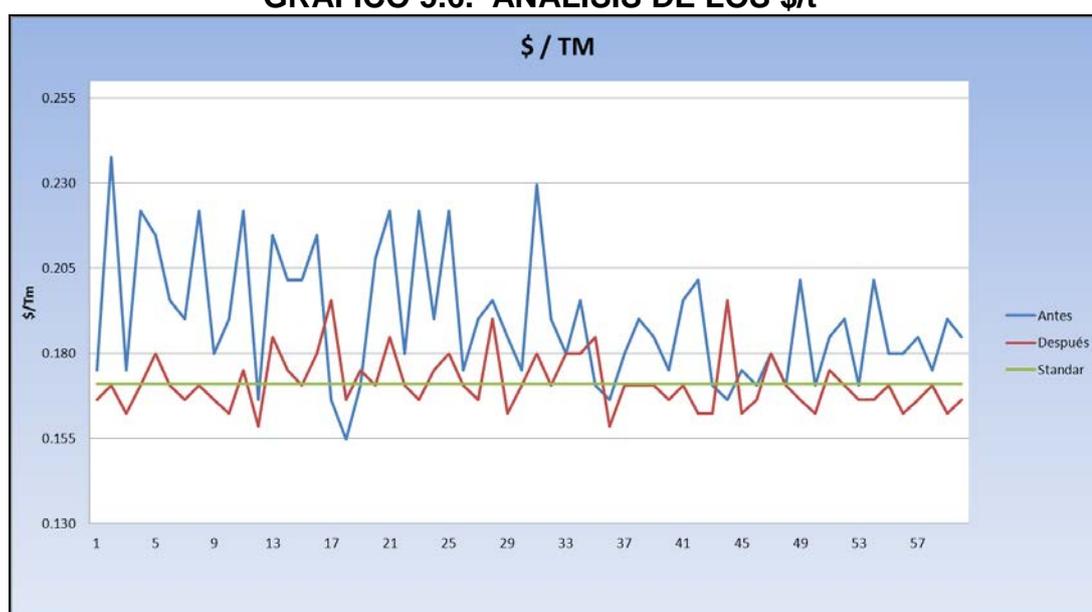
El gráfico muestra la variabilidad de los viajes/hora de carguío de material, antes de la implementación se obtuvo un 90% de rendimiento con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un rendimiento al 100%, logrando así un rendimiento estándar.

GRÁFICO 5.5. ANÁLISIS DE LAS TONELADAS/HORA

Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra la variabilidad de las toneladas/hora de carguío de material, antes de la implementación se obtuvo un 91% de tonelaje con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un tonelaje/hora al 100%, logrando así un tonelaje óptimo por hora.

GRÁFICO 5.6. ANÁLISIS DE LOS \$/t



Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra la variabilidad de los costos operacionales (\$/t) de carguío de material, antes de la implementación había un costo elevado en 11% con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un costo que se mantuvo al 93%, logrando así mantener el costo/tonelada similar al estándar.

b) Comparación de productividad y costos antes y después de la implementación del PDAs para la excavadora PC600-7

TABLA 5.7. ANÁLISIS DE COSTOS Y PRODUCTIVIDAD

	Horas Disponibles	Horas Efectivas	Horas programadas	Viajes	Tonelaje	Tonelaje/Hora	Viajes/Hora	Costo total \$	\$/Tm
ANTES	591.89	543.33	620.00	19252	442806	814	35	83129.49	0.190
DESPUÉS	605.66	577.17	620.00	22459	516560	895	39	88307.01	0.171
Diferencia		33.84		3207	73754				0.018

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que hubo un aumento de horas efectivas de 33.84 horas, de la excavadora PC600-7 de la contrata Andean Management.

Así también un aumento de tonelaje de 73754 de material, lo que equivale aproximadamente a un día de trabajo, es decir dos guardias.

En cuanto a los costos, se pudo reducir a un promedio de 0.018 \$/t.

5.1.1.2 Productividad y costos operativos del cargador frontal

Para el análisis de la toma de datos emplearemos el cargador frontal 980H-1 de la contrata San Simón.

TABLA 5.8. DATOS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS ANTES DEL PDAs

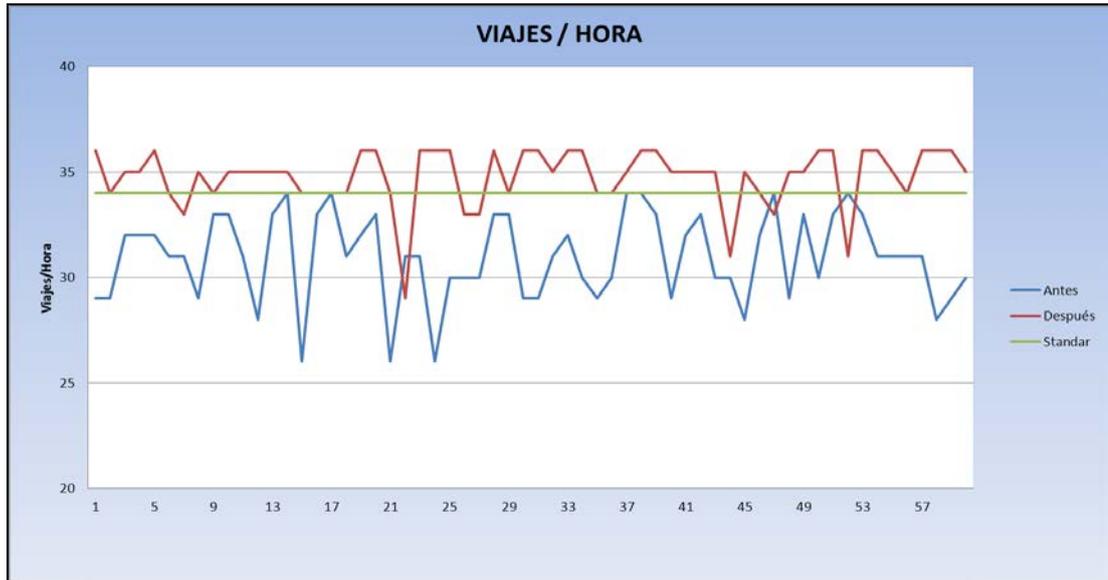
EQUIPO DE CARGUÍO 980H -1 ANDEAN									
FACTOR DE CARGUÍO = 23.8 Tm							Costo equipo = \$ 110.00/Hr		
Nro	Guardias	Horas Disp.	Horas ef.	Viajes	Tonelaje	Tonelaje/Hora	Viajes/Hora	Costo total(\$)	\$/Tm
1	1 A	10.40	9.90	287	6833	690	29	1089.0	0.159
2	1 B	10.10	8.50	247	5867	690	29	935.0	0.159
3	2 A	8.43	8.12	260	6184	762	32	893.2	0.144
4	2 B	6.60	6.50	208	4950	762	32	715.0	0.144
5	3 A	10.67	9.58	307	7296	762	32	1053.8	0.144
6	3 B	9.80	9.50	295	7009	738	31	1045.0	0.149
7	4 A	10.50	7.88	244	5814	738	31	866.8	0.149
8	4 B	10.67	5.23	152	3610	690	29	575.3	0.159
9	5 A	10.50	8.65	285	6794	785	33	951.5	0.140
10	5 B	10.67	10.22	337	8027	785	33	1124.2	0.140
11	6 A	8.80	8.60	267	6345	738	31	946.0	0.149
12	6 B	10.47	10.12	283	6744	666	28	1113.2	0.165
13	7 A	10.10	9.80	323	7697	785	33	1078.0	0.140
14	7 B	9.70	9.50	323	7687	809	34	1045.0	0.136
15	8 A	9.90	9.50	247	5879	619	26	1045.0	0.178
16	8 B	10.00	9.60	317	7540	785	33	1056.0	0.140
17	9 A	9.80	9.20	313	7445	809	34	1012.0	0.136
18	9 B	10.30	10.00	310	7378	738	31	1100.0	0.149
19	10 A	10.20	10.00	320	7616	762	32	1100.0	0.144
20	10 B	10.10	9.50	314	7461	785	33	1045.0	0.140
21	11 A	9.50	9.20	239	5693	619	26	1012.0	0.178
22	11 B	9.90	9.30	288	6862	738	31	1023.0	0.149
23	12 A	10.00	9.50	295	7009	738	31	1045.0	0.149
24	12 B	9.80	9.20	239	5693	619	26	1012.0	0.178
25	13 A	10.20	8.90	267	6355	714	30	979.0	0.154
26	13 B	9.90	8.90	267	6355	714	30	979.0	0.154
27	14 A	9.90	9.50	285	6783	714	30	1045.0	0.154
28	14 B	10.10	10.00	330	7854	785	33	1100.0	0.140
29	15 A	10.20	9.90	327	7775	785	33	1089.0	0.140
30	15 B	10.10	9.80	284	6764	690	29	1078.0	0.159
31	16 A	10.10	9.80	284	6764	690	29	1078.0	0.159
32	16 B	9.80	9.20	285	6788	738	31	1012.0	0.149
33	17 A	9.70	9.10	291	6931	762	32	1001.0	0.144
34	17 B	9.80	9.20	276	6569	714	30	1012.0	0.154
35	18 A	10.20	10.00	290	6902	690	29	1100.0	0.159
36	18 B	10.10	9.80	294	6997	714	30	1078.0	0.154
37	19 A	10.10	9.60	326	7768	809	34	1056.0	0.136
38	19 B	9.90	9.50	323	7687	809	34	1045.0	0.136
39	20 A	9.80	9.50	314	7461	785	33	1045.0	0.140
40	20 B	10.10	10.00	290	6902	690	29	1100.0	0.159
41	21 A	10.20	10.00	320	7616	762	32	1100.0	0.144
42	21 B	9.50	9.00	297	7069	785	33	990.0	0.140
43	22 A	9.40	9.10	273	6497	714	30	1001.0	0.154
44	22 B	10.20	10.00	300	7140	714	30	1100.0	0.154
45	23 A	10.30	9.50	266	6331	666	28	1045.0	0.165
46	23 B	9.50	8.90	285	6778	762	32	979.0	0.144
47	24 A	9.80	8.60	292	6959	809	34	946.0	0.136
48	24 B	10.50	8.90	258	6143	690	29	979.0	0.159
49	25 A	10.40	9.80	323	7697	785	33	1078.0	0.140
50	25 B	10.60	9.60	288	6854	714	30	1056.0	0.154
51	26 A	9.60	9.10	300	7147	785	33	1001.0	0.140
52	26 B	9.80	9.1	309	7364	809	34	1001.0	0.136
53	27 A	9.70	8.5	281	6676	785	33	935.0	0.140
54	27 B	10.10	8.9	276	6566	738	31	979.0	0.149
55	28 A	10.00	9.8	304	7230	738	31	1078.0	0.149
56	28 B	10.00	8.6	267	6345	738	31	946.0	0.149
57	29 A	10.30	7	217	5165	738	31	770.0	0.149
58	29 B	9.90	8.6	241	5731	666	28	946.0	0.165
59	30 A	10.20	10	290	6902	690	29	1100.0	0.159
60	30 B	10.70	9.8	294	6997	714	30	1078.0	0.154
TOTAL		597.61	552.60	17113	407295	737	31	60786.0	0.150

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.9. DATOS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS DESPUÉS DEL PDAs

EQUIPO DE CARGUÍO 980H -1 ANDEAN									
FACTOR DE CARGUÍO = 23.8 Tm							Costo equipo = \$ 110.00/Hr		
Nro	Guardias	Horas Disp.	Horas ef.	Viajes	Tonelaje	Tonelaje/Hora	Viajes/Hora	Costo total(\$)	\$/Tm
1	1 A	10.20	10.00	360	8568	857	36	1100.0	0.128
2	1 B	10.10	9.80	333	7930	809	34	1078.0	0.136
3	2 A	9.90	9.80	343	8163	833	35	1078.0	0.132
4	2 B	10.10	10.00	350	8330	833	35	1100.0	0.132
5	3 A	10.00	9.50	342	8140	857	36	1045.0	0.128
6	3 B	10.00	9.50	323	7687	809	34	1045.0	0.136
7	4 A	9.90	9.60	317	7540	785	33	1056.0	0.140
8	4 B	9.90	9.60	336	7997	833	35	1056.0	0.132
9	5 A	9.80	9.50	323	7687	809	34	1045.0	0.136
10	5 B	10.20	10.10	354	8413	833	35	1111.0	0.132
11	6 A	10.30	10.20	357	8497	833	35	1122.0	0.132
12	6 B	10.10	10.00	350	8330	833	35	1100.0	0.132
13	7 A	10.20	10.10	354	8413	833	35	1111.0	0.132
14	7 B	9.90	9.80	343	8163	833	35	1078.0	0.132
15	8 A	9.90	9.50	323	7687	809	34	1045.0	0.136
16	8 B	10.20	10.10	343	8173	809	34	1111.0	0.136
17	9 A	10.30	10.20	347	8254	809	34	1122.0	0.136
18	9 B	10.40	10.30	350	8335	809	34	1133.0	0.136
19	10 A	10.40	10.20	367	8739	857	36	1122.0	0.128
20	10 B	10.20	10.10	364	8654	857	36	1111.0	0.128
21	11 A	10.10	10.00	340	8092	809	34	1100.0	0.136
22	11 B	9.80	9.60	278	6626	690	29	1056.0	0.159
23	12 A	9.60	9.50	342	8140	857	36	1045.0	0.128
24	12 B	9.90	9.80	353	8397	857	36	1078.0	0.128
25	13 A	9.70	9.60	346	8225	857	36	1056.0	0.128
26	13 B	10.20	10.10	333	7933	785	33	1111.0	0.140
27	14 A	10.30	10.20	337	8011	785	33	1122.0	0.140
28	14 B	10.30	10.20	367	8739	857	36	1122.0	0.128
29	15 A	9.90	9.80	333	7930	809	34	1078.0	0.136
30	15 B	10.20	10.10	364	8654	857	36	1111.0	0.128
31	16 A	10.40	10.30	371	8825	857	36	1133.0	0.128
32	16 B	10.20	10.10	354	8413	833	35	1111.0	0.132
33	17 A	10.30	10.20	367	8739	857	36	1122.0	0.128
34	17 B	10.30	10.20	367	8739	857	36	1122.0	0.128
35	18 A	10.40	10.30	350	8335	809	34	1133.0	0.136
36	18 B	10.40	10.10	343	8173	809	34	1111.0	0.136
37	19 A	10.20	10.10	354	8413	833	35	1111.0	0.132
38	19 B	9.80	9.80	353	8397	857	36	1078.0	0.128
39	20 A	9.60	9.40	338	8054	857	36	1034.0	0.128
40	20 B	9.90	9.80	343	8163	833	35	1078.0	0.132
41	21 A	9.70	9.60	336	7997	833	35	1056.0	0.132
42	21 B	10.20	10.00	350	8330	833	35	1100.0	0.132
43	22 A	10.20	10.10	354	8413	833	35	1111.0	0.132
44	22 B	10.40	10.20	316	7526	738	31	1122.0	0.149
45	23 A	10.40	10.30	361	8580	833	35	1133.0	0.132
46	23 B	10.40	10.10	343	8173	809	34	1111.0	0.136
47	24 A	9.80	9.60	317	7540	785	33	1056.0	0.140
48	24 B	9.80	9.50	333	7914	833	35	1045.0	0.132
49	25 A	10.20	10.00	350	8330	833	35	1100.0	0.132
50	25 B	10.30	10.00	360	8568	857	36	1100.0	0.128
51	26 A	10.60	10.20	367	8739	857	36	1122.0	0.128
52	26 B	9.50	9.4	291	6935	738	31	1034.0	0.149
53	27 A	9.60	9.2	331	7883	857	36	1012.0	0.128
54	27 B	10.40	10.2	367	8739	857	36	1122.0	0.128
55	28 A	9.80	8.9	312	7414	833	35	979.0	0.132
56	28 B	9.60	9.4	320	7606	809	34	1034.0	0.136
57	29 A	9.40	9.3	335	7968	857	36	1023.0	0.128
58	29 B	10.20	9.5	342	8140	857	36	1045.0	0.128
59	30 A	10.30	9.8	353	8397	857	36	1078.0	0.128
60	30 B	10.00	9.5	333	7914	833	35	1045.0	0.132
TOTAL		604.30	591.90	20580	489804	827	35	65109.0	0.133

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 5.7. ANÁLISIS DE LOS VIAJES/HORA

Fuente: Elaboración propia

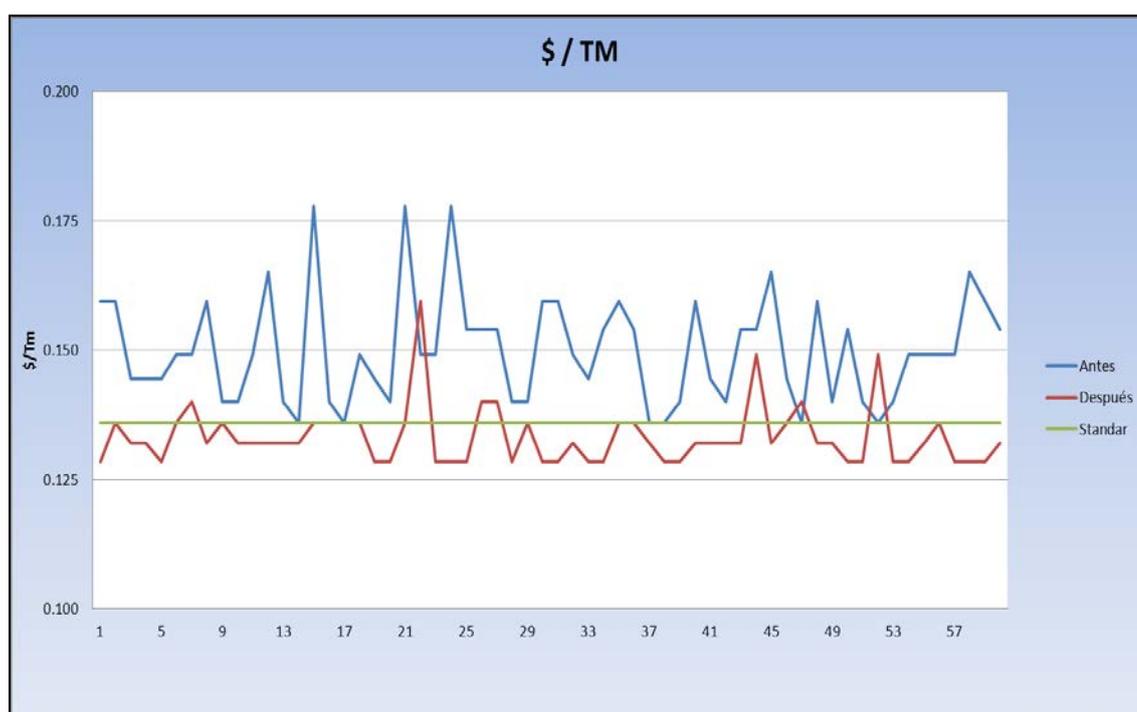
El gráfico muestra la variabilidad de los viajes/hora de carguío de material, antes de la implementación se obtuvo un 91% de rendimiento con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un rendimiento al 103%, logrando un aumento de viajes/hora de 3%.

GRÁFICO 5.8. ANÁLISIS DE LAS TONELADAS/HORA

Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra la variabilidad de las toneladas/hora de carguío de material, antes de la implementación se obtuvo un 91% de tonelaje con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un tonelaje/hora al 102%, logrando un aumento de tonelaje/hora de 2%.

GRÁFICO 5.9. ANÁLISIS DE LOS \$/t



Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra la variabilidad de los costos operacionales (\$/t) de carguío de material, antes de la implementación había un costo elevado de 110% con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un costo que se redujo al 98%, logrando así reducir el costo/tonelada en un 2% debajo del estándar.

a) Comparación de productividad y costos antes y después de la implementación del PDAs para el cargador frontal 980H-1.

TABLA 5.10. ANÁLISIS DE COSTOS Y PRODUCTIVIDAD

	Horas Disponibles	Horas Efectivas	Horas programadas	Viajes	Tonelaje	Tonelaje/Hora	Viajes/Hora	Costo total \$	\$/Tm
ANTES	597.61	552.60	605.00	17113	407295	737	31	60786.00	0.150
DESPUÉS	604.30	591.90	605.00	20580	489804	827	35	65109.00	0.133
Diferencia		39.30		3467	82509				0.017

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar que hubo un aumento de horas efectivas de 39.30 horas, del cargador frontal 980H-1 de la contrata San Simón.

Así también un aumento de tonelaje de 82509 de material, lo que equivale aproximadamente a un día de trabajo, es decir dos guardias.

En cuanto a los costos, se pudo reducir a un promedio de 0.017 \$/t.

5.1.2 Productividad y costos operativos de equipos de acarreo

Para el siguiente estudio, se tomó una flota de la contrata Operaciones comerciales que cuenta con una flota de 16 volquetes, y otra flota de Jam equipos que cuenta con una flota de 6 volquetes. A continuación se muestra la tabla de productividad y costos operativos antes y después de la implementación del sistema.

TABLA 5.11. DATOS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS ANTES DEL PDAs

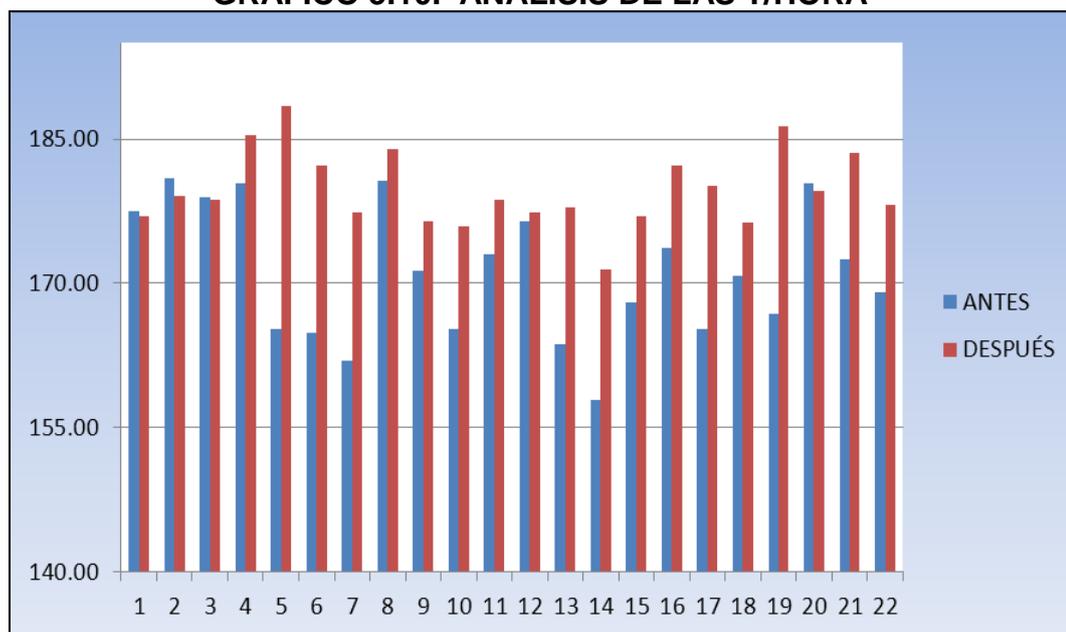
FLOTA DE 22 VOLQUETES VOLVO FM-14 DE 15 M3							
VOLQUETES CON CARGA DE 23 TM.				COSTO = 44 \$ / HR			
Volquete	Horas Operat.	Horas efec.	Viajes/Guardia	Tonelaje	Tm/Hr	Costo(\$)	\$ / Tm
400	10.4	10.24	79	1817	177.44	450.56	0.25
401	10.4	10.3	81	1863	180.87	453.2	0.24
402	10.2	9.9	77	1771	178.89	435.6	0.25
416	10.3	10.2	80	1840	180.39	448.8	0.24
417	10.4	10.3	74	1702	165.24	453.2	0.27
428	10.8	10.6	76	1748	164.91	466.4	0.27
431	10	9.8	69	1587	161.94	431.2	0.27
432	10.3	9.8	77	1771	180.71	431.2	0.24
433	10.4	10.20	76	1748	171.37	448.8	0.26
439	10.5	10.3	74	1702	165.24	453.2	0.27
440	10.4	10.1	76	1748	173.07	444.4	0.25
441	10.4	10.3	79	1817	176.41	453.2	0.25
443	10.5	10.4	74	1702	163.65	457.6	0.27
445	10.4	10.2	70	1610	157.84	448.8	0.28
446	10.6	10.40	76	1748	168.08	457.6	0.26
447	10.4	10.2	77	1771	173.63	448.8	0.25
274	10.5	10.3	74	1702	165.24	453.2	0.27
275	10.2	10.1	75	1725	170.79	444.4	0.26
276	10.3	10.2	74	1702	166.86	448.8	0.26
277	10.4	10.2	80	1840	180.39	448.8	0.24
284	10.6	10.4	78	1794	172.50	457.6	0.26
285	10.4	10.20	75	1725	169.12	448.8	0.26
TOTAL	228.8	224.64	75.95	38433	171.12	9884.16	0.26

Fuente: Elaboración propia

TABLA 5.12. DATOS DE LA PRODUCTIVIDAD Y COSTOS DESPUÉS DEL PDAs

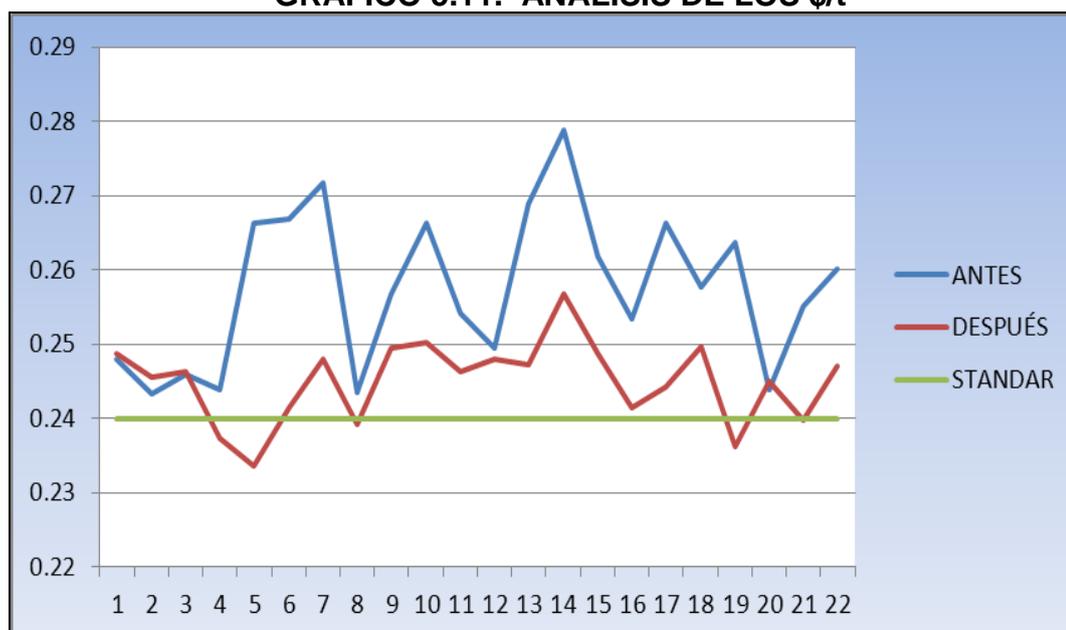
FLOTA DE 22 VOLQUETES VOLVO FM-14 DE 15 M3							
VOLQUETES CON CARGA DE 23 TM.				COSTO = 44 \$ / HR			
Volquete	Horas Operat.	Horas efec.	Viajes/Guardia	Tonelaje	Tm/Hr	Costo(\$)	\$ / Tm
400	10.6	10.4	80	1840	176.92	457.6	0.25
401	10.6	10.4	81	1863	179.13	457.6	0.25
402	10.4	10.3	80	1840	178.64	453.2	0.25
416	10.4	10.3	83	1909	185.34	453.2	0.24
417	10.6	10.5	86	1978	188.38	462	0.23
428	10.7	10.6	84	1932	182.26	466.4	0.24
431	10.7	10.5	81	1863	177.43	462	0.25
432	10.74	10.5	84	1932	184.00	462	0.24
433	10.7	10.30	79	1817	176.41	453.2	0.25
439	10.5	10.2	78	1794	175.88	448.8	0.25
440	10.5	10.3	80	1840	178.64	453.2	0.25
441	10.6	10.5	81	1863	177.43	462	0.25
443	10.7	10.6	82	1886	177.92	466.4	0.25
445	10.8	10.6	79	1817	171.42	466.4	0.26
446	10.5	10.40	80	1840	176.92	457.6	0.25
447	10.8	10.6	84	1932	182.26	466.4	0.24
274	10.8	10.6	83	1909	180.09	466.4	0.24
275	10.8	10.7	82	1886	176.26	470.8	0.25
276	10.7	10	81	1863	186.30	440	0.24
277	10.7	10.5	82	1886	179.62	462	0.24
284	10.7	10.4	83	1909	183.56	457.6	0.24
285	10.5	10.20	79	1817	178.14	448.8	0.25
TOTAL	234.04	229.4	81.45	41216	179.68	10093.6	0.24

Fuente: Elaboración propia

GRÁFICO 5.10. ANÁLISIS DE LAS T/HORA

Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra la variabilidad de las toneladas/hora de los equipos de acarreo, donde se observa que después de la implementación del PDA el tonelaje aumentó cada día que se llevó el control

GRÁFICO 5.11. ANÁLISIS DE LOS \$/t

Fuente: Elaboración propia

El gráfico muestra la variabilidad de los costos operacionales (\$/t) de acarreo de material, antes de la implementación el costo se elevó en un 8% con respecto al estándar, después de la implementación del PDA se obtuvo un costo que se mantuvo con respecto al estándar.

a) Comparación de productividad y costos antes y después de la implementación del PDAs para la flota de volquetes

TABLA 5.13. ANÁLISIS DE COSTOS Y PRODUCTIVIDAD

	Horas Operativas	Horas Efectivas	Viajes/Guardia	Tonelaje	Tm/Hr	Costo \$	\$/Tm
Antes	228.8	224.64	75.95	38433	171.12	9884.16	0.26
Después	234.04	229.40	81.45	41216	179.68	10093.6	0.24
Diferencia		4.76		2783	8.56		0.013

Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la flota de volquetes se aprecia, que se trabajó 4.76 horas demás antes de la implementación del PDA, trasladando 2783 toneladas más de material.

En cuanto a los costos, se reduce en 0.013 \$/t el traslado de material.

CONCLUSIONES

- 1.- En cuanto a la excavadora 365CL-2, con la implementación del PDA, se logró elevar la producción en 98t/hora, un aumento del 3% con respecto al estándar; se redujo el costo operativo unitario en 0.018\$/t, bajando así en un 3% con respecto al estándar.
- 2.- Con la excavadora PC600-7, se elevó la producción en 81t/hora, con respecto al estándar se llegó a un 100%; con la implementación del PDA se redujo el costo en 0.018\$/t, llegando así a un 100% con respecto al estándar de \$/t.
- 3.- Con la implementación del PDA, con el cargador frontal se logró elevar la producción en 90t/hora, teniendo un aumento del 2% con respecto al estándar, reduciendo el costo en 0.017\$/t, bajando en un 2% con respecto al estándar.

- 4.- Con el control de los volquetes se logró aumentar en 4.76 horas de trabajo de acarreo, logrando un aumento de tonelaje de 2783 por mes, y una reducción de costo de 0.017\$/t.
- 5.- Para el caso de las excavadoras, mantener un rendimiento constante es difícil, debido a los trabajos auxiliares que desarrollan en el frente de trabajo (perfilación de talud, nivelación de pisos, etc.)
- 6.- En el análisis general de los equipos no solo se determinó la mejora de la producción y los costos; luego de la implementación, también se determinó las horas efectivas de trabajo de producción que se encuentran entre el 90% a 94% de las horas disponibles; estos datos son de gran ayuda para el área de operaciones mina ya que en base a estos parámetros de horas efectivas de trabajo se puede programar mejor los equipos eficientemente.
- 7.- La implementación del PDA nos permite desarrollar mejor la supervisión, quienes ahora utilizan los estándares de trabajo, y generan la competencia entre ellos, al igual que los operadores.
- 8.- La implementación del PDA permite tener una mejor comunicación entre los supervisores generales, supervisores de Tajo, de frente y el operador del Sistema de control, se logró una muy buena coordinación del trabajo, participando como eje principal de este flujo el operador del sistema.

RECOMENDACIONES

- 1.- Es importante dar a conocer que el crecimiento de una empresa en cuanto a su productividad demanda un incremento en sus costos, a parte del control que se le pueda dar en la búsqueda de la optimización, se requiere que cada sujeto que este comprometido a esta producción, se encuentre involucrado con la nueva cultura de la optimización.
- 2.- Es importante implementar técnicas o Sistemas de Control de PDAs o cualquier otro sistema en las operaciones mineras, para así poder monitorear nuestros estándares de trabajo teniendo como finalidad optimizar los costos y la producción; más aún en yacimientos de baja ley.
- 3.- Es necesario que todo empresario o persona de un proceso productivo conozca de las capacidades y el costo de los equipos necesarios para realizar su operación, ya que en base a ello podrá estimar estándares de producción de dichos equipos, y planificar su producción comercial.

BIBLIOGRAFÍA

- DELGADO VEGA, José

2008 *Apuntes del Curso de Planificación de minas.*

Planificación Subterránea y de Superficie [diapositivas].

Material de Enseñanza. Antofagasta: Universidad de Antofagasta.

- HUSTRULID, William & MARK, Kutcha

1998 *“Open Pit Mine Planning and Design”*. Volumen 1.

Rotterdam: Balkema. 636p.

- LÓPEZ JIMENO, Carlos

Madrid-España

1995 *“Manual de carga, arranque y transporte en explotaciones mineras”*. 2da edición. 31-101p,

- PFELIDER, Eugene P.

1972 *“Surface Mining. American Institute of Mining, Metallurgical, and Petroleum Engineers”*, Inc. 1061p.

- CATERPILLAR

2000 *“Caterpillar Performance Handbook”* Edition 30.

Publication by Caterpillar Inc. Illinois USA. 30-17p.

- W. C. MORGAN & L. L. PETERSON

1968 "Determining Shovel-Truck Productivity". Volumen 20.
Mining Engineering New York, pp 74-85.

- OMAR MAXERA, Carlos

Lima-Perú

2005 "Aplicación de la simulación para la optimización del acarreo de mineral". Tesis.

- YUPANQUI MIÑANO, Mariano

La Libertad – Perú

2006 "Eficiencia del carguío y transporte en mina Comarsa". Tesis.

- Mina COMARSA

La Libertad – Perú

2006 "Sistema de control de carguío y acarreo con equipos PDAs".
Informe de la unidad técnica de sistemas.

- Alvarez Alvino, Manuel

Administrador Dispatch mina Toquepala : Herramientas para la Gestión de La Operación Minera". Informe Págs. 1. Octubre, 5 de Mayo del 2004.