

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA
**UNIVERSIDAD
CATÓLICA**
DEL PERÚ

**FACTIBILIDAD DEL CAMBIO DE SISTEMA DE CONTROL DE
MINA EN LA UNIDAD MINERA TOQUEPALA**

Tesis para optar el Título de Ingeniero de Minas, que presenta el bachiller:

Javier Octavio Olazabal Mora

ASESOR: Ing Mario Cedron Lassus

RESUMEN

El presente trabajo justifica la factibilidad y viabilidad económica del cambio tecnológico de pasar de un Sistema de Control de Mina que fue el “Modular” a un sistema de control de mina mucho más interactivo, moderno y con tecnología de punta de nombre *Minestar*. Las decisiones que motivaron este cambio son básicamente el incremento en la flota de la mina, el cambio de sistema de transporte de mineral mediante fajas, el obsoleto sistema de dinámico de distribución de volquetes que tiene el sistema *Modular*, mala distribución de los volquetes para abastecer combustible, Perforadoras eléctricas perdían señal y conectividad con el GPS y Satélites al perforar especialmente en la parte del fondo de mina (Fase 3), cabe recordar que el Sistema de control de Mina *Modular* es un sistema de una tecnología 20 años atrás. La tesis consiste en describir el sistema actual y el sistema que se está implementando y dar una justificación económica del cambio tecnológico expresado en producción, productividad y horas hombres, reduciendo costos de minado por tonelada.

Este proyecto empezó en Febrero del 2013, primero en una fase de instalación del hardware a todos los equipos de mina ya sea Palas, Volquetes, Perforadoras, Trenes y Equipo Auxiliar. Asimismo a la par se construyó y diseño la nueva oficina de Control de mina y se instaló la red de satélites, repetidores que comprende toda la tecnología del sistema. En Julio del 2013 el sistema *Minestar* operaba a la par con el sistema oficial que era el “*Modular*”. En esa etapa se determinó las falencias del programa, cobertura de comunicación en toda la mina y ajustes a las particularidades de la Mina ya sea Trenes, Volquetes Komatsu (ya que es un sistema de Caterpillar se buscó la compatibilidad entre ambos). Desde Enero del 2014 ya se encuentra implementado y en funcionamiento al 100% comandando todos los equipos de la mina.

Se pudo notar con el nuevo sistema que había una mejor distribución de los volquetes, productividad y por ende esto se reflejaba en una mayor producción y reducción de costos de minado el cual justifica el cambio tecnológico y la inversión.



CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	4
1.1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.2. OBJETIVOS Y ALCANCES.....	5
1.2.1.- Objetivo General.....	5
1.2.2.- Objetivos Específicos.....	5
CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA MINA	7
2.1.- Ubicación.....	7
2.2- Geología Regional.....	9
2.3.- Geología Local.....	10
2.4.- Mineralogía.....	11
2.5.- RESERVAS DE MINERAL.....	14
CAPÍTULO 3: OPERACIONES MINERAS.....	15
3.1.- LA OPERACIÓN EN LA MINA.....	15
3.1.1 Descripción.....	15
3.1.2. Perforación.....	17
3.1.3. Voladura.....	18
3.1.4 Carguío.....	19
3.1.5 Acarreo.....	19
3.2.- PLAN DE MINADO.....	21
CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA MINESTAR.....	23
4.1 Definición del Sistema Minestar.....	23
4.1. Arquitectura.....	33
4.2. Tecnología.....	34
4.3. Comandos de control.....	35

4.4. Sistema Modular	41
CAPÍTULO 5: APLICACIÓN PRACTICA DEL SISTEMA MINESTAR EN TOQUEPALA	
5.1.- Implementación.....	43
5.2.- Resultados de la Implementación.....	44
5.2.1.- Producción.....	45
5.2.2.- Productividad.....	47
5.2.3.- Disponibilidad Operativa.....	56
5.2.4.- Utilización Efectiva.....	63
5.3- Justificación Económica	71
5.4.- Características y ventajas del uso de Minestar.....	75
CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	
6.1.- Conclusiones.....	77
6.2.- Recomendaciones.....	79
BIBLIOGRAFIA.....	80

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo justifica la factibilidad y viabilidad económica del cambio tecnológico de pasar de un Sistema de Control de Mina que fue el “Modular” a un sistema de control de mina mucho más interactivo, moderno y con tecnología de punta de nombre *Minestar*. Las decisiones que motivaron este cambio son básicamente el incremento en la flota de la mina, el cambio de sistema de transporte de mineral mediante fajas, el obsoleto sistema de dinámico de distribución de volquetes que tiene el sistema *Modular*, mala distribución de los volquetes para abastecer combustible, Perforadoras eléctricas perdían señal y conectividad con el GPS y Satélites al perforar especialmente en la parte del fondo de mina (Fase 3), cabe recordar que el Sistema de control de Mina *Modular* es un sistema de una tecnología 20 años atrás. La tesis consiste en describir el sistema actual y el sistema que se está implementando y dar una justificación económica del cambio tecnológico expresado en producción, productividad y horas hombres, reduciendo costos de minado por tonelada.

Este proyecto empezó en Febrero del 2013, primero en una fase de instalación del hardware a todos los equipos de mina ya sea Palas, Volquetes, Perforadoras, Trenes y Equipo Auxiliar. Asimismo a la par se construyó y diseño la nueva oficina de Control de mina y se instaló la red de satélites, repetidores que comprende toda la tecnología del sistema. En Julio del 2013 el sistema *Minestar* operaba a la par con el sistema oficial que era el “*Modular*”. En esa etapa se determinó las falencias del programa, cobertura de comunicación en toda la mina y ajustes a las particularidades de la Mina ya sea Trenes, Volquetes Komatsu (ya que es un sistema de Caterpillar se buscó la compatibilidad entre ambos). Desde Enero del 2014 ya se encuentra implementado y en funcionamiento al 100% comandando todos los equipos de la mina.

Se pudo notar con el nuevo sistema que había una mejor distribución de los volquetes, productividad y por ende esto se reflejaba en una mayor producción y reducción de costos de minado el cual justifica el cambio tecnológico y la inversión.

1.2 OBJETIVOS Y ALCANCES

1.2.1.- Objetivo General

1. Determinar la factibilidad y viabilidad económica del cambio tecnológico para el sistema de Control de mina de la Unidad Minera Toquepala, pasando del Sistema Modular al Sistema Minestar, basándose en una reducción del costo de minado por tonelada y una mejor distribución de los equipos.

Objetivos Específicos

1. Minimizar los tiempos sin uso o “tiempos muertos” de las maquinarias principales en el proceso de carguío, acarreo, auxiliar y perforación, es decir, palas, camiones y perforadoras.
2. Explicar el cambio del sistema Modular a Minestar como mejora de tecnología avanzada actual para incrementar la producción, mejorar la distribución de maquinaria, ubicación de los equipos y mayor seguridad en tiempo real
3. Establecer la reducción del tiempo en el ciclo de minado al ejecutar con Minestar la buena asignación de camiones a las palas de

carguío seleccionando la mejor ruta de transporte para obtener la mayor eficiencia de equipos.



CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA MINA

2.1.- Ubicación

El yacimiento se ubica en el sur del Perú, a 68 Km de vuelo al Norte de la ciudad de Tacna, en el distrito de Ilabaya, provincia de Jorge Basadre, departamento de Tacna. Ver figura 2.

La ubicación de la mina Toquepala está dada por las siguientes coordenadas geográficas:

- 17° 13' Latitud Sur
- 70° 36' Longitud Oeste

Los depósitos geológicamente similares de Quellaveco y Cuajone se encuentran a 18 y 29 Km. de Toquepala; Chuquicamata se encuentra a 600 Km. al sur.

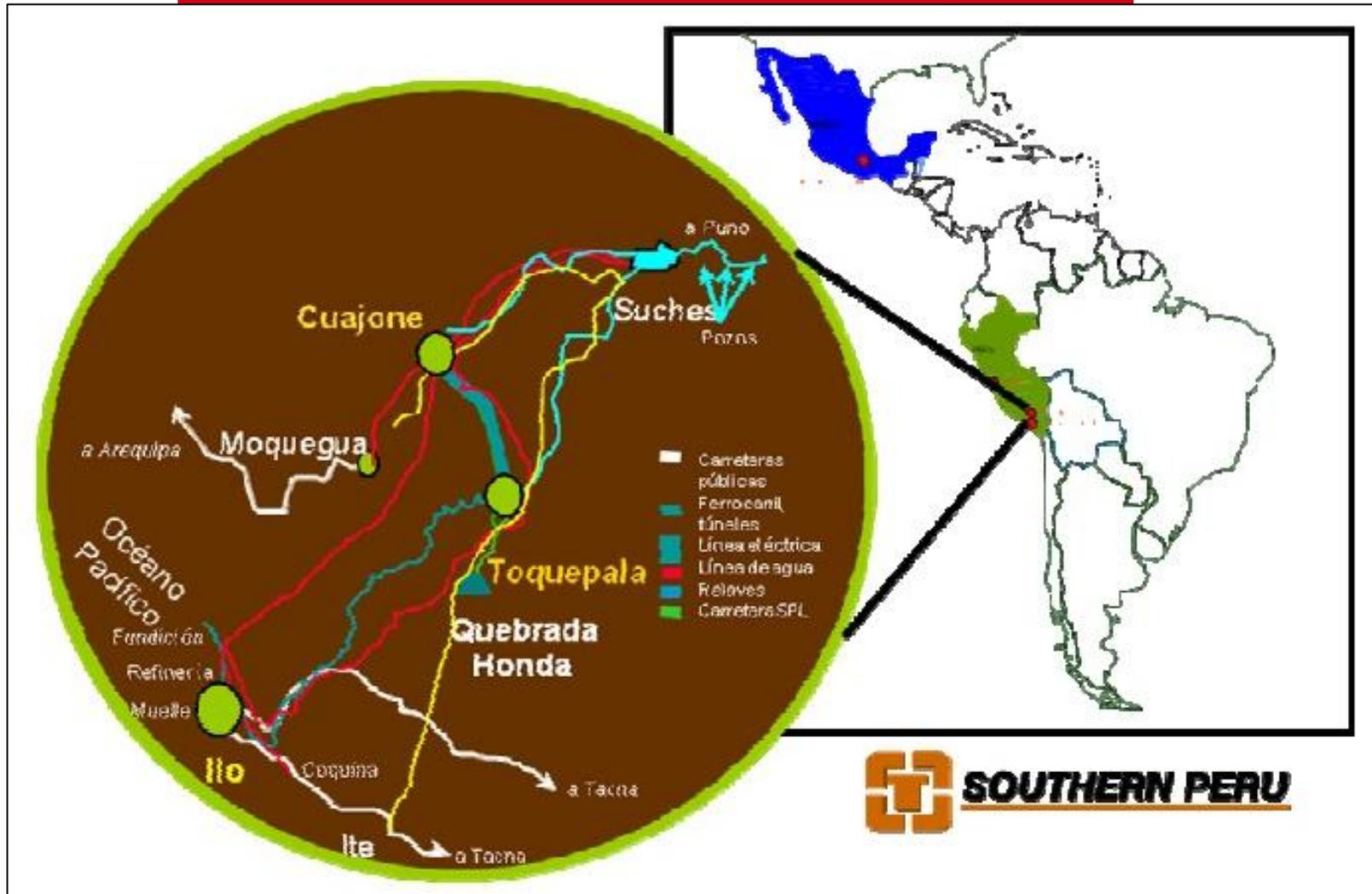


Figura N° 01: Ubicación Distrito Minero Toquepala

Toquepala es accesible mediante la carretera Panamericana Sur, desde Camiara, situado a la altura del Km. 1204, donde parte una carretera afirmada de 76 Km. Hacia la mina. También se cuenta con otra carretera de 73 Km. Que une la ciudad de Moquegua con la mina.

La mina es accesible también por vía aérea, puesto que cuentan con un pequeño aeropuerto en la zona de Staff pero solamente para avionetas de uso de la compañía. Las vías de acceso secundarias están representadas por un ferrocarril industrial de 167 Km. Que une la mina con el puerto de Ilo, y otro que une las minas de Cuajone y Toquepala.

2.2- Geología Regional

El depósito está ubicado en un terreno compuesto de volcánicos mesozoicos y terciarios intrusionados por apófisis dioríticas del Batolito Andino.

La historia tectónica de la región está comprendida en un lapso geológico entre el Cretáceo superior y el Terciario inferior, cuyos efectos expuestos en los diferentes tipos de rocas que afloran a lo largo de esta faja de yacimientos de cobre porfirítico.

La actividad volcánica del Cretáceo superior que deposita una serie de derrames riolíticos y andesíticos conocidos integralmente como “Grupo Toquepala” sufrió plegamientos, fallamientos y levantamientos en bloques por acción de una compresión más o menos continua que iniciándose con el “Plegamiento Peruano” de Steiman, alcanza su máximo desarrollo durante el “Plegamiento Incaico”. Los esfuerzos producidos fueron lo suficientemente intensos como para

producir importantes fallas de compresión de rumbo Norte-Oeste, y afectaron la estructura homoclinal volcánica pre-intrusiva hacia el Sur-Oeste. En general, los eventos tectónicos (Orogenesis) que tuvieron lugar en dicho intervalo de tiempo, coinciden con la actual Cordillera de los Andes, ubicándose en el flanco occidental.

2.3.- Geología Local

Toquepala es un depósito mineral de tipo “Pórfido de Cobre”, donde la mineralización está constituida por una fina diseminación de sulfuros y el relleno de angostas vetillas y con poca persistencia de fracturas, emplazadas en una secuencia de rocas ígneas de composición química ácidas a intermedias.

La forma como esta mineralización ha llegado a su posición actual es el resultado de muchos y muy variados factores que se explicaran más adelante.

Estructuralmente, el depósito está ubicado en una chimenea volcánica del tipo diatrema (chimenea de brecha) donde la mineralización del depósito ha sido posible por la existencia de una zona de debilitamiento que permitió el paso de las soluciones mineralizadas.

Mineralógicamente, el depósito desde su origen ha sufrido sucesivos cambios químicos y estructurales. La mineralización ha seguido los procesos de evolución comunes a todos los depósitos de este tipo, originando finalmente, la alteración y mineralización supergénica.

El área mineralizada de forma elongada y de 8 Km. De largo, ha sido un centro de intensa actividad ígnea. Existen varios cuerpos intrusivos de formas irregulares dentro y junto a una gran chimenea ubicada en el centro. El cuerpo mineralizado en forma de hongo consiste de una zona enriquecida de posición tendida, predominante, de calcosina con una continuación a manera de tallo, de mena de Calcopirita Hipógena en la profundidad, tanto dentro como alrededor de la chimenea. La alteración hidrotermal se generaliza en la zona de mineralización. El cuarzo y la sericita constituyen los principales productos de alteración, y en muchos casos las texturas de la roca original han desaparecido.

Los principales sulfuros, piritita hipógena, calcopirita y calcosina supérgena, se presentan principalmente como rellenos de vacíos en la brecha y como granos pequeños diseminados a través de todas las rocas alteradas. Las venillas de sulfuros son relativamente escasas. Los sulfuros se encuentran más abundantes y la alteración es más intensiva en ciertas unidades de rocas, tales como la diorita y la mayoría de las brechas.

2.4.- Mineralogía

Los procesos de alteración, el emplazamiento intrusivo de las rocas y mineralización en los depósitos porfíricos de cobre pueden ser generalizados como un desarrollo de origen magmático sub-volcánico de un magma rico en metales, donde los fluidos residuales se mezclan con aguas meteóricas durante las últimas etapas de enfriamiento en la formación de un yacimiento.

Los sulfuros se encuentran diseminados en delgadas venillas y como relleno de vesículas o espacios vacíos en las brechas. La abundancia de los sulfuros es en general de:

Pirita Calcopirita Calcosina Molibdenita

(Py Cpy Cc Moly)

La mineralización supérgena o secundaria está dado por metales transportados por aguas meteóricas oxidadas que se mueven hacia abajo y también lateralmente, en contraste con la mineralización hipógena o primaria donde los sulfuros son formados por soluciones hidrotermales ascendentes.

El enriquecimiento supergénico por lo tanto consiste de un relativo reemplazamiento de sulfuros primarios por sulfuros secundarios y en una menor extensión por el relleno de los intersticios de óxidos minerales en zonas debajo del nivel freático donde soluciones lixiviadas ácidas y oxigenadas son reducidas y neutralizadas. El enriquecimiento secundario depende de la cantidad de pirita disponible para producir un ambiente de bajo PH, reemplazando calcosina en zonas extensas de pirita-calcopirita.

En Toquepala se desarrolló mejor el enriquecimiento secundario, presentando las siguientes características mineralógicas:

- Mineralogía Simple, con distribución de leyes de cobre uniforme.
- Espesor de mineral, mayores de 300 m.
- La pirita es el sulfuro más abundante, la calcopirita el sulfuro de cobre más abundante y la calcosina es el mineral supérgeno más importante.
- La molibdenita se presenta como subproducto.

2.4.1 Zona primaria

El mineral hipógeno formado por pirita, molibdenita, calcopirita, y trazas de bornita, esfalerita y galena.

Ocurrió una mineralización temprana con cuarzo-turmalina con menos sulfuros, más tarde y antes a la intrusión del pórfido dacítico, ocurrieron sulfuros y menos cuarzo-turmalina.

Conteniendo una mineralización discreta de pirita-calcopirita con una ley marginal o menor de 0.40% de Cu tenemos a la brecha de guijarros. En profundidad se estrecha la zona primaria, también la mayor distribución como una buena ley de molibdenita se encuentra en el contacto brecha angular-diorita ubicado en la parte central-sur del depósito. En la diorita, ubicado al este encontramos los mayores valores de Hierro.

2.4.2 Zona enriquecida

La formación de la frontera superior fue una superficie ondulada, en contacto con el material lixiviado.

Siendo irregular la superficie superior, la parte central fue de un espesor de 150 m. Y en sus márgenes de pocos metros, predominando la calcosina, trazas de covellina y digenita, estos minerales están asociados a la calcosina-calcopirita-pirita y calcosina-pirita.

Esta zona aparece en el nivel 3235, desapareciendo en el nivel 2980. La molibdenita es errática, y al Este encontramos fierro con valores de más de 6%.

2.4.3 Zona de óxidos

Tuvieron pequeñas cantidades de silicatos de Cobre en los afloramientos iniciales, sin poder constituirse en mena. Siendo los principales minerales, la malaquita, crisocola, cuprita y calcopirita, difícilmente encontrado cobre nativo en los diques de lutita porfirítica.

2.4.4 Encape lixiviado

La superficie original fue compuesta de materia de lixiviación, variando su espesor desde algunos metros hasta los 300 m. Los minerales son limoníticos, principalmente hematita, gohetita y jarocita. Actualmente podemos ver en los niveles superiores de la mina, abundante material lixiviado.

2.5.- Reservas de Mineral

La Compañía cuenta con reservas probadas de cobre que alcanzan la cifra de 2354 millones de toneladas de mineral, con una ley promedio de 0.541% de Cu y 0.031 % de Mo y unos 9446 millones de material de desmonte que otorgan una vida útil de 54 años correspondiendo el 80% a sulfuros primarios y el 20% a secundarios.

La mina fue diseñada y planeada para trabajar con un Cut Off de 0.233% de ley de Cobre y 0.031% Mo durante el tiempo de vida de la misma. A continuación el cuadro resumen:

CAPÍTULO 3: OPERACIONES MINERAS

3.1.- LA OPERACIÓN EN LA MINA

3.1.1 Descripción

La mina viene operando desde 1957, produciendo concentrado de cobre desde 1960. Está en su segundo medio siglo de operaciones, con nuevas reservas y un proyecto de ampliación minero – metalúrgico que llegara a procesar 120mil toneladas de mineral por día.

Actualmente la Mina Toquepala produce 65000 toneladas métricas de mineral por día, con ley aproximada de 0.66% de Cu, lo que hace aproximadamente 25 millones de toneladas métricas al año. La mina está dividida en 6 pushbacks o fases de minado hasta alcanzar el límite final del pit. Actualmente se encuentra en explotación las fases 3,4 y 5.

Toquepala es una mina que diariamente extrae más de 550,000 TM/día de las cuales 65000 son mineral. En Toquepala operan 28 camiones Komatsu 930E de 310 TM, 18 camiones de 218TM Komatsu 830E, 5 camiones CAT 793C de 231TM, 13 camiones CAT 793D de 231 TM, 9 camiones 797F de 364 TM. En total son 73 volquetes la flota que cuenta la compañía. En Toquepala emplean 3 Palas de 56 yd³ (P&H 4100) y 5 Palas 73yd³ (Bucyrus 430). Asimismo cuenta con 11 perforadoras para taladros de producción y 2 perforadoras para pre-corte. A continuación la lista de equipos para la operación.

Equipos de Perforación

- Tres perforadoras eléctricas P&H 100XP
- Una perforadora eléctrica P%^H 120
- Tres perforadoras eléctricas Bucyrus 49R-III

- Tres perforadoras eléctricas Bucyrus 49HR
- Una perforadora Down the Hole (DTH) Titon 600 para precorte
- Una perforadora Cubex 1120

Equipos de Carguío

- Una pala P&H 4100+ de 60 yd3
- Dos palas P&H 4100^a de 56 yd3
- Una pala Bucyrus 495B1 de 56yd3
- Tres palas Bucyrus 495HR de 73yd3
- Un cargador frontal CAT 994F de 23 yd3
- Un cargador Le Tourneau L1850
- Un cargador Le Tourneau L2350

Equipo Auxiliar

- Un tractor de oruga CAT D11R
- Un tractor de oruga CAT D10 N
- Dos tractores de oruga CAT D10R
- Cuatro tractores de oruga CAT D10 T
- Un tractor de oruga Komatsu D375A
- Dos Motoniveladoras CAT 24H
- Una motoniveladora CAT 24M
- Dos tractores de llanta CAT 844C
- Seis tractores de llantas 834H

- Un rompedor de roca PC300
- Cuatro tanques de regadío de 20000 galones
- Un tanque de regadío de 30000 galones

Equipos de Acarreo

- 28 Volquetes Komatsu 930E1, E3 y E4 de 290 Tn
- 5 Volquetes Caterpillar 793C de 218 Tn
- 13 Volquetes Caterpillar 793D de 218 Tn
- 8 Volquetes Caterpillar 797F de 363 Tn
- 18 Volquetes Komatsu 830 de 218 Tn

3.1.2. Perforación

La perforación es la primera operación minera que se efectúa en la preparación de una voladura, sin una perforación adecuada y ordenada la voladura sería deficiente, lo que conllevaría a una baja eficiencia en el carguío del material impactando directamente en la producción de la mina.

En el caso del tajo abierto de Toquepala se lleva a cabo una perforación del tipo rotativa con triconos, ésta es efectuada por grandes equipos de perforación capaces de ejercer elevados empujes sobre la broca es decir la perforación es realizada mediante el método de rotación – trituración en donde la energía es transmitida hasta la broca a través de barras de acero las que puestas en rotación fuerzan al broca contra la roca siendo los botones de carburo de

tungsteno prensados contra la roca para finalmente obtener una trituración similar a la de percusión.

De manera general es importante efectuar esta operación con la mayor exactitud del caso, en lo que respecto a profundidad, exactitud en las coordenadas, paralelismo y perpendicularidad puesto que todo esto repercutirá en la obtención de una fragmentación requerida y control en las paredes finales del tajo.

3.1.3. Voladura

La voladura es la más importante de las actividades del ciclo de minado, la mina Toquepala es un yacimiento de pórfidos de cobre que tiene una antigüedad de más de 40 años, lo cual hace que en la actualidad estemos trabajando en niveles más profundos donde debemos tener cuidado con parámetros de vibración y obtener paredes estables que soporten la carga portante de los niveles superiores para llevar una operación de minado dentro de los estándares de seguridad, calidad y productividad.

En la perforación primaria se llevan a cabo dos tipos de voladura: voladura primaria de producción y voladura para paredes finales, donde en esta última el carguío de explosivo se realiza de forma controlada y en menor proporción que en voladura de producción a fin de no dañar las paredes del tajo para los disparos primarios se emplean 2 tipos de explosivos: ANFO Y ANFO pesado en proporciones variables.

Entre los principales factores que incluyen en los resultados de una voladura se encuentran: las propiedades de los explosivos a usar (densidad velocidad de detonación, etc.), la distribución y secuencia de iniciación, geometría del disparo y desde luego las propiedades del macizo rocoso.

3.1.4 Carguío

Es la actividad de mayor importancia en el ciclo de minado. El carguío consiste en el recojo del material ya fragmentado para depositarlo seguidamente en los volquetes quienes lo conducen a distintos destinos si se trata de mineral para planta de chancado mineral para lixiviación o desmonte.

3.1.5 Acarreo

Es el sistema de transporte con el uso de volquetes de acarreo de distintas capacidades.

El sistema de acarreo es directo de la pala al camión y estas a los diferentes botaderos, tolvas de mineral o tolvas de mineral lixiviable.

No existe el sistema pala camión directo a concentradora por que esta se encuentra a 5 Km. de la misma, esta distancia no es aconsejable para el óptimo aprovechamiento económico de los camiones, solo se puede usar en distancias menores 3.5Km únicamente.

Referente a las rampas de transito de los camiones estas no exceden al 8% dentro de la mina, y aun menor las rampas de acceso a las carreteras que constituyen el recorrido regular de los camiones cuando se encuentran acarreado.

ACARREO DIRECTO POR TRENES

El sistema pala tren es directo a la concentradora o botadero según sea mineral o desmonte respectivamente. La concentradora se encuentra a 5 Km de la mina y no es posible que esta distancia sea cubierta por un servicio de acarreo regular por camiones, es por eso que se llevó a cabo el principio que el acarreo hacia la planta sea por trenes ya que este sistema solo puede llevarse a distancias mayores a 4 Km aproximadamente.

El transporte por este sistema requiere un alto costo por tonelada transportada y una prioridad fundamental que la pendiente no supere el 4%. Una condición adversa al uso de los trenes es que constituyen un sistema rígido de transporte, pero no debe pensarse así ya que las vías son tendidas o removidas rápidamente, ya que a eso se suma el mantenimiento de las vías del tren donde trabajan alrededor de 70 obreros carrilanos, los cuales también realizan tendidos de vías.



Figura N° 04: Diagrama de Operación Mina Toquepala

3.2.- PLAN DE MINADO

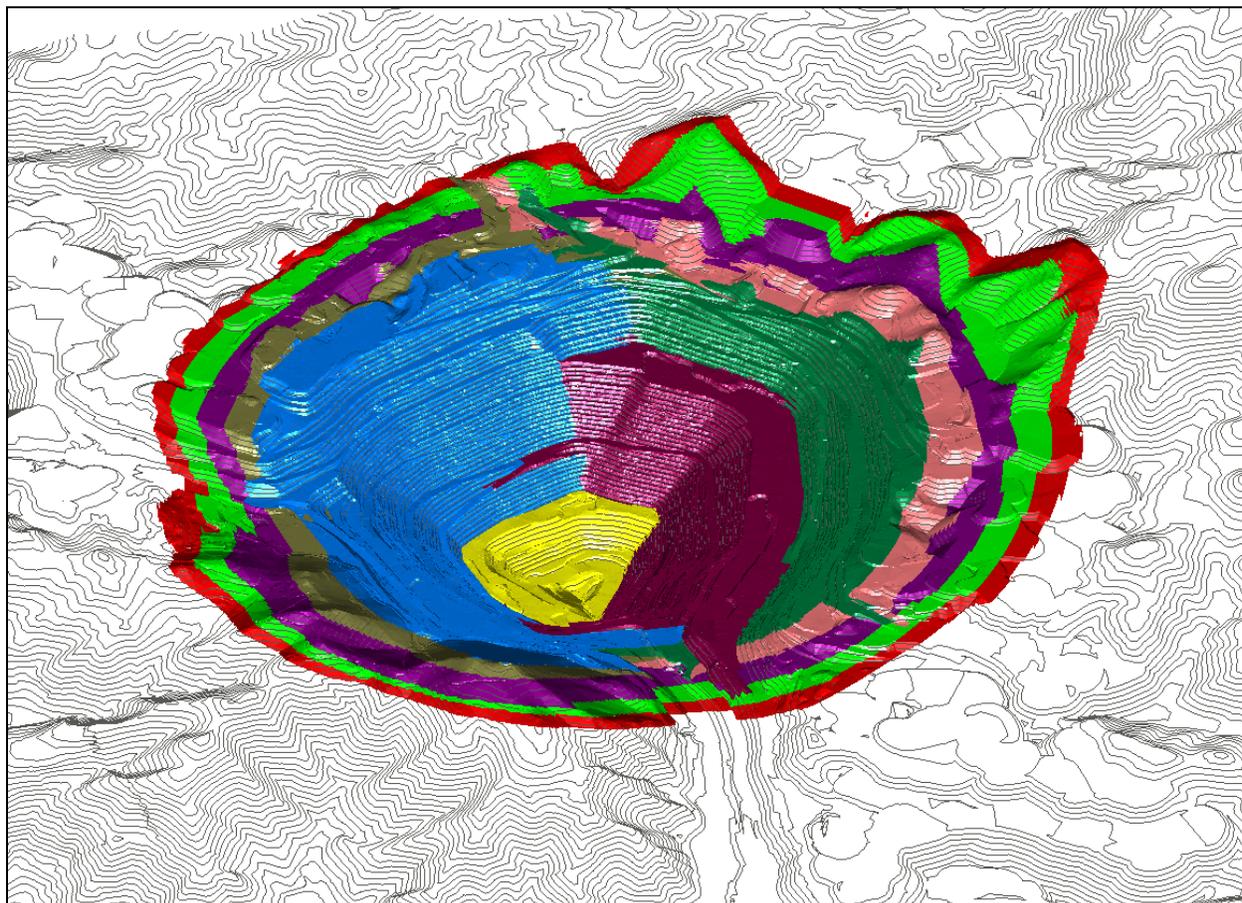
A continuación se expone el plan de minado para los 5 próximos años de la mina. Para alcanzar este plan se debe mover aproximadamente 590 mil toneladas por día. La mina tiene una vida útil de 54 años con las reservas actuales, asimismo y a nivel de minado tiene proyectado una producción de 590 mil toneladas por día con leyes que fluctúan alrededor de 0.6% de Cu de mineral para planta y ley de 0.129% de Cu para la planta lixiviable.

Tabla N° 02: Plan de Minado 2014-2018.

	UM	2014	2015	2016	2017	2018
Mineral	TM	20,055,000	19,681,000	41,274,000	41,312,000	41,416,000
Ley de Cu en Mineral	%	0.601	0.604	0.608	0.659	0.617
Lixiviable	TM	42,617,379	70,604,138	72,347,856	61,756,835	64,661,893
Ley de Cu en Lixiviable	%	0.129	0.176	0.189	0.166	0.133
Desmante	TM	152,043,826	154,714,762	131,378,087	141,931,105	138,922,047
Total Material Minado	TM	214,716,205	244,999,900	244,999,943	244,999,940	244,999,940

Fases de minado

Este es el actual modelo de mina que se viene trabajando. Ahí se puede observar las diferentes fases de minado que se tiene. Actualmente se está trabajando las fases 3,4 y 5.



CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACION DEL SISTEMA MINESTAR

4.1 Definición del Sistema Minestar

CAT MineStar system es el sistema de gestión de equipos más amplio e integrado de la industria minera. Es una suite de productos inteligentes, cada uno de los cuales puede configurarse de manera independiente y personalizarse de acuerdo a las necesidades y características de cada operación, en línea con su objetivo de aportar a la máxima productividad, seguridad y optimizar la gestión de todos los recursos de la mina. Esta plataforma no solo da información en tiempo real a los operadores de las máquinas, para controlar y mejorar su operación, sino también al personal de administración de la mina, para el monitoreo, el análisis del movimiento de flota, el estado de las máquinas y su productividad

Equipos Auxiliares

Rastrea el estado de cada pieza equipo auxiliar, coloca las tareas en orden de prioridad, y las asigna remotamente a los operadores. Monitorea el desempeño de mantenimiento, planifica operaciones y requisitos de flotas, e identifica las áreas con problemas para mejorar la productividad.

Camión de Agua

Rastrea el uso de camiones de agua y mejora las operaciones diarias. Provee porcentajes tiempo/cantidad por segmento de camino, salida y frecuencia con diámetros de rociado conocidos, Indicadores Clave de Rendimiento (KPI) del operador y mapas de categorías de tiempo.

Alineamiento de Cuadrillas

Automáticamente asigna personal a los equipos, antes del inicio del turno. Garantiza que cada equipo tenga un operador asignado debidamente calificado. Reúne información de varios registros de base de datos (Lista, calificaciones de equipo, término del turno) antes de asignar el personal.

Manejo del Servicio de Combustible

Incrementa la productividad de acarreo general al minimizar eventos de reabastecimiento de combustible. Optimiza el manejo del combustible asignando camiones a las estaciones de combustible, basándose en un valor calculado de combustible que queda en el tanque.

Análisis de Carga

Obtiene información de carga de sistemas de terceras partes que son usados por varios fabricantes de camiones. Recolecta información en tiempo real de los sistemas de carga de las cargadoras, palas y camiones. La información queda disponible para ser analizada por las utilidades de reporte estándar.

Manejo de Registros de Capacitación

Provee al personal de mina información actual sobre el desempeño del operador, experiencia, y niveles de calificación para un equipo. Asegura que los operadores con más experiencia sean asignados a los equipos de prioridad.

Si bien es cierto que el MINESTAR administra todos los inconvenientes respecto a flota, asignación dinámica, cálculo de camiones, rastreo de unidades, etc de los equipos en mina, también es cierto que para que entre en funcionamiento se necesita que la mina se encuentre en operaciones por algún tiempo.

El sistema MINESTAR comprende los siguientes módulos que interactúan uno entre otros en tiempo real y pueden ser visualizados desde cualquier parte del mundo. Estos son:



Figura N° 05: Arquitectura Sistema Minestar

Fleet

El cliente de Fleet es la aplicación de software de oficina utilizada por el personal de la oficina para monitorear y administrar el sistema Fleet. El diseño del cliente de Fleet es similar a

muchas aplicaciones de Microsoft Windows, así que la mayoría de los usuarios estarán familiarizados con la función y la interfaz del usuario básicas.

La flota mejora la administración de todos los tipos de operaciones de equipos en una única instalación minera o en instalaciones múltiples. También permite perforar con facilidad y obtener análisis y vistas detallados, desde el informe en grupos de activos de selección hasta máquinas individuales.

Con la capacidad de ejecutar escenarios que ayuden a determinar el impacto de cambios operativos antes de implementarlos, Fleet facilita mantener la ejecución de operaciones de manera segura en su máximo desempeño con control en tiempo real.

Fleet puede funcionar con datos de todos los tipos de activos y equipos, incluyendo camiones de obras, cargadores de ruedas, motoniveladoras, tractores topadores de ruedas, palas, vehículos de trabajo liviano y equipos de otros fabricantes, que permiten a reducir costos por tonelada, mejorar la productividad e impulsar la rentabilidad de la instalación total.

Paquetes de capacidad de Fleet

Producción. Ofrece visibilidad en tiempo real del rendimiento de carga, entrega rendimiento de carga de pala mejorado y aumenta la predicción de carga.

- **Posición y material.** Controla el tipo y el movimiento de materiales, alerta a los operadores y planificadores de las rutas erróneas para garantizar que el material se traslade a la ubicación adecuada. También controla la ubicación de la máquina para la flota completa e incorpora la función de reproducción para analizar el movimiento de volquetes y la congestión del camino de acarreo.
- **Asignación y optimización.** Programa y asigna camiones, maximiza la producción y el uso de la pala, minimiza el tiempo de espera del camión y administra los cambios de

jornada de trabajo.

- **Compartir datos.** Le permite a la flota compartir datos e información con otros sistemas de administración de minería electrónica.
- **Multi-Site.** Permite la administración de múltiples instalaciones equipadas con Fleet desde un centro de control sencillo.

Terrain

Fleet proporciona administración en tiempo real de seguimiento, asignación y productividad de la máquina, brindándole una descripción general integral de todas las operaciones en cualquier lugar del mundo

A través de herramientas poderosas ayuda en todas las tareas, desde la planificación de la perforación y la tronadura hasta el control de los minerales y la planificación de la mina. Terrain permite una administración basada en hechos más oportuna y eficaz para todas las operaciones de perforación, dragalina, nivelación y carga.

Una pantalla ubicada en el interior de la cabina se puede observar los planes de pendiente y perforación que proporciona a los operadores la posición exacta de la máquina dentro de la zona de trabajo, el trabajo que se debe realizar y las tareas que ya se terminaron. En la pantalla también se resaltan las zonas de evitación y otros datos para mejorar la seguridad del sitio de trabajo y la eficiencia de la máquina. Además, Terrain tiene una gran cantidad de datos de administración que está disponible por medio de un sistema de software de oficina único e integrado.

Terrain para carga

Terrain para carga es un sistema monitor y de orientación de la máquina versátil que funciona con herramientas de carga para aumentar la productividad de la máquina.

Terrain para dragalinas

Terrain para dragalinas emplea la orientación de un Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS) y el monitoreo a bordo a fin de garantizar que el material se traslade a la ubicación correcta la primera vez.

Terrain para nivelación

Terrain para nivelación es un sistema monitor y de orientación de la máquina versátil que funciona para disminuir los costos de encuesta y aumentar la productividad de la máquina

Terrain para perforaciones

Terrain para perforación usa la orientación de un Sistema Satelital de Navegación Global (GNSS) de alta precisión para dirigir la ejecución de patrones de perforación, mientras permite el monitoreo remoto de actividades de perforación.

Detect

Detect ayuda a aumentar la concientización del operador, mejorando la seguridad en su operación. Incluye una gama de capacidades diseñadas para asistir al operador en la detección de puntos ciegos y la proximidad de equipos fijos y móviles.

Cuando el personal debe trabajar cerca de equipos mineros grandes, la prioridad máxima es mantener seguros a los trabajadores. Detect mejora el reconocimiento que los operadores pueden hacer acerca del entorno inmediato alrededor de los equipos controlados por el

personal o de forma remota, ya sea que se trate de una máquina móvil o un equipo fijo como un sistema de tajo largo para minería subterránea. El sistema se puede configurar para satisfacer las necesidades del sitio con una variedad de paquetes de capacidad

Visión

Visión ofrece a los operadores una mejor visualización de lo que ocurre alrededor de los equipos y, de esta forma, mejora la seguridad en la superficie y bajo la tierra.

Detección de objetos

La detección del radar mejora el reconocimiento del entorno de trabajo en áreas críticas cerca del equipo móvil, lo que mejora la confianza del operador y la seguridad en el sitio.

Reconocimiento de proximidad

La función de reconocimiento de proximidad mejora la seguridad de las operaciones de superficie al extender el alcance del sensor del equipo móvil con capacidades de posicionamiento satelital.

Command

Command incluye sistemas con control remoto, semiautónomos y autónomos para equipos móviles de minería de superficie y subterránea. Al integrar las capacidades de Fleet, Terrain, Detect y Health, produce mejoras importantes de la seguridad, productividad y disponibilidad en su operación. Aumenta drásticamente la seguridad, productividad y disponibilidad con sistemas de control remotos e integrados, autónomos o semi autónomos.

Soluciones autónomas para perforación, acarreo, explanación, tajo largo y actividades subterráneas

Por medio del trabajo con otros conjuntos de capacidades de Cat® MineStar™ System, Command reúne las tecnologías necesarias para una operación completamente integrada de sistemas de minería autónomos, semiautónomos y controlados de forma remota. Se ha comprobado que Command trabaja a la perfección con todas las actividades, los equipos y el personal del sitio de la mina y, de esta manera, lo ayuda a trabajar de forma segura y productiva en una variedad más amplia de entornos desafiantes.

Diferentes niveles de control del operador

Por medio del aprovechamiento de las ventajas que ofrecen las tecnologías y los sistemas probados, así como también de los avances significativos en lo que respecta a orientación y detección remota, Command ofrece una gama de sistemas de equipos que requieren diferentes niveles de participación del operador.

La tecnología de control remoto requiere de los operadores humanos para la mayoría de las funciones de las máquinas, pero los saca de los equipos en sí. Estos sistemas les permiten a los operadores trabajar desde una ubicación segura que puede estar lejos del lugar físico de trabajo.

Los sistemas semiautónomos permiten que los operadores trabajen desde una ubicación remota y, al mismo tiempo, automatizan porciones significativas del ciclo de trabajo; de esta manera, liberan a los operadores de algunas de las tareas más tediosas o exigentes.

Las soluciones autónomas eliminan por completo la necesidad de operadores humanos de máquinas. Las máquinas se dirigen a través de un sistema de control que les informa dónde deben ir y qué deben hacer, pero los sistemas de inteligencia incorporados "deciden" por su

cuenta cómo navegar hacia el área de trabajo indicada y realizar las tareas asignadas.

Caterpillar lanzará productos autónomos en los próximos meses, incluidos Command para acarreo y Command para perforación.

Todas estas soluciones dan lugar a sitios mineros completos más seguros, con menor presencia humana en el área propiamente dicha. Además, las operaciones tienen el potencial de ser más eficientes y productivas, con menores posibilidades de que el operador cometa errores o se lesione.

Health

Gracias a las poderosas herramientas analíticas y de informes, Health posibilita la administración oportuna basada en hechos del servicio y mantenimiento de los equipos, lo que ayuda a reducir los costos y aumentar la disponibilidad.

Monitoreo integral de la condición y el estado de la máquina, servicio y gestión de mantenimiento

Al identificar los diversos tipos de posibles problemas con los equipos antes de que se presente una falla, Health se dedica a minimizar los tiempos de inactividad no programados con las pérdidas de productividad asociadas. Además, le ayuda a mantener sus costos de operación a raya, optimizando la gestión de servicios y mantenimiento y su programación.

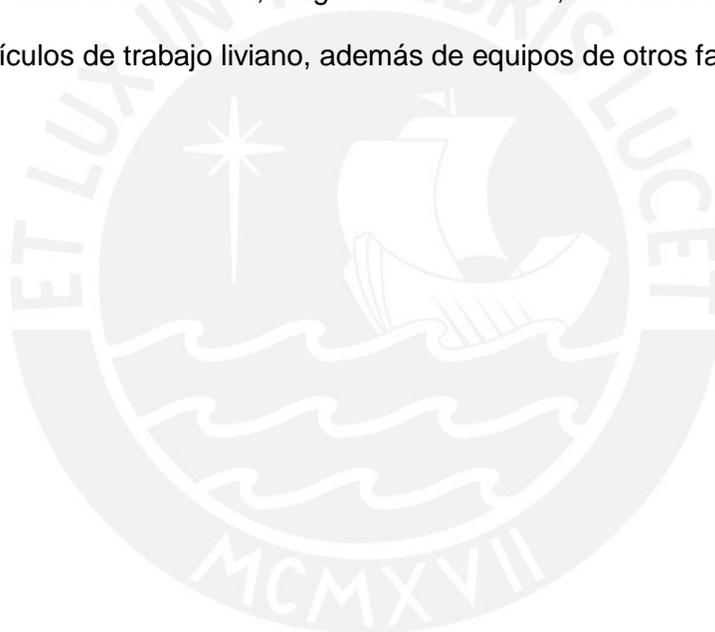
Optimización de planificación y programación

Health incluye capacidades integrales de planificación de servicio y mantenimiento. Permite a los gerentes identificar qué equipos deben pasar a servicio, programar reparaciones y mantenimiento, saber qué procedimientos se realizaron y monitorear el modo en que cada máquina se desempeña una vez que es reincorporada a las tareas.

Identificación de los problemas del sitio

Health también puede ayudar a identificar los problemas más allá de los equipos, entre ellos las áreas problemáticas dentro de la mina en sí. Con las capacidades de seguimiento de GNSS, genera informes que muestran dónde se producen alertas de condición y de operación. Esto puede ayudarle a detectar problemas en el sitio, como condiciones precarias del camino de acarreo, que podrían afectar la condición de la máquina, la disponibilidad de la máquina y la duración del activo.

Health presta una funcionalidad universal que funciona virtualmente con cualquier equipo de un sitio minero, incluso camiones de obras, cargadores de ruedas, motoniveladoras, tractores de ruedas, palas y vehículos de trabajo liviano, además de equipos de otros fabricantes.



4.1. Arquitectura

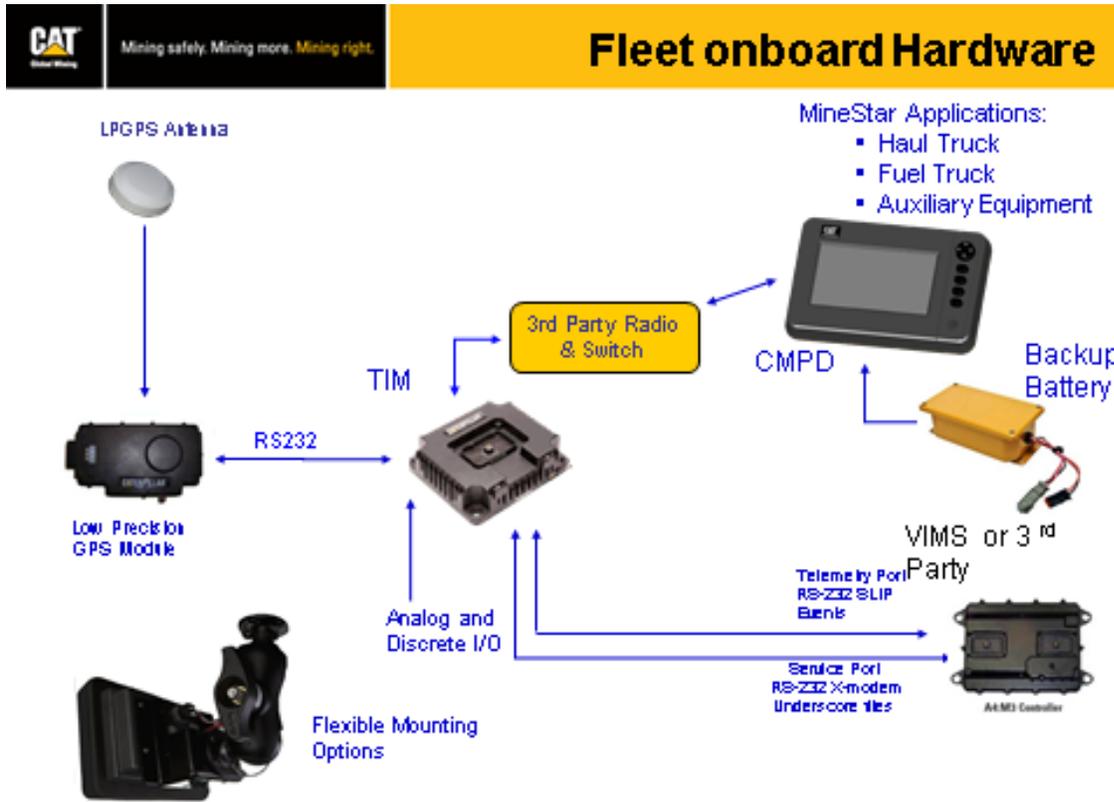


Figura N° 06: Hardware Minestar

Antena LPGPS

Recepciona la señal de los satélites NAVSTAR (satélites Americanos). Esta antena está ubicada en el mismo equipo en una zona libre donde pueda tener una correcta señal.

Receptor GPS

Se encarga de convertir las señales GPS que recepciona de los satélites en posición a coordenadas locales de la mina

TIM

Es la computadora del Minestar. Mediante este hardware configura las direcciones IP, nombres, mensajes de posición. Procesa toda la información del equipo y la envía a la oficina mediante el Fleet y almacena la data histórica del equipo.

CMPD

Es el display o interfaz donde se muestra la información al operador en tiempo real. Contiene un dispositivo inteligente que procesa información que envía y recibe con el fleet

Batería

Esta única con el CMPD, tiene la función de un UPS y es para que el CMPD almacene la información correcta antes de ser apagado el equipo

Adicionalmente este sistema trabaja con la computadora del equipo (VIMS) el cual interactúa en tiempo real con el sistema Minestar por medio del TIM. Esto permite una correcta comunicación y permite guardar la data histórica de cada equipo.

4.2. Tecnología

Minestar usa información en tiempo real obtenida por los equipos, Palas (CAES), Volquetes (VIMS) y el Sistema para Perforaciones AQUILA.

Minestar obtiene datos de los equipos, los procesa y maximiza la eficacia operativa a través de un flujo de información eficaz y puntual, logrando procesos más eficientes

El módulo Fleet está conformado por

- Application Server
- Database Server
- Reporting Server

- Backup Server

4.3. Comandos de control

Comandos de control para el Administrador y Despachador:

Esta pantalla muestra la distribución de los equipos de carguío de mina, así como las asignaciones fijas que tienen cada pala o equipo de carguío. También se puede ver el bloque a tiempo real y el último bloque que cargo la pala o cargador.

Despachador	Herramienta	Operador	Tipo de Demora	Procesadores Autorizados	Tiempo de carga	Bloque asignado (predeterminado)	Último bloque asignado	Toneladas/Hora	Último Mote	Camiones/hora
301			Reparación Motor	[BOT3440] [BOT3440] [BOT3440]	4.30 200ms	2878086-181	2878086-181	1.10	2.0	2.0
303	[T11, T12, T13, T17, T18, T22, T24, T37, T54, T66, T93]	Quispe Quispe Edwin	Mantenimiento Programado	[BOT3440]	1m 49s	3201183-241	3201184-250	4 112.9671 th	Desmonte	18 h
305	[T01, T83, T86, T87, T89, T90, T94, T95, T96]	Lebaton Aquino Miguel Ma		[BOT3440]	2m 5s	3201184-252	3201184-255	2 764.5014 th	Desmonte	14 h
306	[T02, T03, T14, T26, T28, T31, T34, T35, T56, T87, T82]	Marca Benancio Miguel Angel		[BOT3440]	1m 28s	3201192-248	3201130-178	4 847.0315 th	Desmonte	19 h
308	[T07, T10, T20, T30, T33, T60, T65, T87, T82, T84]	Villanueva Camiro Eduardo		[BOT3440]	1m 28s	3201193-897	3201131-957	5 346.0021 th	Desmonte	22 h
307	[T04, T08, T09, T56, T21, T36, T62, T68, T92]	Huanca Huanca Pedro Javier		[CHAN(LIUVIABLE)]	54s 700ms	3201130-190	3201130-190	5 383.2153 th	Leach	22 h
308	[T27, T60, T63, T64, T65, T68]	Calano Salamancia Francisco		[BOT3590]	1m 20s	3200007-004	3200007-005	5 192.4908 th	Desmonte	9 h
304		Jova Montenegro Raul Nicolas	Mecanico	[TOLVA_3]	2m 21s	3200006-045	3200006-046	0 th	Mineral	0 h
305	[T06, T51, T81, T85, T91, T97]	Turpo Quispe Jesus Adrian		[STOCK320T1]	5m 51s	2890094-182	2890094-182	1 734.6042 th	Mineral	9 h
306	[T18, T28, T38]	Vica Mamani Justo		[BOT3590]	2m 13s	3200007-004	3200007-004	3 001.0491 th	Desmonte	11 h
TOLVA01				[BOT3440] [BOT3440] [BOT3440]	1 m 4 s	3220001-041	3220001-041	1 th		1 h
TOLVA02	[Train_26, Train_40, Train_50, Train_51, Train_50]			[BOT3440] [BOT3440] [BOT3440]	4m 31s	3220001-062	3220001-062	136 th		2 h
TOLVA03			no Programado	[BOT3440] [BOT3440] [BOT3440]		3220001-003	3220001-003	289.1 th		1 h

Figura N° 07: Vista de Herramientas de Carguío

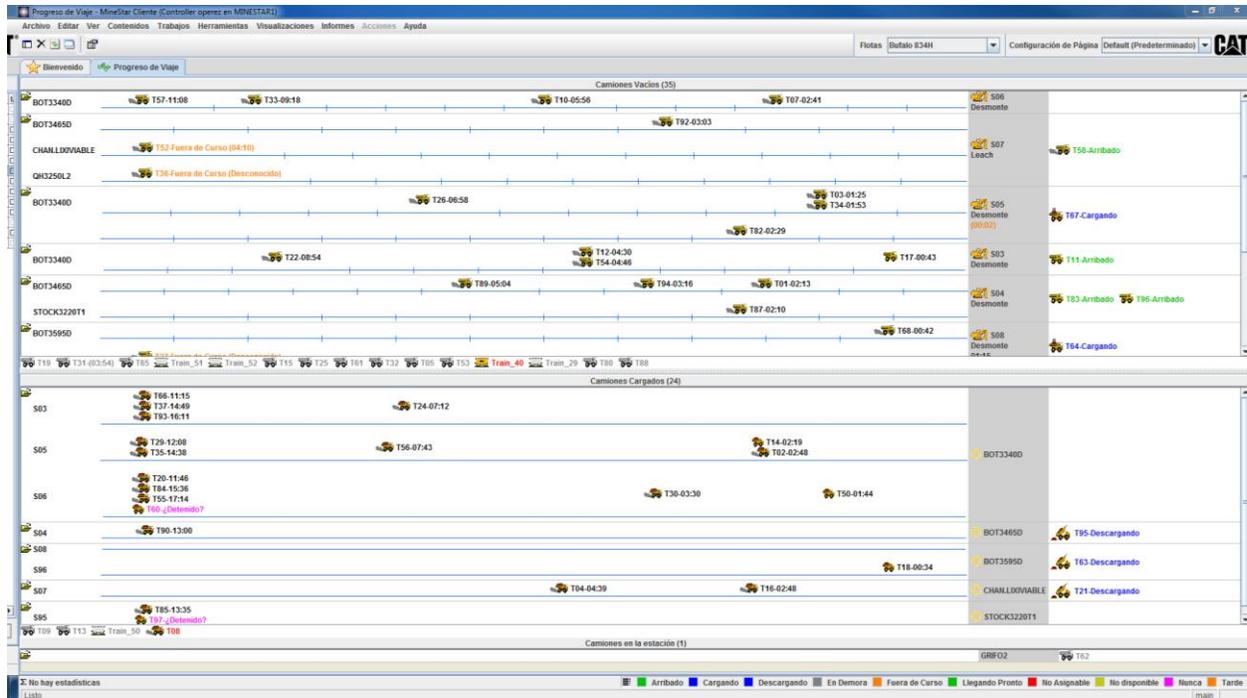


Figura N° 08: Vista de Diagrama de Progreso de Viaje

En esta pantalla se muestra el diagrama de progreso de viajes de cada equipo de carguío. Desde un destino inicial hasta un destino final. Se muestra en dos etapas una de equipos vacíos y la otra de equipos de cargados

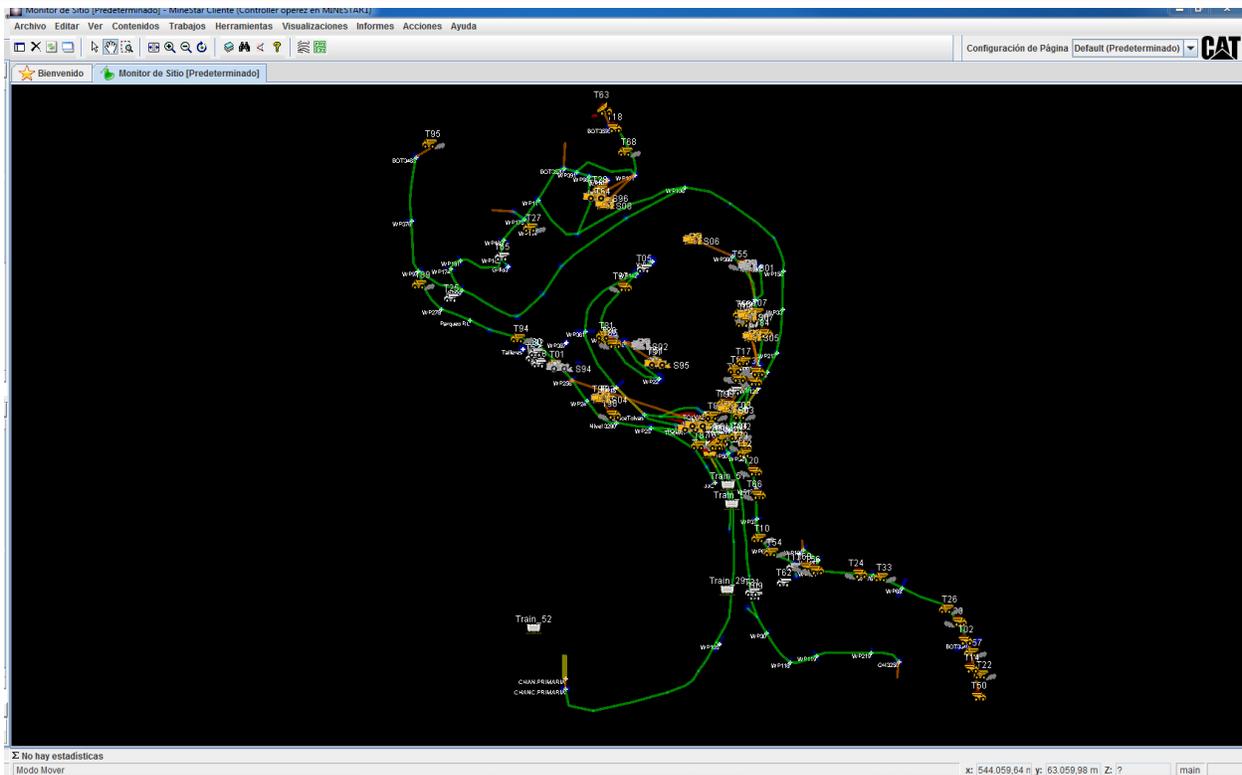


Figura N° 09: Vista de Monitor de Sitio

En el siguiente cuadro se muestra un cuadro de monitor de sitio. Aquí se observa en tiempo real la posición exacta de cada equipo en la mina, así como las rutas de acarreo en todo el pitt.

Reconocido	Confirmado	Objetivo de Demora	Duración	Tipo de Demora	Descripción de la demora	Hora de inicio	Tiempo de finalización
		834H-4	37m 54s	Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	06:59:06 19 mar 14	07:37:00 19 mar 14
		844-1	13hr 13m 31s	Cambio Turno		19:09:05 19 mar 14	08:22:36 19 mar 14
		9735-1	12hr 26m 12s	Cambio Turno		19:09:45 19 mar 14	07:38:52 19 mar 14
		D197-2	12hr 47m 36s	Cambio Turno		19:10:31 19 mar 14	07:58:06 19 mar 14
		DR01	51m 54s	Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	07:04:16 19 mar 14	07:56:10 19 mar 14
		DR02	31m 52s	Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	07:08:11 19 mar 14	07:40:03 19 mar 14
		DR23	9m 51s	Movimiento coito	MACHINE GEN Started a del.	07:44:03 19 mar 14	07:53:54 19 mar 14
		DR04	45m 56s	Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	07:08:27 19 mar 14	07:54:23 19 mar 14
		DR07	54m 29s	Electrica	SEN LIDER	06:55:35 19 mar 14	07:50:01 19 mar 14
		DR27	17m 57s	Lubricación	MACHINE GEN Started a del.	07:50:01 19 mar 14	08:07:58 19 mar 14
		DR08	39m 27s	Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	06:58:09 19 mar 14	07:37:36 19 mar 14
		DR08	20m 51s	Cambio de braca	MACHINE GEN Started a del.	07:48:53 19 mar 14	08:09:44 19 mar 14
		DR08	14m 26s	Movimiento coito	MACHINE GEN Started a del.	06:51:35 19 mar 14	09:06:01 19 mar 14
		DR18	28m 44s	Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	07:51:27 19 mar 14	07:56:11 19 mar 14
		TO19	13m 42s	Reparando combustible	MACHINE GEN Started a del.	07:51:29 19 mar 14	13:08:11 19 mar 14
		CHAU LUDIVABLE	33m 29s	Alto de toba		08:41:44 19 mar 14	09:15:04 19 mar 14
		32m 36s				07:02:28 19 mar 14	07:45:04 19 mar 14
		59m 18s			MACHINE GEN Started a del.	07:01:12 19 mar 14	08:00:28 19 mar 14
		16m 39s			MACHINE GEN Started a del.	08:18:28 19 mar 14	08:33:07 19 mar 14
		34m 36s			MACHINE GEN Started a del.	07:05:08 19 mar 14	07:38:39 19 mar 14
		27m 6s			MACHINE GEN Started a del.	07:03:26 19 mar 14	07:30:32 19 mar 14
		7m 33s			MACHINE GEN Started a del.	07:31:01 19 mar 14	07:38:34 19 mar 14
		7m 14s			MACHINE GEN Started a del.	09:09:59 19 mar 14	09:11:04 19 mar 14
		32m 11s				07:07:01 19 mar 14	07:39:17 19 mar 14
		38m 3s			MACHINE GEN Started a del.	07:05:27 19 mar 14	07:43:30 19 mar 14
		33m 11s				07:07:12 19 mar 14	07:48:24 19 mar 14
		36m 37s				07:07:20 19 mar 14	07:43:57 19 mar 14
		42m 6s		Mecanico	cable compuerta roto	07:56:01 19 mar 14	08:38:07 19 mar 14
		9m 41s		Mecanico		08:41:24 19 mar 14	08:51:05 19 mar 14
		2m 5s		Mecanico		08:54:02 19 mar 14	08:56:07 19 mar 14
		38m 27s		Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	07:00:58 19 mar 14	07:39:25 19 mar 14
		33m 48s		Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	07:06:25 19 mar 14	07:40:14 19 mar 14
		34m 12s		Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	07:06:41 19 mar 14	07:40:53 19 mar 14
		10m 13s		Entalbe	MACHINE GEN Started a del.	08:31:47 19 mar 14	08:42:00 19 mar 14
		40m 58s		Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	07:10:53 19 mar 14	07:51:01 19 mar 14
		27m 44s		Cambio Turno	MACHINE GEN Started a del.	07:08:08 19 mar 14	07:35:53 19 mar 14
		22m 59s		Reparando combustible	MACHINE GEN Started a del.	08:50:39 19 mar 14	09:18:38 19 mar 14
		55m 31s		Cambio Turno		07:10:53 19 mar 14	08:06:21 19 mar 14
		38m 58s		Cambio Turno		07:10:50 19 mar 14	07:49:48 19 mar 14
		39m 25m 42s		Falta operador		04:20:22 19 mar 14	07:46:14 19 mar 14
		1hr 1m 9s		Cambio Turno		07:05:05 19 mar 14	08:14:19 19 mar 14
		59m 55s		Cambio Turno		07:05:28 18 mar 14	07:35:23 19 mar 14

Figura N° 10: Cuadro de demoras

Se muestra el cuadro de demoras de todos los equipos en mina. Estas demoras se puede escoger según hora/día/año

Objetivo de Demora	Tipo de Demora	Categoría	Horas	Terminado	Duración	Tempo restante	Reconocido	Confirmado	Descripción
834H-4	No Programado	Idoneo	03:32:20 01 feb 14	0h 34	No	No	No	No	Equipo no usado por Operaciones Mina
844-1	No Programado	Idoneo	23:52:44 01 feb 14	0h 36	No	No	No	No	Equipo no es usado por Operaciones M.
D197-2	No Programado	Idoneo	19:11:11 06 feb 14	0h 52	No	No	No	No	
DR01	Mantenimiento Programado	Mantenimiento Programado	19:06:15 10 mar 14	1h 16	No	No	No	No	OVER HOUR
DR02	Programa	Standby	00:25:57 17 mar 14	29:09:40	No	No	No	No	
DR23	Reparación	Reparación	11:17:42 17 mar 14	12:29m 52m	No	No	No	No	reparacion de toba
DR04	Mecanico	Mantenimiento No Progra.	05:45:15 18 mar 14	14:39:45m	No	No	No	No	Cambio de rotores
DR07	Mantenimiento Programado	Mantenimiento Programado	06:00:31 18 mar 14	14:39:30m	No	No	No	No	PM
DR08	Falta operador	Standby	07:08:27 18 mar 14	14:39:29m	No	No	No	No	
DR27	Falta operador	Standby	09:38:54 18 mar 14	20h 51m 38s	No	No	No	No	
DR08	Mecanico	Mantenimiento No Progra.	17:39:45 18 mar 14	19h 24m 0s	No	No	No	No	
DR08	Cambio Turno	Demora No Operativa	19:09:23 18 mar 14	19h 50m 47s	No	No	No	No	CADENERIA MASTIL CALIBRACION DE MO.
DR08	Electrica	Mantenimiento No Progra.	22:33:41 18 mar 14	19h 55m 48s	No	No	No	No	
DR08	Mantenimiento Programado	Mantenimiento Programado	03:02:00 19 mar 14	0h 28m 32s	No	No	No	No	PM
DR08	Reparación Mastil	Mantenimiento Programado	04:08:49 19 mar 14	5h 21m 49s	No	No	No	No	
DR08	Falta operador	Standby	06:33:23 19 mar 14	3h 57m 0s	No	No	No	No	
DR08	Radio	Idoneo	06:40:51 19 mar 14	3h 40m 36s	No	No	No	No	
DR08	Mantenimiento Programado	Mantenimiento Programado	05:45:19 19 mar 14	3h 45m 13s	No	No	No	No	PM
DR08	Mantenimiento Programado	Mantenimiento Programado	06:03:19 19 mar 14	3h 40m 36s	No	No	No	No	MACHINE GEN Started a delay. Mand.
DR08	Electrica	Mantenimiento No Progra.	06:37:02 19 mar 14	2h 53m 30s	No	No	No	No	cambio pantalla led
DR08	Mecanico	Mantenimiento No Progra.	06:37:28 19 mar 14	2h 53m 30s	No	No	No	No	TEMPERATURA DE ACEITE DE TRANS.
DR08	Idoneo	Demora Operativa	06:45:50 19 mar 14	2h 44m 42s	No	No	No	No	
DR08	Idoneo	Demora Operativa	06:58:24 19 mar 14	2h 44m 42s	No	No	No	No	
DR08	Idoneo	Demora Operativa	07:07:37 19 mar 14	2h 44m 42s	No	No	No	No	
DR08	Mecanico	Mantenimiento Programado	08:08:03 19 mar 14	2h 20m 29s	No	No	No	No	luga al freno
DR08	Movimiento coito	Demora Operativa	08:10:29 19 mar 14	1h 20m 29s	No	No	No	No	
DR08	Mecanico	Mantenimiento No Progra.	08:14:11 19 mar 14	1h 20m 29s	No	No	No	No	MACHINE GEN Started a delay. Movime.
DR08	Mecanico	Mantenimiento No Progra.	08:25:49 19 mar 14	1h 44m 52s	No	No	No	No	luga dif
DR08	Mantenimiento Programado	Mantenimiento Programado	08:27:58 19 mar 14	1h 2m 34s	No	No	No	No	pm
DR08	Esperando para Descarga	Demora Operativa	08:30:39 19 mar 14	55m 59s	No	No	No	No	pm primaria
DR08	Electrica	Mantenimiento No Progra.	08:40:00 19 mar 14	55m 32s	No	No	No	No	HA perdido fuerza
DR08	Electrica	Mantenimiento No Progra.	08:02:08 19 mar 14	2m 21s	No	No	No	No	cal marcha
DR08	Reparando combustible	Demora Operativa	09:13:09 19 mar 14	17m 32s	No	No	No	No	MACHINE GEN Started a delay. Retena.
DR08	Movimiento coito	Demora Operativa	09:22:45 19 mar 14	2m 44s	No	No	No	No	
DR08	Cambio Turno	Demora No Operativa	09:03:58 19 mar 14	0h 23m 38s	No	No	No	No	MACHINE GEN Started a delay. Invoiva.
DR08	Mantenimiento Programado	Mantenimiento Programado	07:06:49 19 mar 14	0h 23m 43s	No	No	No	No	PM
DR08	Otros Operaciones	Demora Operativa	08:35:41 19 mar 14	0h 40m 44s	No	No	No	No	MACHINE GEN Started a delay. Cambio.
DR08	Necesidades fisiologicas	Demora Operativa	09:11:54 19 mar 14	11m 38s	No	No	No	No	MACHINE GEN Started a delay. Necesit.

Figura N° 11: Cuadro de demoras

En este cuadro se muestran las demoras en curso de los equipos en mina en tiempo real

Comandos de control para el Operador:

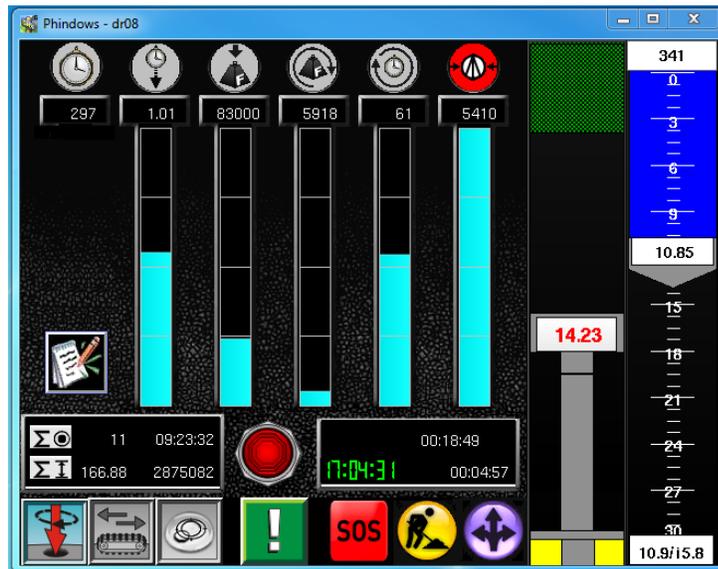


Figura N° 12: Panel de Perforadora

Pantalla del operador de Perforadora el cual comanda y controla la Perforadora. Tiene comandos para poner demora, cambio de turno, niveles de perforadora, velocidad de rotación, huecos perforados, profundidad de hueco, malla de perforación.

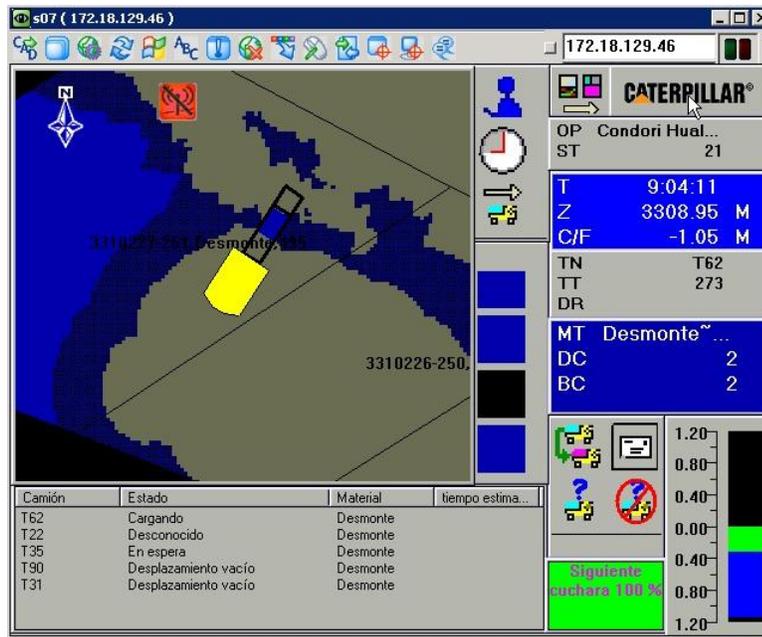


Figura N° 13: Panel de Pala

Pantalla que tiene el operador de pala. En esta pantalla se puede escoger el tipo de demora, bloque a excavar, registro de equipo, mensajes a control, entre otros.

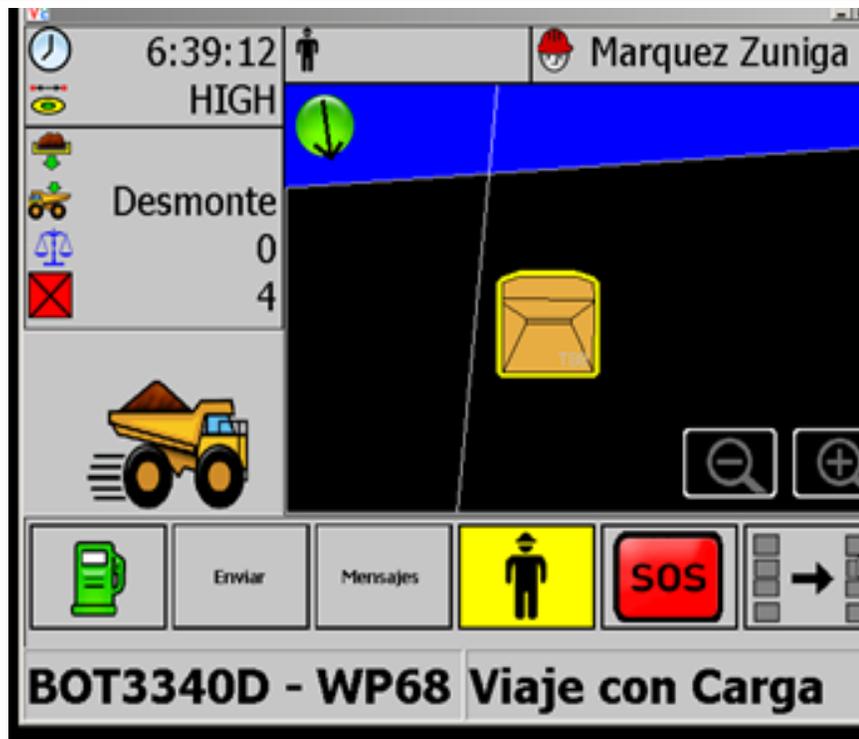


Figura N° 14: Panel de Volquete

Pantalla que tiene el operador de volquete. En esta pantalla se puede escoger el tipo de demora, registro de equipo y mensajes a control

4.4. Sistema Modular

Diagnóstico del despacho actual con modular

Se encontraron amenazas y debilidades en el sistema de Control Modular es por eso que se tomó la decisión de hacer un cambio tecnológico para este mismo

Desventajas:

Se presenta una dificultad en el Modular ya que sus equipos son antiguos, se remontan al año 1991 y tiene unos servidores muy antiguos. A continuación se presentan algunas de las principales falencias:

Servidores Sun(1991-Actualidad)

- Trabaja con Sistema Operativo UNIX, el cual no presenta soporte en la actualidad
- Mantenimiento costoso de Hardware del Servidor
- Hay riesgo de que el servidor colapse por falta de mantenimiento.
- No se puede acceder a los nuevos Módulos desarrollados por Modular ya que el sistema modular que tenemos es una versión muy antigua
- Elevado costo de soporte de software para esta versión.

Red de comunicaciones UHF

- Saturación del ancho de banda por incremento de equipos en los últimos años
- Trafico de comunicaciones Dispatch muy lento
- Pérdida constante de comunicación con los equipos.

Oportunidad de Mejora:

- Las nuevas tecnologías de redes de comunicación permiten tener un ancho de banda de acuerdo a las necesidades (WiMax, Cisco, WIFI, etc)

CAPÍTULO 5: APLICACIÓN PRACTICA DEL SISTEMA MINESTAR EN TOQUEPALA

5.1.- Implementación

Básicamente el sistema está encargado de registrar cada uno de los eventos que se producen durante los distintos ciclos de operación. Es en base a esta información que el sistema es capaz de determinar la ruta óptima de acarreo.

Las operaciones básicas que desarrolla el sistema son las siguientes:

- Registro de eventos relevantes del ciclo de acarreo.
- Transmisión instantánea de datos y posterior decodificación.
- Software del sistema registra y guarda los datos.
- Software procesa información y realiza asignaciones óptimas para camiones de extracción.
- Envío de asignación al camión de extracción respectivo

Implementación del despacho de volquetes con MINESTAR.

La implementación del MINESTAR se hizo de la forma siguiente: Se utilizó una combinación de hardware y software para proporcionar tareas de movimiento de tierra. Hardware para transmitir, recibir y procesar los datos para el sistema, asimismo el software proporciona al operador la información requerida con eficiencia.

La implementación consistió en: la capacitación a operadores de palas, perforadoras, volquetes, trenes y equipos auxiliares. Finalmente se hace una configuración para control remoto.

Asignación de elementos: personas, perforadoras, palas, volquetes, materiales, leyes, y equipos auxiliares.

Se efectuó el tareo a operadores de pala como SO, para operador de trenes como LOC, para operadores de perforadora como DR, para operadores de volquetes como T y Tk, y finalmente los operadores de equipos auxiliares de motoniveladora, tractor de ruedas, cargador frontal, tractor de orugas, y sistema de riego.

Obtención de resultados con el sistema de despacho MINESTAR

Con la implementación de MINESTAR, se determinó la producción de mina Toquepala en materiales como mineral 1 449 754 TM/mes; material de lixiviación de 3 270 103 TM/mes, desmonte 9 216 568 TM/mes y material retrabajado de 260 803 TM /mes en promedio, esto desde enero a setiembre del 2013. La eficiencia obtenida en volquetes al igual que en las palas fue de 86%.

5.2.- Resultados de la Implementación

El sistema Minestar ha mejorado el proceso productivo y ha reducido los costos para que el negocio sea competitivo. Se han identificado las áreas potenciales a mejorar y optimizar el ciclo de carguío y acarreo logrando una optimización en el año 2014 con respecto al año 2013 cuando se trabajaba con el antiguo sistema. A continuación se procederá a ver estos resultados de mejora de producción, productividad utilización efectiva, disponibilidad efectiva, costos y reducción de tiempos tomando como base el año 2013.(sistema modular) que son las dos actividades unitarias más costosas.

5.2.1.- Producción

Debido al cambio tecnológico se tuvo una mejor asignación a la flota y mejor control de las demoras, esto produjo una mejora en la producción diaria. En el 2013 se tuvo una producción total de 184'494,000 toneladas de materia movido, esto da un promedio de producción de 505 000 ton de material movido por día. Desde Enero 2014 se ha tenido un incremento en la producción. Entre Enero y Febrero se tiene un promedio de producción diaria que asciende a 580 000 toneladas diarias.

En el siguiente cuadro se muestra un histórico de la producción desde el 2010 hasta el 2014. En el 2014 se estima la producción anual con el producido entre los meses de Enero y Febrero.

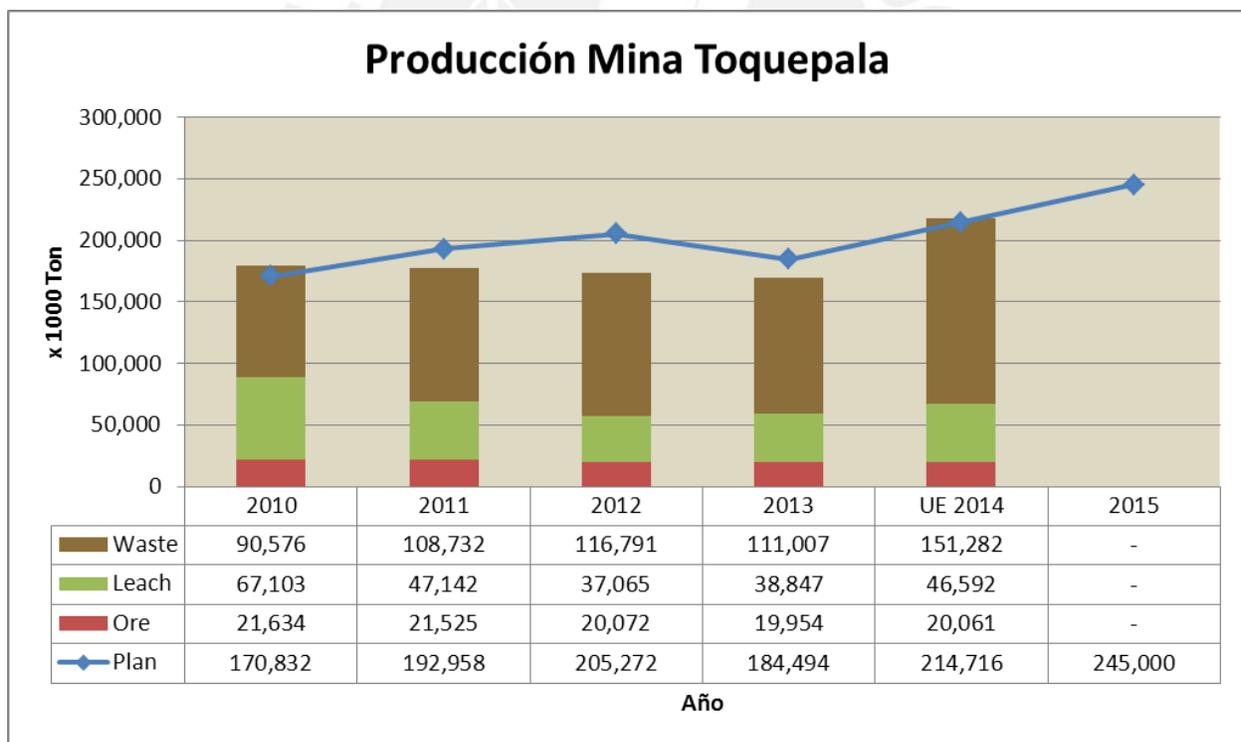
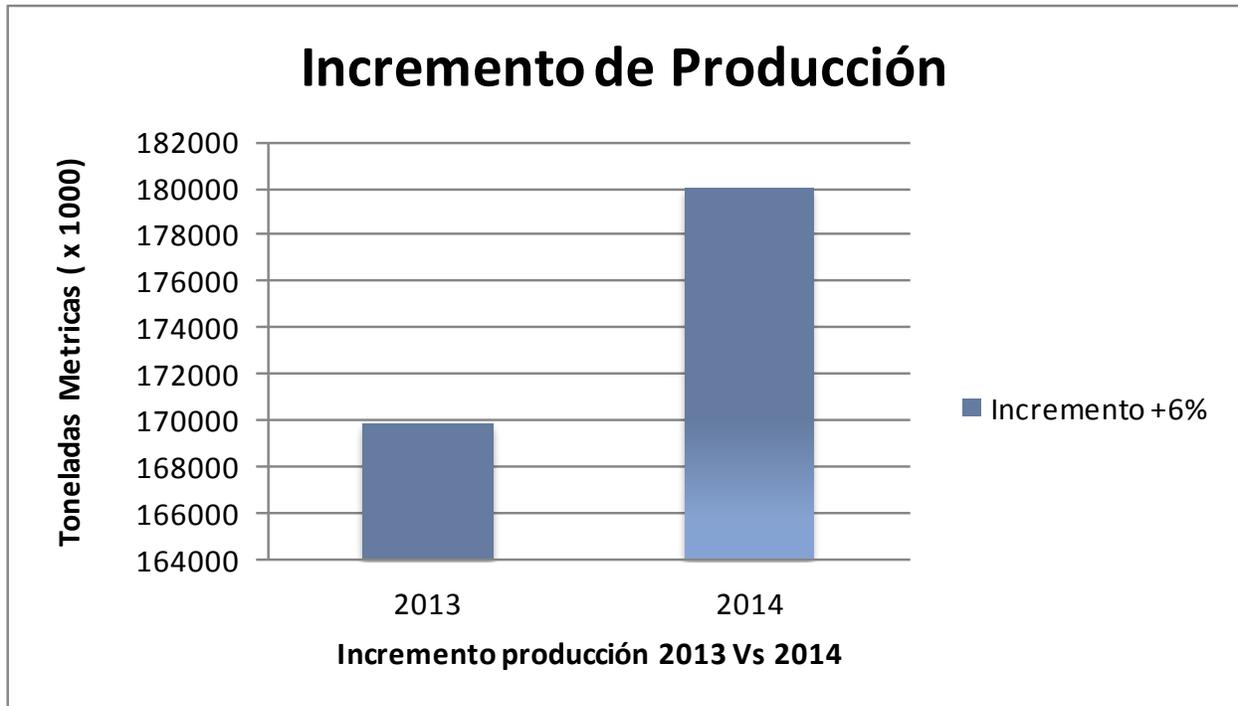


Figura N° 15: Producción Mina Toquepala



Esto significa un incremento en producción de 6 % con respecto al sistema anterior

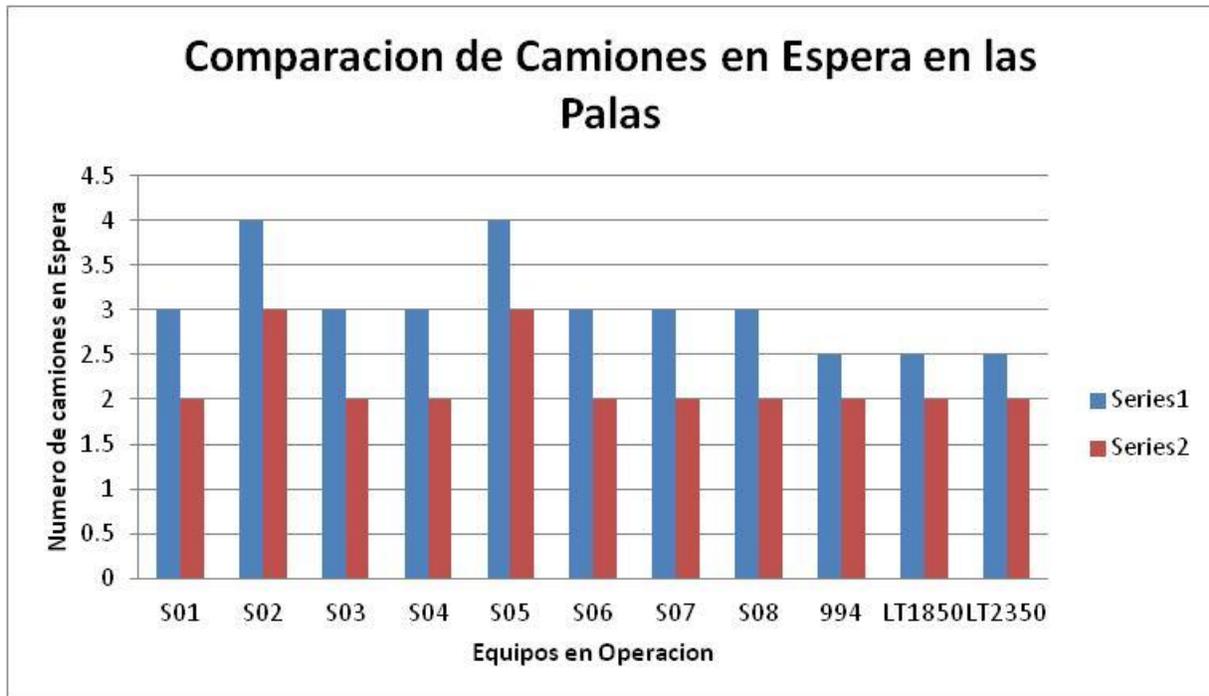
5.2.2.- Productividad

El sistema Minestar tiene su fundamento en disminuir los tiempos de espera, tanto de la pala como del camión, afectando directamente a la productividad efectiva del equipo, ya que los equipos trabajan más eficientemente.

En función que se entienda que el sistema trabaja básicamente para disminuir las esperas de los equipos como producto de una buena asignación dinámica en los diferentes equipos de carguío, entonces será evidente la importancia de mantener corriendo óptimamente todos los elementos que compartan este sistema como parte de una tecnología de control de procesos.

La mejora de la performance del Sistema Minestar y la gestión adecuada del sistema tiene su base en la sustentación teórica que conlleva a entender como esta tecnología logra aumentar la productividad efectiva de las flotas de carguío y acarreo, cuando la plataforma tecnológica funciona eficientemente.

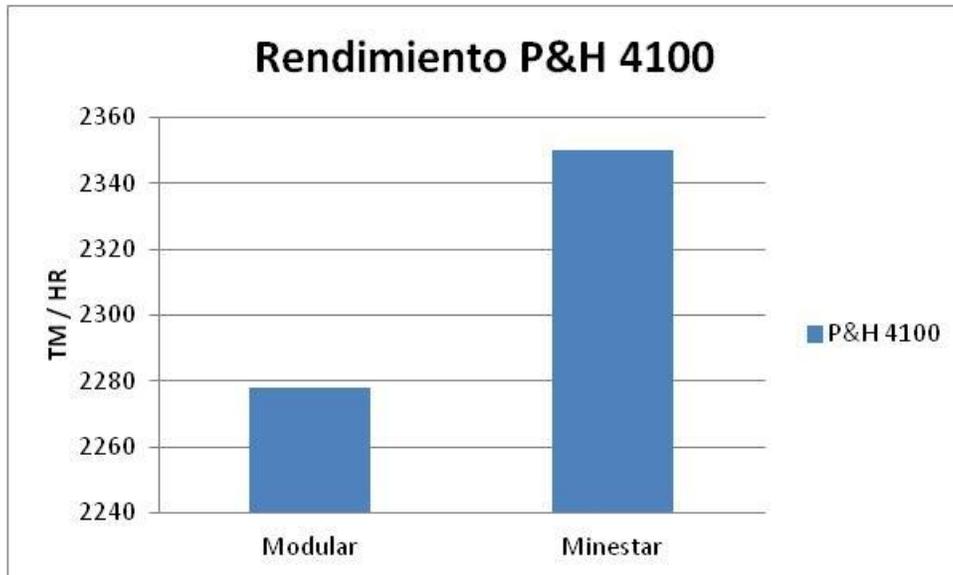
El sistema mejoro el control de las operaciones reduciendo las colas en las palas con una correcta distribución de camiones, tal como se aprecia en el cuadro



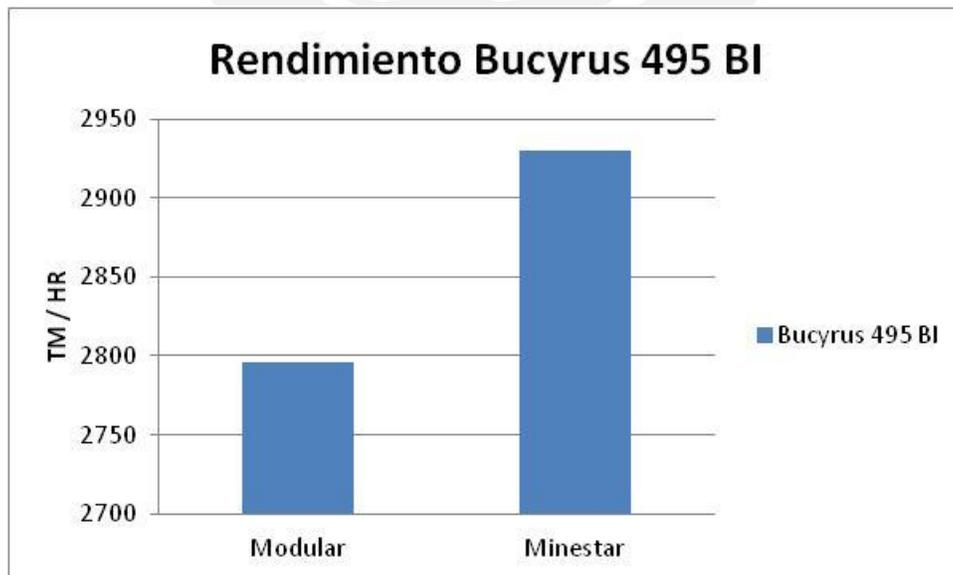
La productividad también llamado rendimiento, expresa las toneladas removidas por hora del equipo en mención. Este índice es el más importante, porque demuestra que los equipos son mejor distribuidos logrando un mejor rendimiento utilizando el sistema Minestar

Rendimiento de palas

En el grafico se muestra un aumento en el rendimiento de la Pala P&H 4100 con el Sistema Minestar

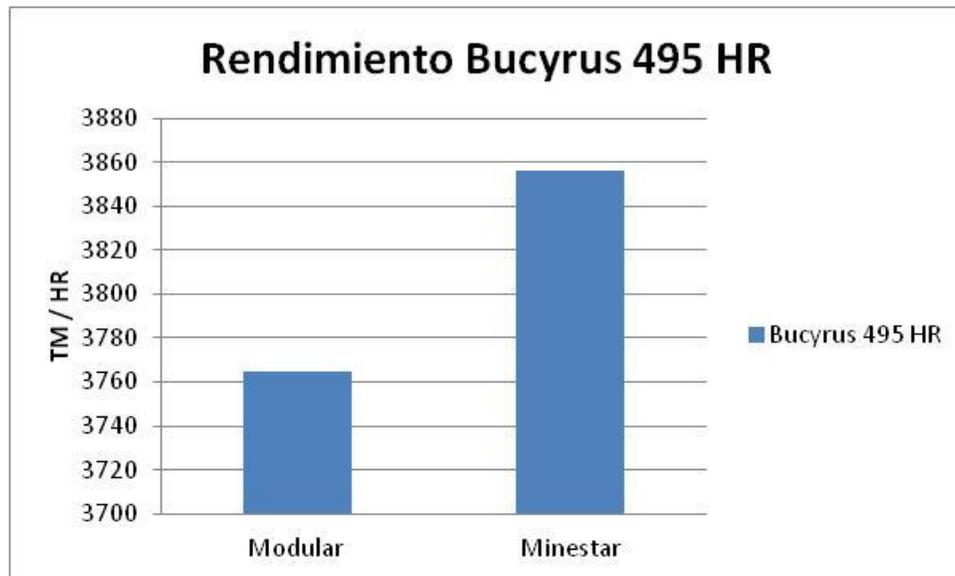


En el grafico se muestra un aumento en el rendimiento de la Pala Bucyrus 495 BI

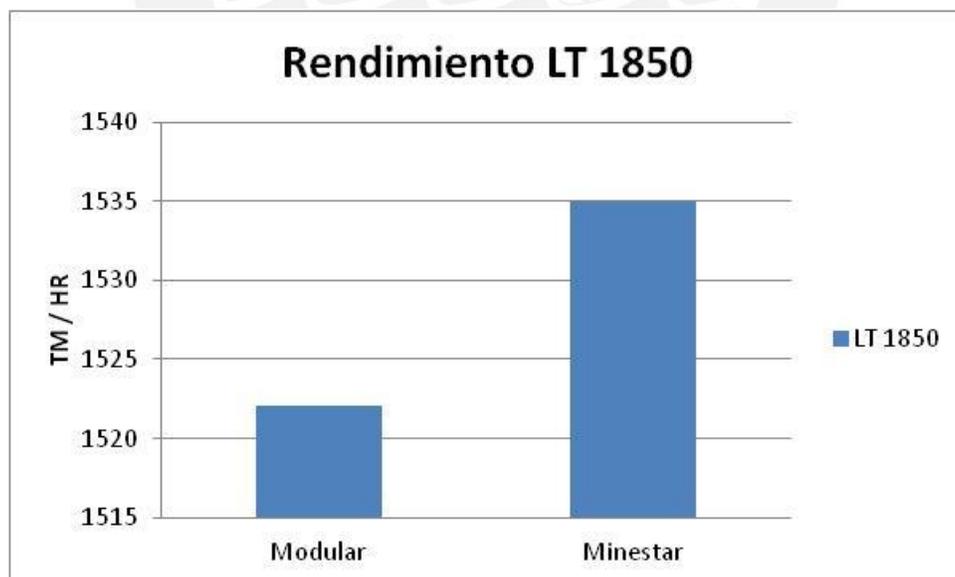


En el siguiente grafico se muestra un aumento en el rendimiento de la Pala Bucyrus 495

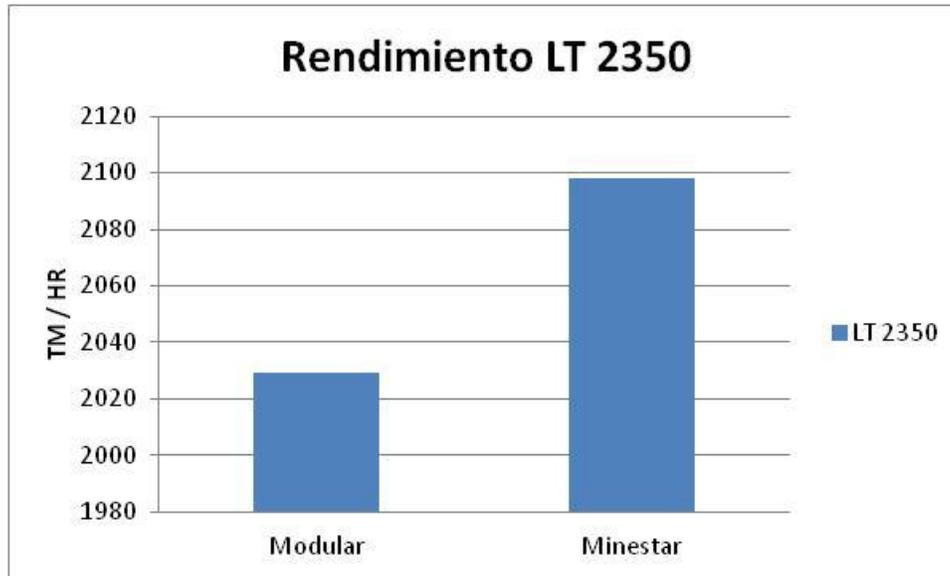
HR



En el siguiente grafico se muestra un aumento en el rendimiento del Cargador LT 1850

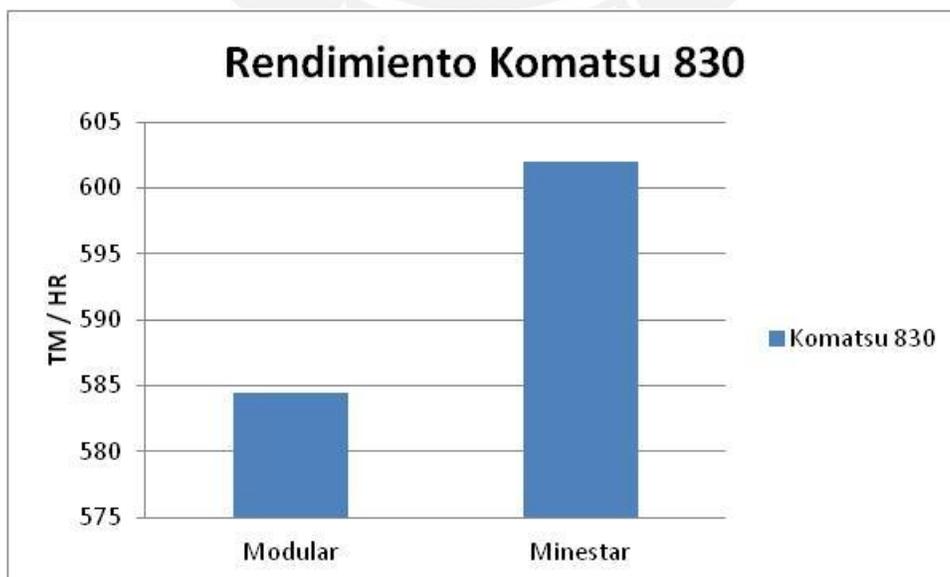


En el siguiente grafico se muestra un aumento en el rendimiento del Cargador LT 2350

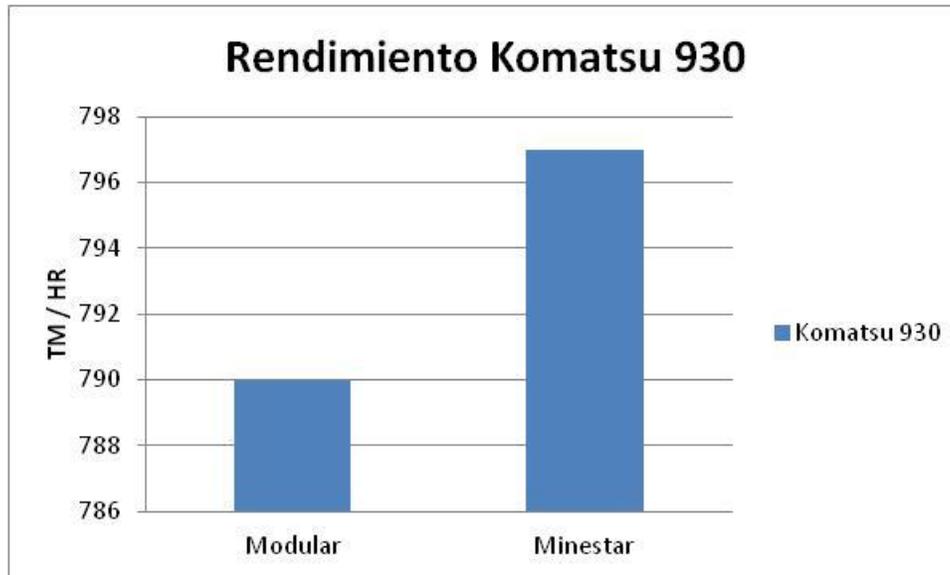


Rendimiento de Camiones

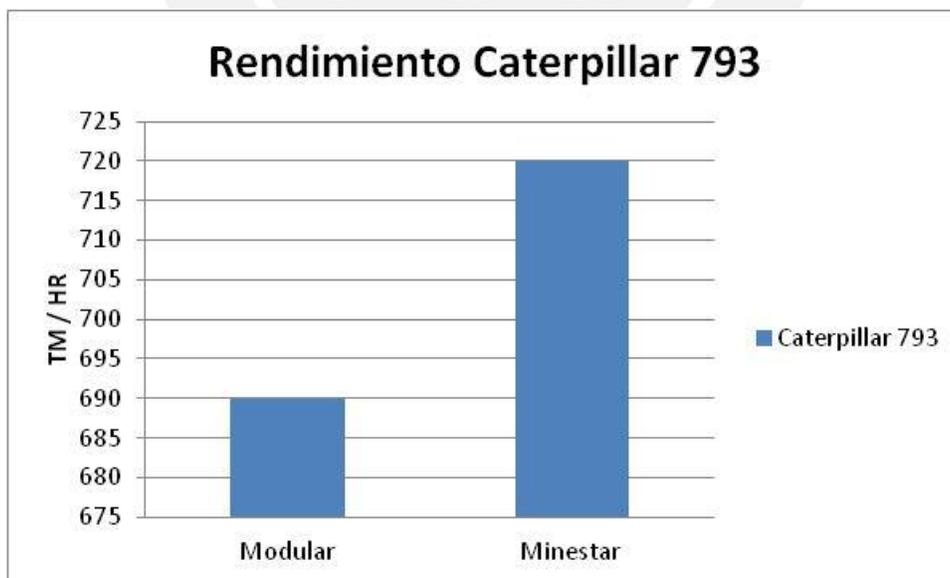
En el siguiente grafico se muestra un aumento en el rendimiento del Volquete Komatsu 830



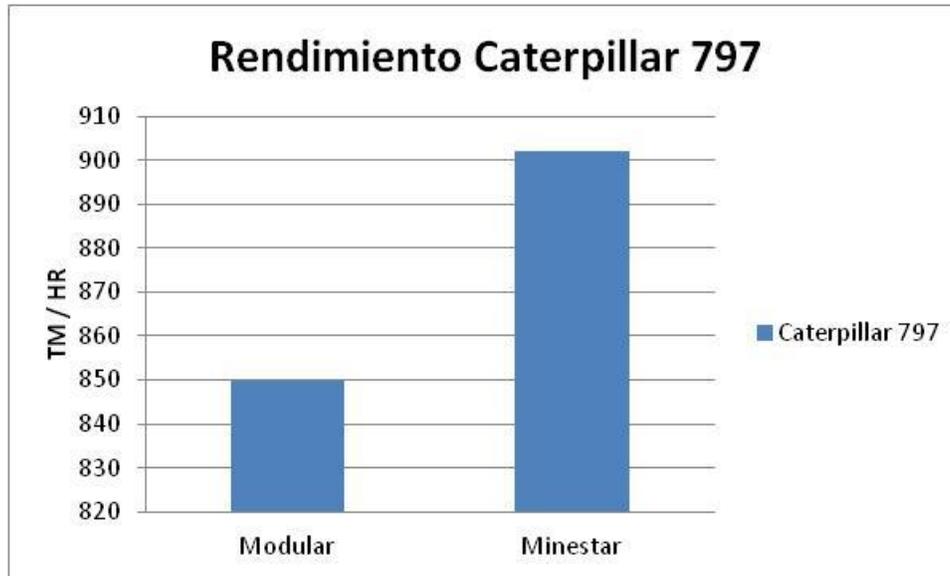
En el siguiente grafico se muestra un aumento en el rendimiento del Volquete Komatsu 930



En el siguiente grafico se muestra un aumento en el rendimiento del Volquete Caterpillar 793



En el siguiente grafico se muestra un aumento en el rendimiento del Volquete Caterpillar 797



En resumen se puede apreciar un crecimiento en los rendimientos de los equipos de carguío y acarreo con el sistema Minestar logrando como consecuencia una mejor producción ver tabla

Rendimiento de Equipos (tn/hr)			
Equipo	Modular	Minestar	Crecimiento
P&H 4100	2278	2350	3.07%
Bucyrus 495 BI	2796	2930	4.56%
Bucyrus 495 HR	3764	3856	2.37%
LT 1850	1522	1535	0.84%
LT 2350	2029	2098	3.27%
Komatsu 830	585	602	2.91%
Komatsu 930	790	797	0.88%
Caterpillar 793	690	720	4.17%
Caterpillar 797	850	902	5.76%

Dentro de las mejoras tecnológicas del nuevo sistema operativo de control. Tenemos el Sistema Integral de Operaciones (SIO). Es un sistema en donde se puede ver demoras a tiempo real, productividad, utilización de equipos, disponibilidades, eventos de seguridad de equipo, geología, geotecnia, perforación, mantenimiento y producción a tiempo real. Esta página puede ser visualizada desde cualquier parte del mundo.

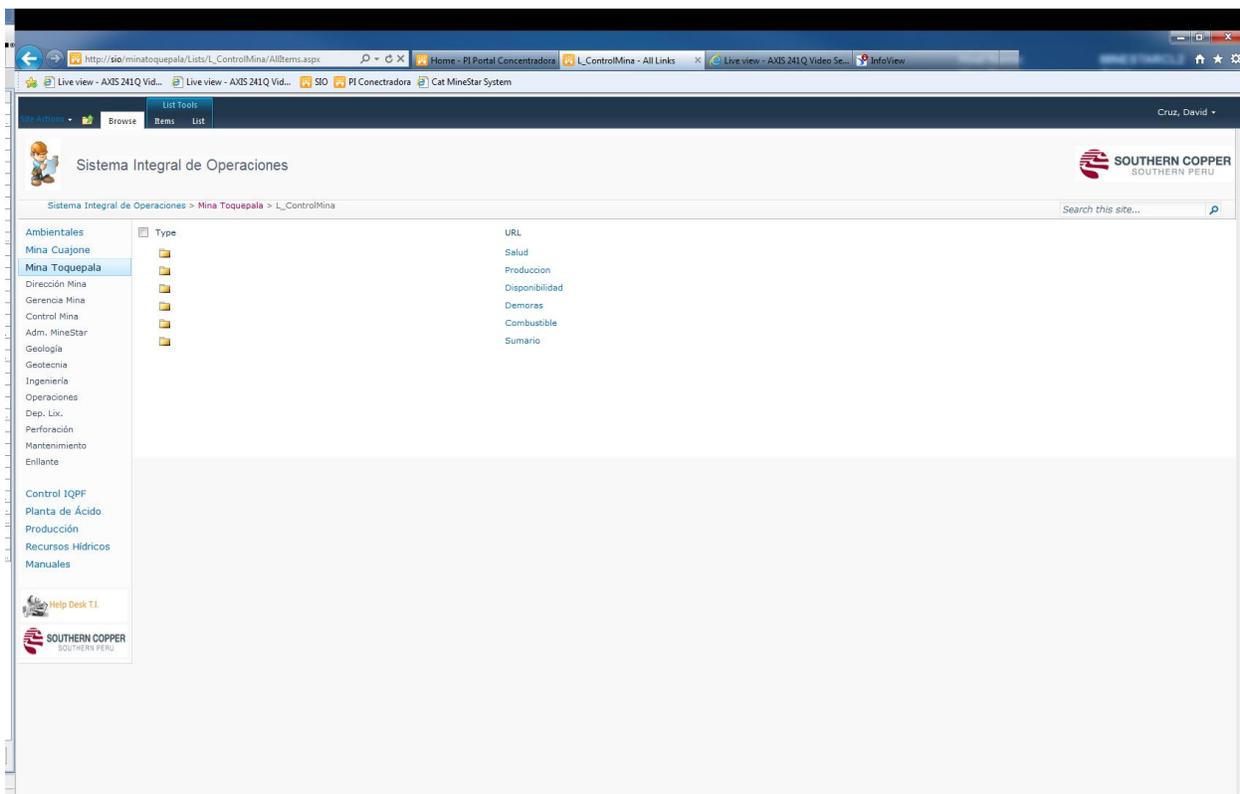


Figura N° 16: Pantalla SIO

http://sio/minatoquepala/_layouts/ReportServer/RSViewerPage.aspx?r Home - PI Portal Concentradora Reporting Services - Dispon... Live view - AXIS

Sistema Integral de Operaciones > Mina Toquepala > SIOSMT_Reportes

Actions Find Next 100%

SOUTHERN COPPER SOUTHERN PERU **DISPONIBILIDAD POR EQUIPO** Fecha: 2014-03-19 Hora: 09:30:10 am

Sistema Integral de Operaciones Periodo Inicio: 20140318 A Periodo Fin: 20140318 A

Flota	Equipo	T. Disponible (hrs)					T. No Disponible (hrs)			T.N. Prog. (hrs)	Total (hrs)	KPIs (%)					
		Oper	Dem. Oper	Dem NOper	StandBy	Total	Mto.Prg	Mto.N.Prg	Total			Disp.	Util.	Efic.	Uso Disp.	Uso Util.	
24H	24H-1	0.00	0.00	0.00	12.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	24H-2	8.34	0.00	1.11	2.55	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	69.47	88.21	69.47	69.47
	TOTAL	8.34	0.00	1.11	14.55	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	●	100.00	34.74	88.21	34.74	34.74
24M	24M-3	7.24	0.00	1.75	3.01	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	60.35	80.57	60.35	60.35
	TOTAL	7.24	0.00	1.75	3.01	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	60.35	80.57	60.35	60.35
834H	834H-1	10.27	0.17	1.53	0.00	11.97	0.00	0.03	0.03	0.00	12.00	●	99.75	85.83	85.83	87.23	85.61
	834H-2	9.28	0.00	2.72	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	77.32	77.32	77.32	77.32
	834H-3	10.83	0.00	1.17	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	90.25	90.25	90.25	90.25
	834H-4	10.28	0.08	1.88	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	85.51	85.51	85.51	85.51
	834H-5	10.97	0.00	1.03	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	91.41	91.41	91.41	91.41
	834H-6	11.27	0.13	0.60	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	93.90	93.90	95.02	93.90
TOTAL	62.88	0.36	8.73	0.00	71.97	0.00	0.03	0.03	0.00	72.00	●	99.96	87.37	87.37	87.87	87.33	
844	844-1	10.28	0.00	1.72	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	85.66	85.66	85.66	85.66
	844-2	0.00	0.00	0.00	9.85	9.85	0.00	2.15	2.15	0.00	12.00	●	82.12	0.00	0.00	0.00	0.00
	TOTAL	10.28	0.00	1.72	9.85	21.85	0.00	2.15	2.15	0.00	24.00	●	91.06	47.04	85.66	47.04	42.83
968F	968F-2	11.66	0.00	0.34	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	97.14	97.14	97.14	97.14
	TOTAL	11.66	0.00	0.34	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	97.14	97.14	97.14	97.14
973C	973C-1	11.66	0.00	0.34	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	97.18	97.18	97.18	97.18
	TOTAL	11.66	0.00	0.34	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	97.18	97.18	97.18	97.18
Bobcat	BobCat01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	12.00	●	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	BobCat02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	12.00	●	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	TOTAL	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	24.00	24.00	●	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
BUCYRUS 495BI	S03	10.01	0.18	1.83	0.00	11.82	0.00	0.18	0.18	0.00	12.00	●	98.52	84.67	84.67	86.19	83.42
	TOTAL	10.01	0.18	1.83	0.00	11.82	0.00	0.18	0.18	0.00	12.00	●	98.52	84.67	84.67	86.19	83.42
BUCYRUS 495HR	S05	10.63	0.23	1.14	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	88.59	88.59	90.51	88.59
	S06	9.39	0.97	1.64	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	78.22	78.22	86.34	78.22
	S07	9.89	0.46	1.66	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	82.38	82.38	86.19	82.38
	S08	10.02	0.71	1.26	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	83.54	83.54	89.49	83.54
TOTAL	39.93	2.38	5.70	0.00	48.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.00	●	100.00	83.18	83.18	88.13	83.18	
Bucyrus 49HR	DR07	7.65	3.33	1.01	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	63.78	63.78	91.55	63.78
	DR08	10.78	0.00	1.22	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	89.83	89.83	89.83	89.83
	DR09	10.09	0.64	1.26	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	0.00	12.00	●	100.00	84.11	84.11	89.48	84.11
	TOTAL	28.53	3.98	3.50	0.00	36.00	0.00	0.00	0.00	0.00	36.00	●	100.00	79.24	79.24	90.29	79.24
Bucyrus 49R-III	DR04	9.24	0.74	0.54	0.00	10.52	0.00	1.48	1.48	0.00	12.00	●	87.70	87.84	87.84	94.89	77.04
	DR05	9.78	0.00	1.30	0.00	11.08	0.00	0.92	0.92	0.00	12.00	●	92.32	88.31	88.31	88.31	81.52
	TOTAL	19.03	0.74	1.83	0.00	21.60	0.00	2.40	2.40	0.00	24.00	●	90.01	88.08	88.08	91.52	79.28

Figura N° 17: Pantalla SIO – Disponibilidad de Equipo

5.2.3.- Disponibilidad Operativa.

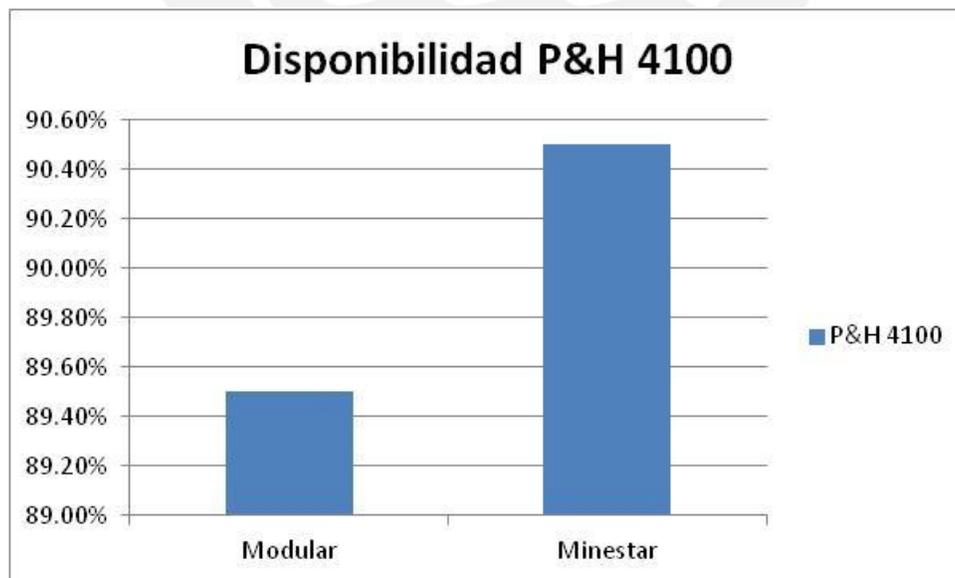
La disponibilidad operativa indica cuanto del día el equipo está apto para trabajar normalmente y sin inconvenientes mecánicos.

Este índice de rendimiento es importante porque es clave para determinar la causa de una baja en la producción, ya sea porque algún equipo de carguío que dejo de funcionar y se tuvo que parar parte de la producción o por otro percance mecánico inesperado de un equipo.

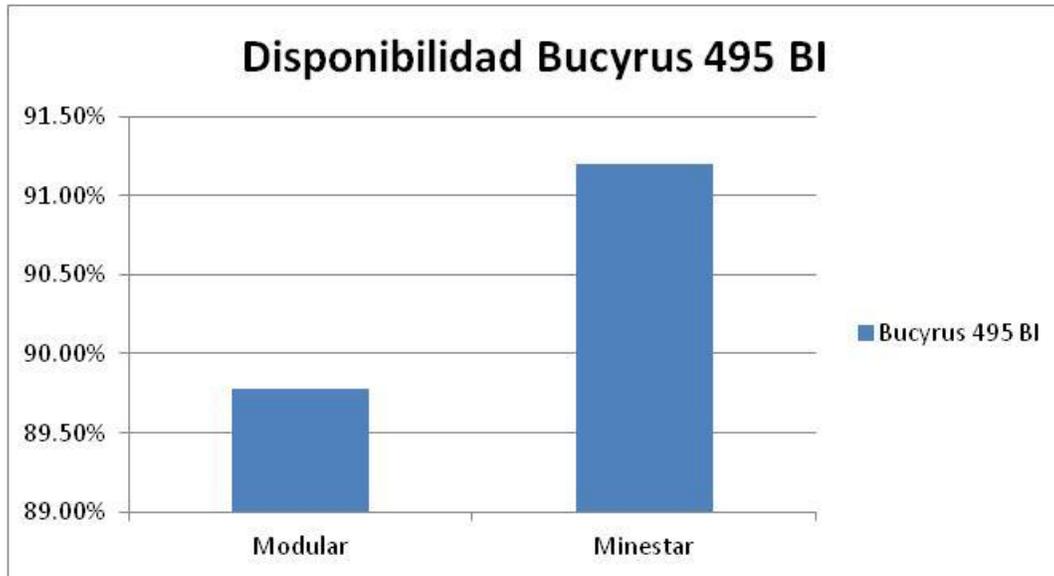
El sistema Minestar permite organizar en forma rápida la respuesta mecánica para el funcionamiento del equipo y a su vez organiza de mejor manera los equipos , ante la ausencia eventual de uno de ellos, minimizando caídas en la producción.

Disponibilidad Operativa de palas

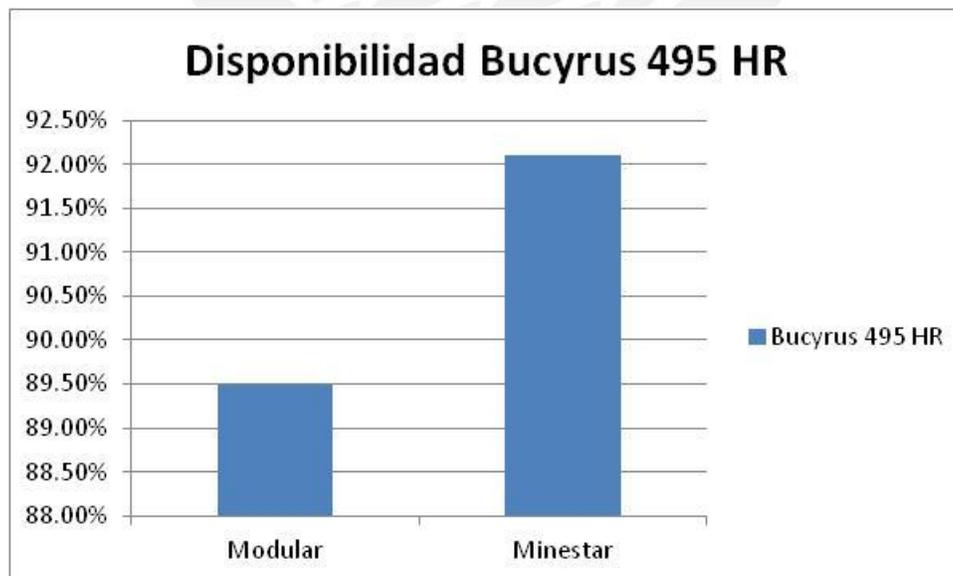
En el grafico se muestra un aumento en la Disponibilidad Operativa de la Pala P & H 4100 con el Sistema Minestar



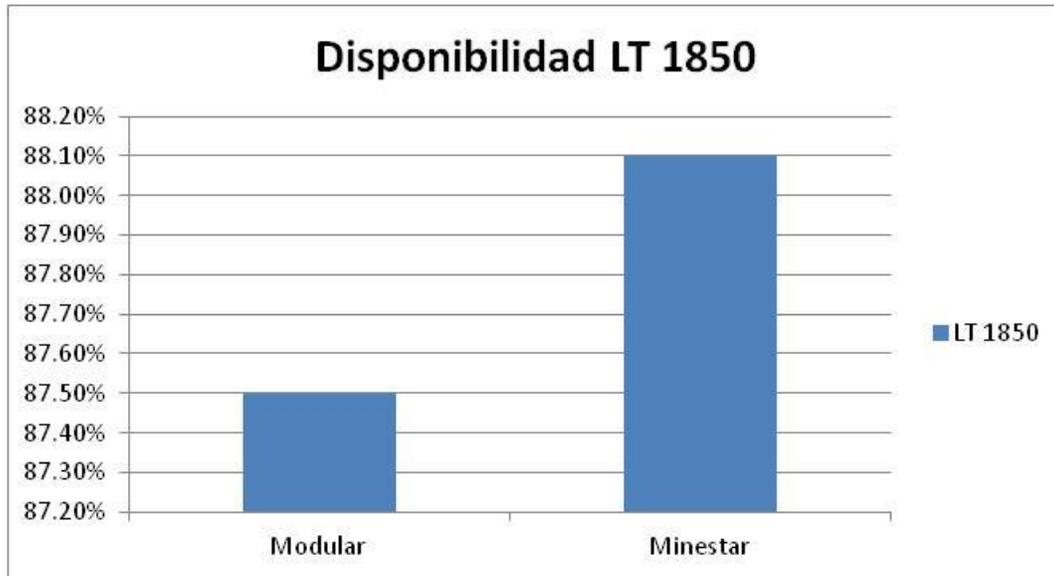
En el grafico se muestra un aumento en la Disponibilidad Operativa de la Pala Bucyrus 495 BI con el Sistema Minestar



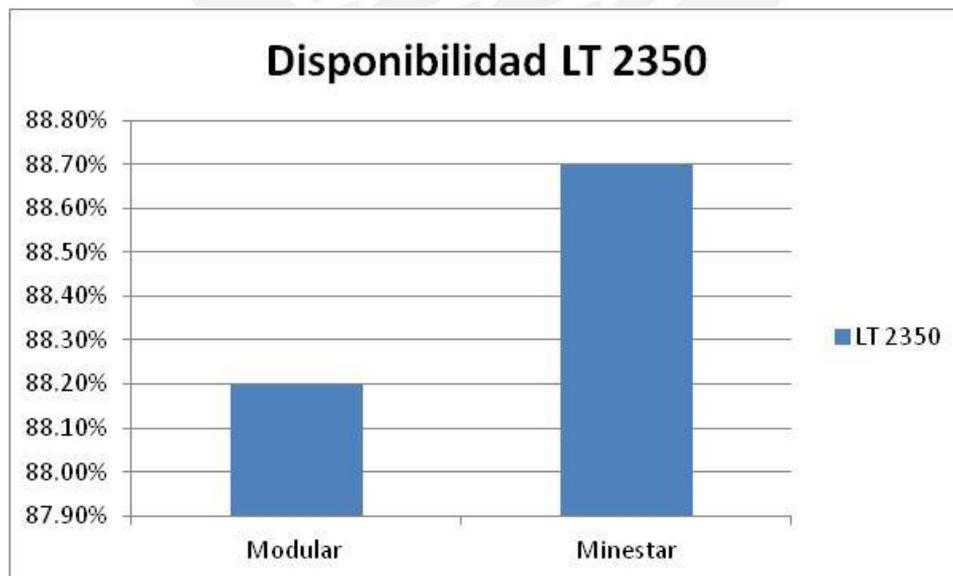
En el grafico se muestra un aumento en la Disponibilidad Operativa de la Pala Bucyrus 495 HR con el Sistema Minestar



En el grafico se muestra un aumento en la Disponibilidad Operativa del Cargador LT 1850 con el Sistema Minestar

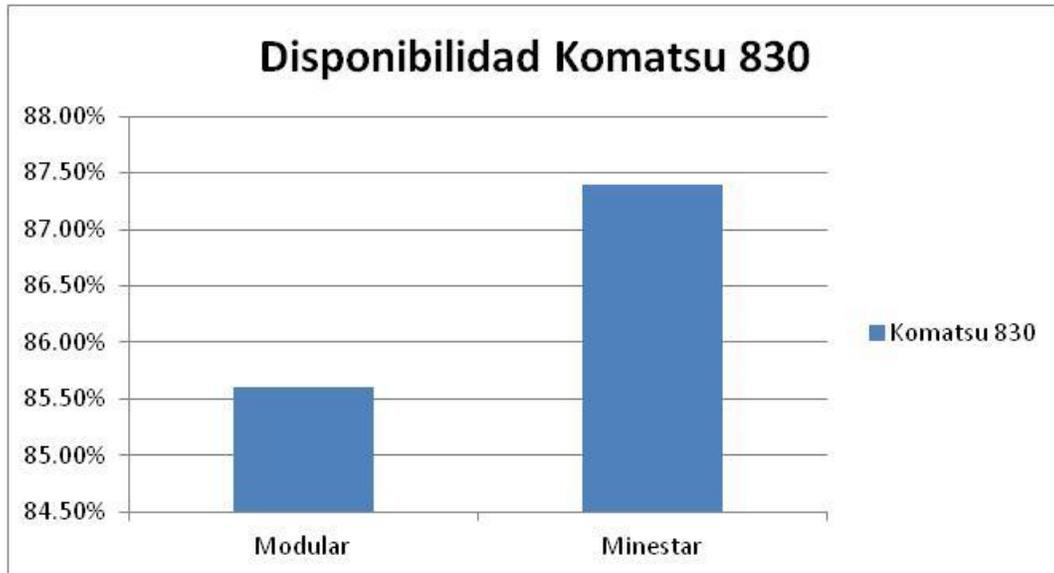


En el grafico se muestra un aumento en la Disponibilidad Operativa del Cargador LT 2350 con el Sistema Minestar



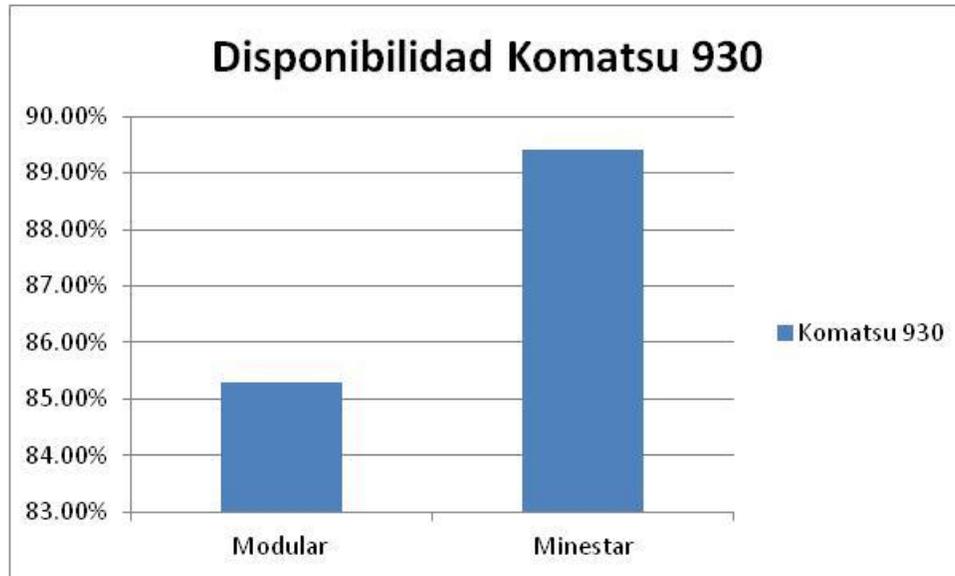
Disponibilidad Operativa de Camiones

En el siguiente grafico se muestra un aumento en la Disponibilidad Operativa del Volquete Komatsu 830



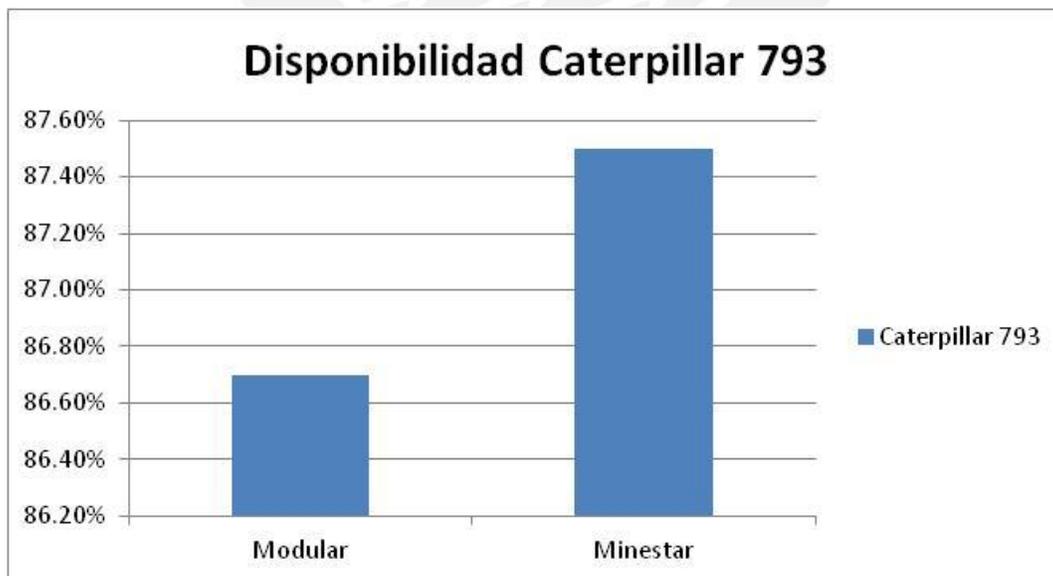
En el siguiente grafico se muestra un aumento en la Disponibilidad Operativa del Volquete

Komatsu 930

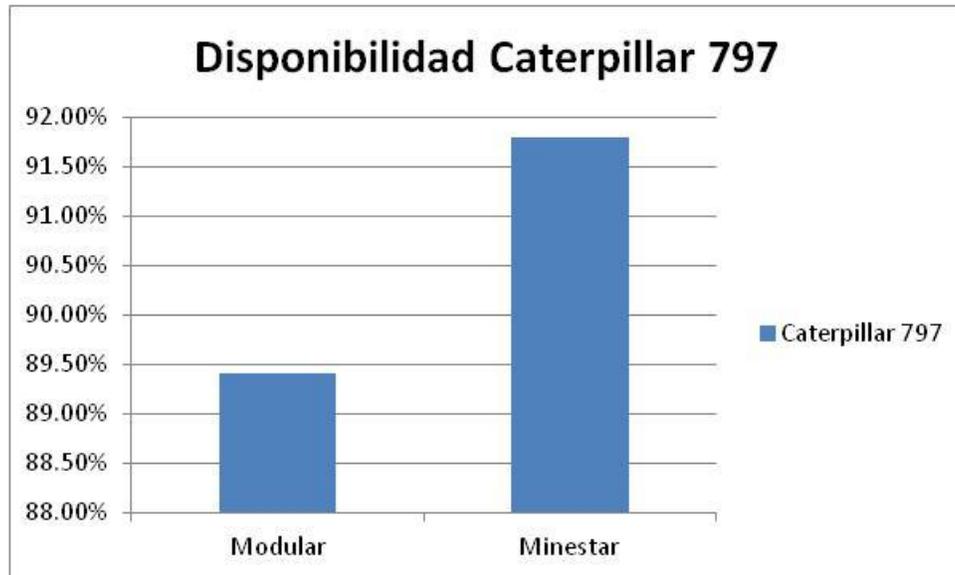


En el siguiente grafico se muestra un aumento en la Disponibilidad Operativa del Volquete

Caterpillar 793



En el siguiente grafico se muestra un aumento en la Disponibilidad Operativa del Volquete Caterpillar 797



En resumen se puede apreciar un crecimiento en la Disponibilidad Operativa de los equipos de carguío y acarreo con el sistema Minestar logrando como consecuencia una mejora. Ver tabla

Disponibilidad Operativa			
Equipo	Modular	Minestar	Crecimiento
P&H 4100	89.50%	90.50%	1.10%
Bucyrus 495 BI	89.78%	91.20%	1.56%
Bucyrus 495 HR	89.50%	92.10%	2.82%
LT 1850	87.50%	88.10%	0.68%
LT 2350	88.20%	88.70%	0.56%
Komatsu 830	85.60%	87.40%	2.06%
Komatsu 930	85.30%	89.40%	4.59%
Caterpillar 793	86.70%	87.50%	0.91%
Caterpillar 797	89.40%	91.80%	2.61%



5.2.4.- Utilización Efectiva.

La utilización efectiva explica como los equipos de carguío incrementan su rendimiento, obteniendo más toneladas/hora. La utilización efectiva son las horas diarias en que el equipo realiza tareas de producción.

Los tiempos que componen el porcentaje de utilización efectiva dentro de las tareas de producción son las siguientes:

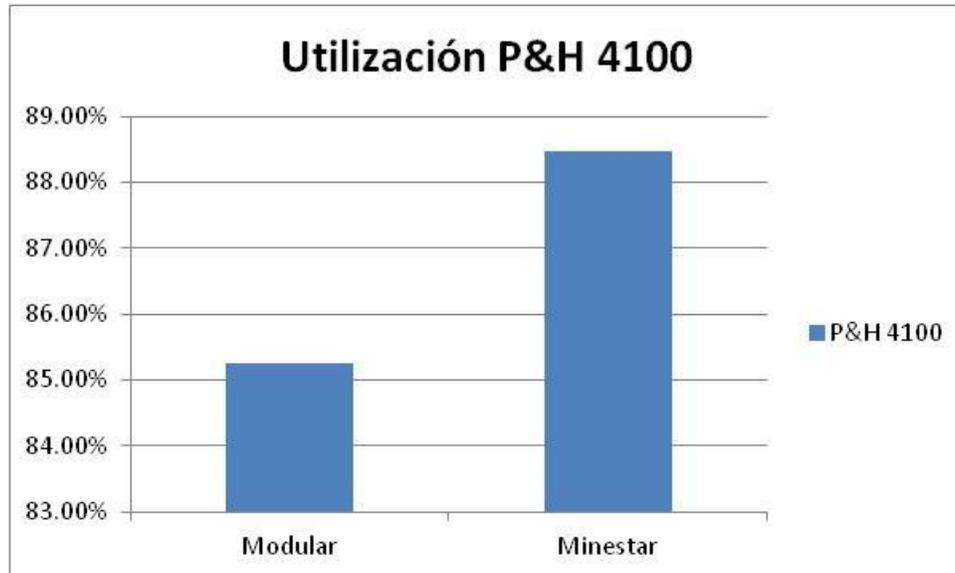
Equipo de acarreo: Carga de equipo, acarreo, maniobra para descarga, descarga de material, retorno a equipo de carguío y maniobra para ingreso a carga en el equipo de carguío.

Equipo de carguío: básicamente son las cargas a los equipos de acarreo, movimiento por cambio de frente o algún trabajo en el frente.

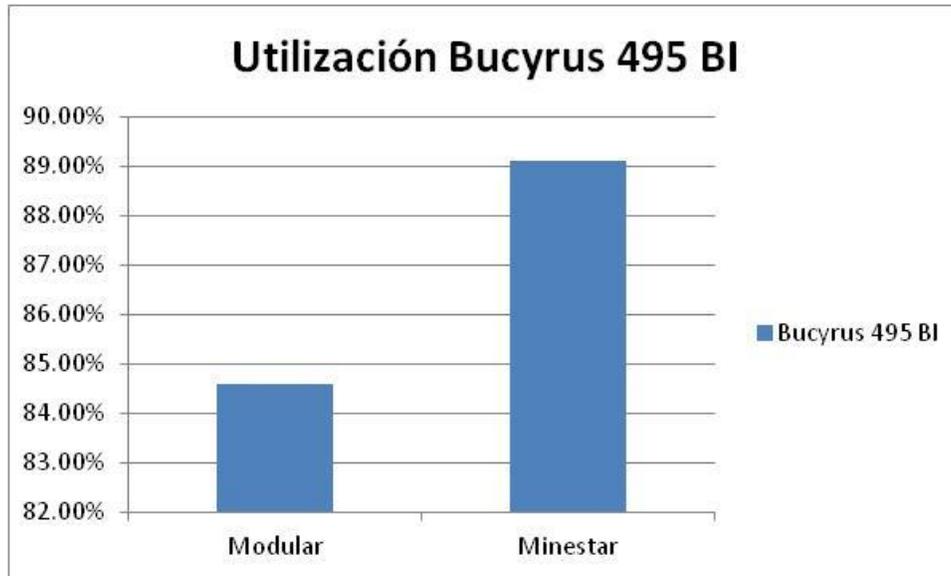
Todos los demás tiempos no pertenecen al ciclo de carguío y acarreo, que se dan al realizar el movimiento del material, son los tiempos no productivos como las esperas en el equipo de carguío o cuando el equipo de carguío no tiene equipo de acarreo que cargar.

Utilización Efectiva de palas

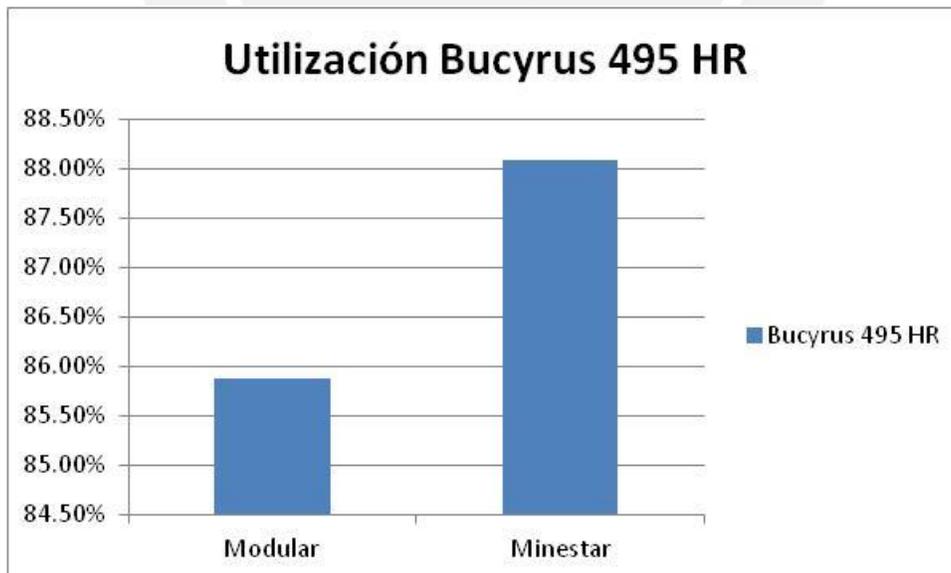
En el gráfico se muestra un aumento en la Utilización Efectiva de la Pala P&H 4100 con el Sistema *Minestar*



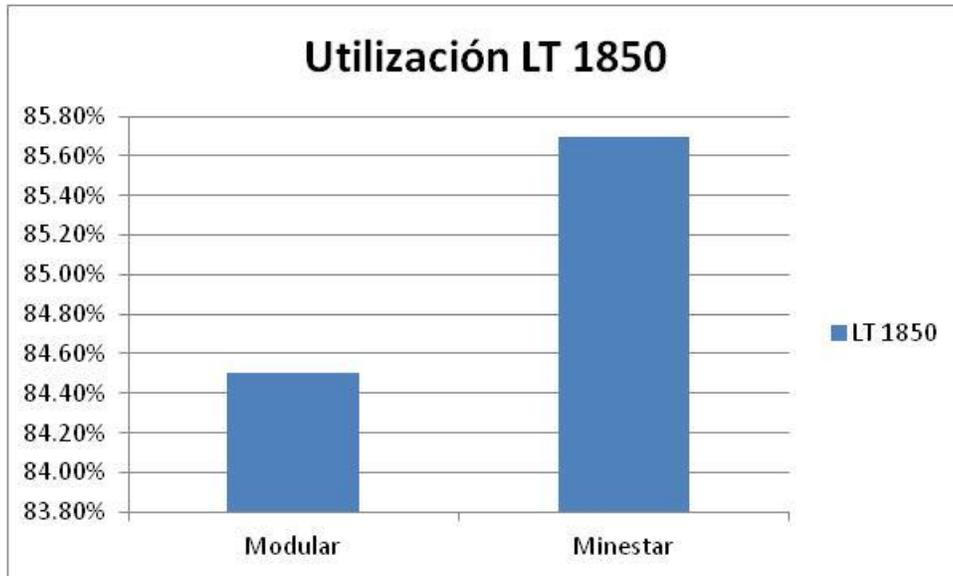
En el grafico se muestra un aumento en la Utilización Efectiva de la Pala Bucyrus 495 BI con el Sistema Minestar



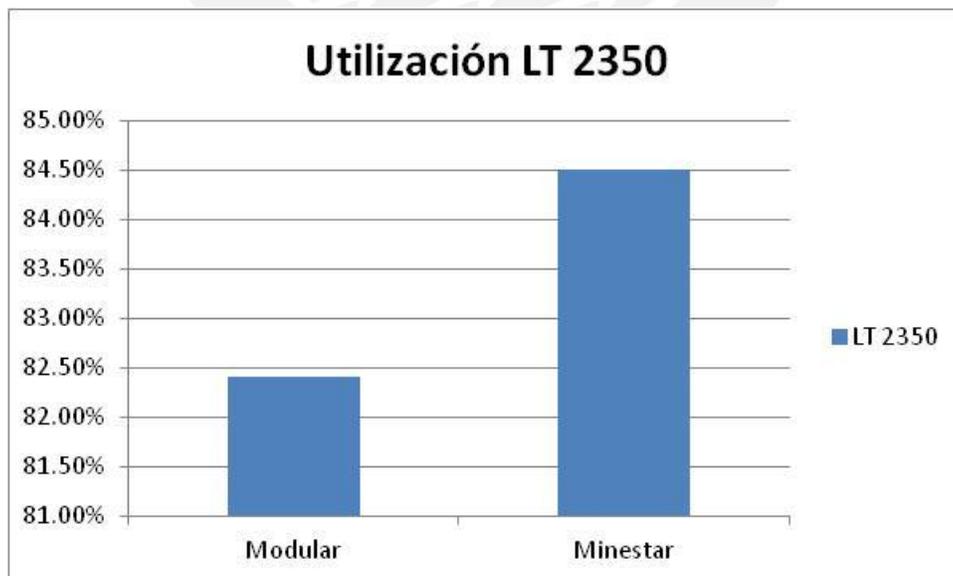
En el grafico se muestra un aumento en la Utilización Efectiva de la Pala Bucyrus 495 HR con el Sistema Minestar



En el grafico se muestra un aumento en la Utilización Efectiva del Cargador LT 1850 con el Sistema Minestar



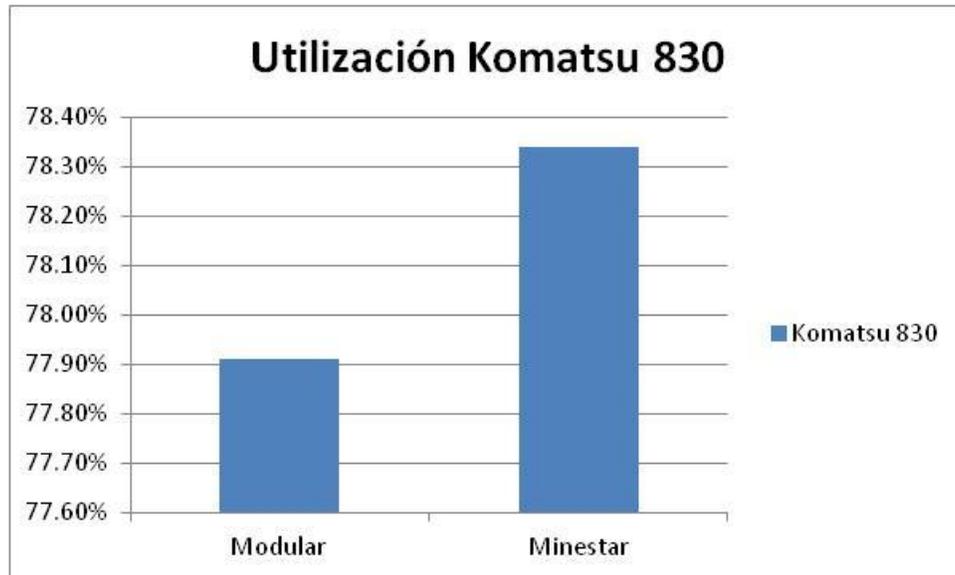
En el grafico se muestra un aumento en la Utilización Efectiva del Cargador LT 2350 con el Sistema Minestar



Utilización Efectiva de Camiones

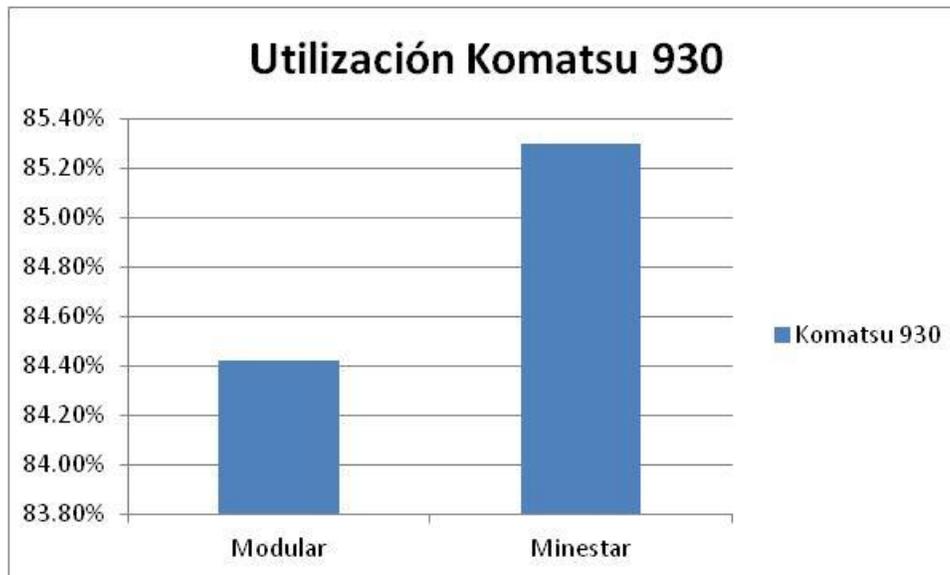
En el siguiente grafico se muestra un aumento en la Utilización Efectiva del Volquete Komatsu

830



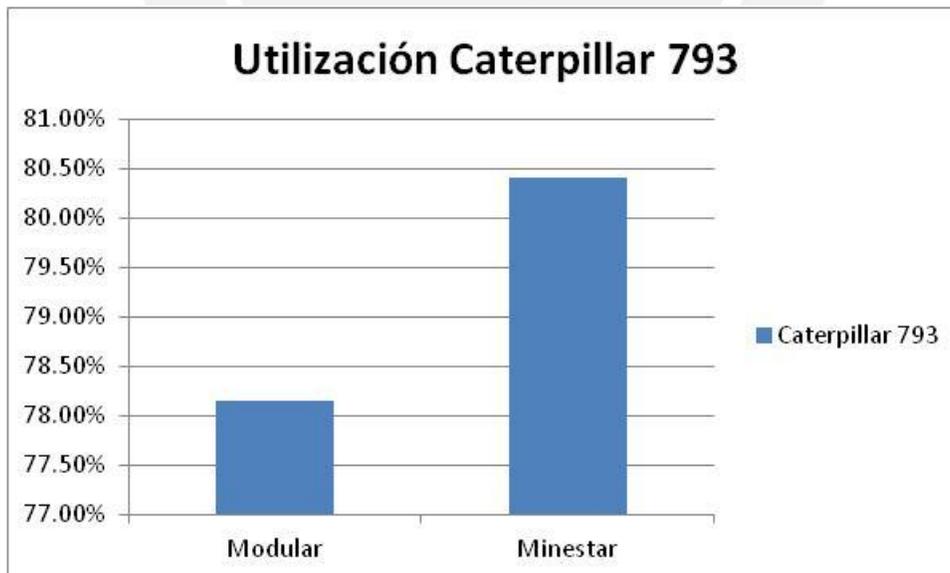
En el siguiente grafico se muestra un aumento en la Utilización Efectiva del Volquete Komatsu

930



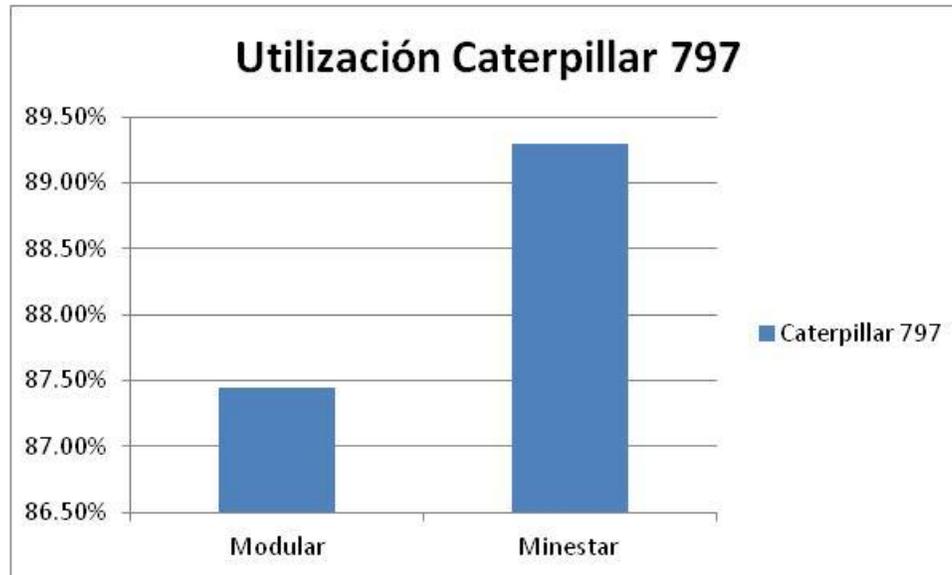
En el siguiente grafico se muestra un aumento en la Utilización Efectiva del Volquete Caterpillar

793



En el siguiente grafico se muestra un aumento en la Utilización Efectiva del Volquete Caterpillar

797



Como se puede observar en todos los casos hay un incremento de utilización efectiva, donde los equipos han sido empleados, teniendo un mayor tiempo en producción que impacta una reducción de esperas y tiempos no productivos.

Esta reducción de esperas es fruto del mejor manejo que se tiene de los equipos y el mejor control de las distancias que brinda el sistema Minestar, en comparación con el sistema actual.

Ver tabla

Utilización Efectiva			
Equipo	Modular	Minestar	Crecimiento
P&H 4100	85.25%	88.46%	3.63%
Bucyrus 495 BI	84.60%	89.11%	5.06%
Bucyrus 495 HR	85.88%	88.08%	2.50%
LT 1850	84.50%	85.70%	1.40%
LT 2350	82.40%	84.50%	2.49%
Komatsu 830	77.91%	78.34%	0.55%
Komatsu 930	84.42%	85.30%	1.03%
Caterpillar 793	78.15%	80.40%	2.80%
Caterpillar 797	87.45%	89.30%	2.07%



5.3- Justificación Económica

Inversión Económica del nuevo sistema de control MINESTAR fue la siguiente:

Tabla N° 07: Inversión Económica Minestar

	Costo Unitario (USD)	Total
Tres perforadoras eléctricas P&H 100XP	127,870	383,610
Una perforadora eléctrica P% ^a H 120	127,870	127,870
Tres perforadoras eléctricas Bucyrus 49R-III	127,870	383,610
Tres perforadoras eléctricas Bucyrus 49HR	127,870	383,610
Una perforadora Down the Hole (DTH) Titon 600	127,870	127,870
Una perforadora Cubex 1120	127,870	127,870
Una pala P&H 4100+ de 60 yd ³	85,266	85,266
Dos palas P&H 4100 ^a de 56 yd ³	85,266	170,532
Una pala Bucyrus 495B1 de 56yd ³	85,266	85,266
Tres palas Buryrus 495HR de 73yd ³	85,266	255,798
Un cargador frontal CAT 994F de 23 yd ³	80,034	80,034
Un cargador Le Tourneau L1850	80,034	80,034
Un cargador Le Tourneau L2350	80,034	80,034
Un tractor de oruga CAT D11R	28,582	28,582
Un tractor de oruga CAT D10 N	28,582	28,582
Dos tractores de oruga CAT D10R	28,582	57,164
Cuatro tractores de oruga CAT D10 T	28,582	114,328
Un tractor de oruga Komatsu D375A	28,582	28,582
Dos Motoniveladoras CAT 24H	28,582	57,164
Una motoniveladora CAT 24M	28,582	28,582
Dos tractores de llanta CAT 844C	28,582	57,164
Seis tractores de llantas 834H	28,582	171,492
Un rompedor de roca PC300	28,582	28,582
Cuatro tanques de regadío de 20000 galones	28,582	114,328
Un tanque de regadío de 30000 galones	28,582	28,582
28 Volquetes Komatsu 930E1, E3 y E4 de 290 Tn	30,511	854,308
5 Volquetes Caterpillar 793C de 218 Tn	29,688	148,440
13 Volquetes Caterpillar 793D de 218 Tn	29,688	385,944
8 Volquetes Caterpillar 797F de 363 Tn	29,688	237,504
18 Volquetes Komatsu 830 de 218 Tn	30,511	549,198
Infraestructura TI		1,500,000
TOTAL (USD)		6,789,930



Figura N° 18: Costo total de Mina

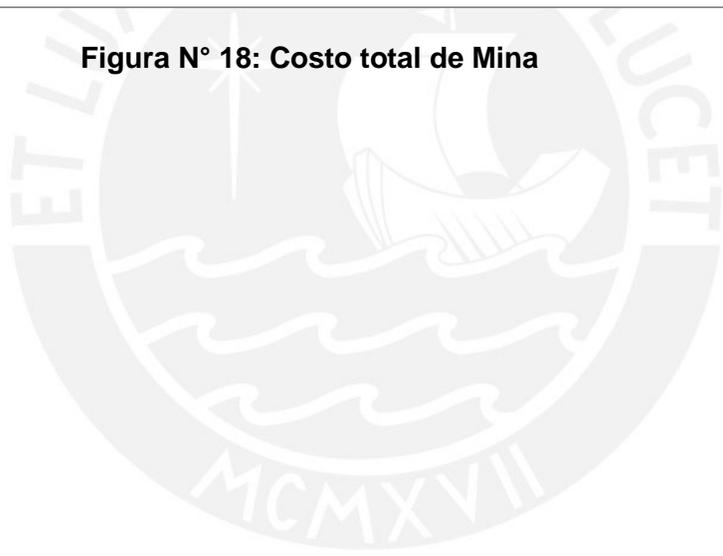


Tabla N° 08: Ahorro Costos de producción por tonelada

	Enero	Febrero
Dia	Produccion (tn)	Produccion (tn)
1	482,101	527,785
2	494,637	571,076
3	492,358	497,518
4	461,725	491,226
5	489,952	486,637
6	493,366	477,164
7	454,979	515,223
8	417,712	498,689
9	396,603	549,700
10	413,801	527,151
11	464,244	501,617
12	441,344	550,552
13	475,797	473,872
14	447,817	541,402
15	443,263	534,517
16	494,660	570,137
17	504,207	570,300
18	509,455	507,694
19	528,197	463,711
20	508,467	494,913
21	475,570	436,154
22	487,526	494,260
23	509,141	501,967
24	526,406	555,055
25	518,833	519,895
26	566,822	571,370
27	553,314	568,775
28	633,854	603,563
29	551,061	
30	561,263	
31	545,277	
Total (tn)	15,343,752	14,601,923
Plan	14,415,264	13,123,445
Diferencia	928,488	1,478,478

Costos de Mina por tonelada			
	2013	Enero 2014	Febrero 2014
Real	1.56	1.44	1.44
Plan	1.42	1.92	1.92
Diferencia	-0.15	0.48	0.48
Ahorro Total (USD)		445,674	709,669

La inversión total por la mejora tecnológica en adquirir el Sistema Minestar fue de casi siete millones de dólares el cual mediante los resultados obtenidos en estos dos meses que el sistema está comandando la mina al 100%. Como resultados de estos 2 meses se tiene que la producción se vio incrementada en 6% en Enero y 11.2% en Febrero. Estos resultados nos arrojan una reducción en el costo de minado planificado para el 2014 por el área de ingeniería. El costo planificado por tonelada minada fue de 1.92 \$/tn y debido a estos resultados tenemos un nuevo costo de minado que es de 1.44 \$/tn el cual significó un ahorro en Enero de casi 450 mil dólares y en Febrero de casi 700 mil dólares. Debido a estos resultados se concluye que es factible y justificable el cambio y mejora tecnológica



5.4.- Características y ventajas del uso de Minestar

Características:

- Información de producción en tiempo real durante el turno para lograr un mejor control de la administración.
- Informes de producción de máquinas y materiales.
- Visualización gráfica de las ubicaciones de las máquinas.
- Administración del tiempo de desplazamiento para cambios rápidos de las condiciones.
- Asignación de la flota de palas y camiones para grupos y flotas grandes y pequeños.
- Seguimiento preciso de los materiales.
- Interfaz de usuario simple y lógica.
- Herramientas de informes basadas en Internet.
- Herramienta de generación de modelos de respaldo para la toma de decisiones que ayuda a evaluar el impacto de los cambios en el plan de producción.
- Administración del desgaste de los neumáticos al asegurarse de que no excedan su carga de trabajo operativa.

Ventajas

- Atención a la seguridad a través del seguimiento de la actividad de los turnos, las inspecciones de mantenimiento y las licencias de los distintos tipos de máquinas.
- Optimización del equipo de minería y servicio, y de la productividad y eficacia de la mina.
- Conjunto de herramientas para convertir los requisitos y las planificaciones de producción en programas activos y planeados.
- Estadísticas de producción confiables y en tiempo real sin interacción humana.

- Capacidad para identificar y responder a las situaciones de exceso y escasez de camiones para transporte.
- Flujo preciso de materiales desde el suelo, a través de la mina y la planta de trituración, hasta llegar al producto, para lograr una mejor conciliación de recursos.



CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** El cambio tecnológico al sistema Minestar resulto beneficioso para la mina Toquepala debido a que mejoro estos 2 meses se tiene que la producción se vio incrementada en 6% en Enero y 11.2% en Febrero en y esto se refleja en una reducción del costo de minado por tonelada. Teniendo como saldo positivo un ahorro y esto hace que el sistema se pague solo y justifique la inversión teniendo como retorno de inversión en pocos meses.
- SEGUNDA:** Se tiene un mejor control y seguimientos de los KPI's o indicadores de gestión de la operación gracias al SIO (Sistema integrado de operaciones) ya que con esta herramienta nos permite ver en tiempo real lo que ocurre en la mina desde cualquier parte del mundo
- TERCERA:** Mayor precisión en la ubicación de los taladros de perforación, localización usando Aquila, es 10 cm en promedio, frente al estándar de 40 cm, por tanto permitió uso racional de explosivos de alta energía lo que genera ahorros anuales en costos de explosivos.
- CUARTA:** Se redujo el costo de minado por tonelada proyectado para el 2014 de 1.92 \$/tn a 1.44\$ /tn hasta fines de febrero, producto de una mejora en la producción y gracias a una mejor asignación de equipos reduciendo tiempos muertos y colas.
- QUINTA:** Se obtuvo una mejora en la disponibilidad, rendimiento y utilización de los equipos de carguío, acarreo y perforación gracias al cambio tecnológico. Con respecto a Palas se mejoró en 3% la disponibilidad operativa, en 4% la utilización efectiva y 4% en rendimiento en promedio. En Volquetes mejoró en 4% la disponibilidad operativa, en 3% la

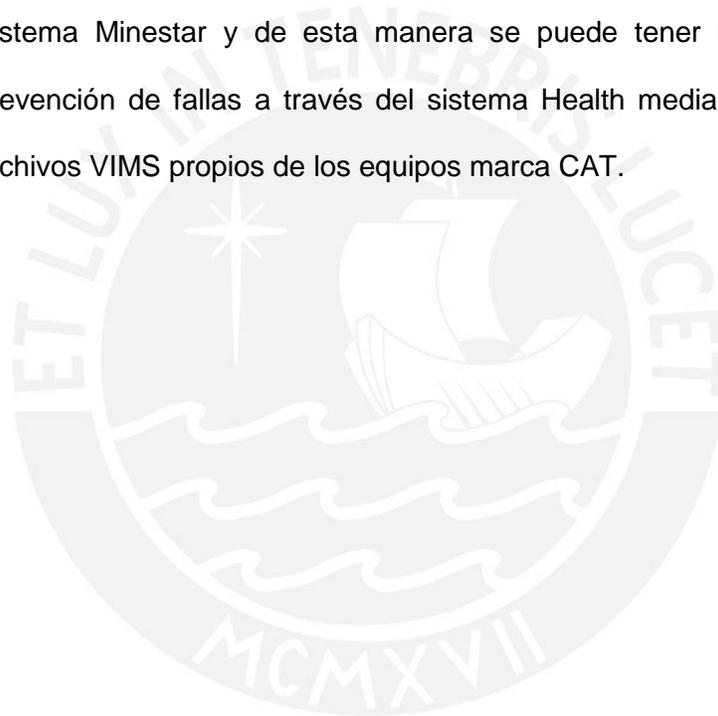
utilización efectiva y 5% el rendimiento en promedio con respecto al Sistema de Control de Mina anterior.

Con respecto a las Perforadoras con el nuevo de Sistema de Control *Minestar* mejoró en 4% la utilización efectiva de las mismas.



RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Mejorar la calidad de los GPS de los volquetes ya que a veces se muestran como fuera de ruta debido a que tienen GPS de baja precisión. Asimismo instalar GPS de alta precisión a todos los equipos de carguío de la mina
- SEGUNDA:** Procurar adquirir equipos de marca CAT en el plan de renovación de equipos de carguío y acarreo debido a que estos equipos son 100% compatible con el Sistema Minestar y de esta manera se puede tener un mejor cuidado y prevención de fallas a través del sistema Health mediante la lectura de los archivos VIMS propios de los equipos marca CAT.



BIBLIOGRAFIA

Carmona, Carlos, "Administración Avanzada". Publicaciones de Modular

Carmona, Carlos, "Gestión en Dispatch". Publicaciones de Modular Mining

Caterpillar manual de Minestar Fleet Commander- 2009 inc.

De la Cruz Olivares Eder Michel "Transporte de mineral en la mina Toquepala" Tesis Uni- Lima
1966

Modular Mining Systems Administrando la base de datos de la mina.

Revista de Tecnología Minera edición 40 Julio- agosto 2013 Lima- Perú

