

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Optimización del sistema de información mediante la aplicación de
las tecnologías de información y comunicación (TICs) en compañía
minera Comarsa**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero de Minas

Autor:

Bach. Anton van Louis IBÁÑEZ ARANGO

Asesor:

Mg. Manuel Mayer CARHUARICRA RIVERA

Cerro de Pasco – Perú – 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA DE MINAS



T E S I S

**Optimización del sistema de información mediante la aplicación de
las tecnologías de información y comunicación (TICs) en compañía
minera Comarsa**

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Edwin Elías SANCHEZ ESPINOZA
PRESIDENTE

Mg. Wilfried Bryan PÉREZ PARRAGUEZ
MIEMBRO

Mg. Carlos Edwin ROJAS VICTORIO
MIEMBRO



UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN

Facultad de Ingeniería de Minas

Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas

"Año de la Recuperación y Consolidación de la Economía Peruana"



Firmado digitalmente por CONDOR SURICHAQUI Santa Silvia FAU 20154805048 soft
Soy el autor del documento
23.12.2025 11:40:24 -05:00



INFORME DE ORIGINALIDAD N° 072-2025

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de Minas de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión ha realizado el análisis con exclusiones en el Software Turnitin Originality, que a continuación se detalla:

Presentado por:

Bach. IBAÑEZ ARANGO Anton van Louis

Escuela de Formación Profesional
Ingeniería de Minas

Tipo de trabajo:
Tesis

Título del trabajo
"OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE INFORMACION MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y COMUNICACIÓN (TICs) EN COMPAÑÍA MINERA COMARSA"

Asesor:

Mg. CARHUARICRA RIVERA Manuel Mayer

Índice de Similitud: **2 %**

Calificativo
APROBADO

Se adjunta al presente el informe y el reporte de evaluación del software similitud.

Cerro de Pasco, 23 de diciembre de 2025.

Sello y Firma del responsable
de la Unidad de Investigación

DEDICATORIA

A mis padres, ***Julio Ibañez Ojeda***

y Elizabeth Felicitas Arango

Ayac por haberme brindado su
apoyo incondicional y ser mi
soporte para alcanzar mis anhelos.

A mis hermanos: ***Kori Urpi Donatila y
Julio Iropishi***, quienes son mi motor para
superarme como profesional día a día, y ser
el ejemplo hacia ellos.

AGRADECIMIENTO

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Facultad de Ingeniería de Minas, Escuela de Formación Profesional de Ingeniería de Minas, por brindarme la acertada oportunidad y los recursos necesarios para desarrollar esta investigación.

Mi especial gratitud a los docentes Mg. Edwin Elías Sánchez Espinoza y Mg. Manuel Mayer Carhuaricra Rivera, cuyo acompañamiento, orientación y rigor académico fueron fundamentales para la culminación de este trabajo.

Agradezco también a los docentes de la E.F.P. de Ingeniería de Minas que contribuyeron a mi formación profesional, así como a los miembros del jurado calificador por sus valiosos comentarios.

Finalmente, reconozco el apoyo moral y la comprensión de mis padres y hermanos, quienes me motivaron a perseverar durante este proceso académico durante mis cinco años como estudiante de mi Alma Mater, la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

RESUMEN

Este estudio, titulado “Optimización del Sistema de Información mediante la Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en Compañía Minera Comarsa”, tuvo como objetivo principal optimizar el sistema de información a través de la implementación de TICs en dicha operación minera. La hipótesis de trabajo postula que la optimización del sistema de información mediante TICs incide positivamente en la eficacia de la supervisión de las operaciones mineras de Comarsa.

Metodológicamente, la investigación se clasifica como aplicada, con un nivel descriptivo-analítico y un diseño no experimental. La unidad de análisis se constituyó por los procesos de carguío y acarreo que utilizan dispositivos PDA (Asistente Digital Personal) en la operación de Comarsa.

Como conclusión principal, se determinó que fue posible implementar un sistema de gestión operativa, cuya base radica en la integración de flujos de información y comunicación en la estructura organizacional de supervisión. Se optimizó la funcionalidad del PDA, trascendiendo su uso inicial de mero registro de datos para aprovechar sus capacidades integrales: transmisión de señal inalámbrica, lectura de códigos de barras y comunicación remota vía mensajería de texto, prescindiendo de radios convencionales. Además, se aplicaron conocimientos de redes de información, adaptando infraestructura de comunicación inalámbrica análoga a las redes urbanas, al entorno minero.

Palabras clave: Sistema de información, TICs, Carguío, Acarreo.

ABSTRACT

This research, entitled “Optimization of the Information System Through the Application of Information and Communication Technologies (ICTs) At Comarsa Mining Company”, had as its main objective: To optimize the information system through the application of information and communication technologies (ICTs) at Comarsa Mining Company. The hypothesis states: Optimizing the information system through ICTs is positively beneficial for monitoring operations at Comarsa Mining Company.

Methodologically, the study is framed within applied research, with a descriptive and analytical level, and a non-experimental design. The sample consists of the loading and hauling operations using PDAs at Comarsa Mining Company.

In conclusion, the technology obtained has enabled the implementation of a management system using Information and Communication Technologies (ICTs) as the primary tool within the supervisory organizational structure.

The use of the PDA was optimized, leveraging its many advantages such as wireless signal transmission, barcode reading, and long-distance communication via text messaging without the need for radio, transforming it from a mere data entry device.

Knowledge of information networks, such as the wireless systems commonly used in urban networks, was put into practice.

Keywords: Information system, ICTs, Loading, Hauling.

INTRODUCCION

El presente estudio aborda la aplicación de tendencias tecnológicas contemporáneas en el ámbito de las comunicaciones para la gestión empresarial en el sector minero. Partiendo del contexto actual, caracterizado por el desarrollo y la diversificación de herramientas de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) de creciente accesibilidad, esta investigación se centra en el análisis de metodologías para integrar de manera eficaz y económicamente viable los flujos de información con los sistemas de comunicación en operaciones mineras. La estructura del trabajo de tesis se organiza de la siguiente manera:

El Capítulo I contiene el Planteamiento del Problema, donde se formula la problemática general y los problemas específicos asociados al uso de TICs. En este mismo capítulo se establecen los objetivos (general y específicos), la justificación e importancia de la investigación, así como la delimitación e identificación de limitaciones del estudio.

El Capítulo II corresponde al Marco Teórico, el cual consolida los antecedentes de investigaciones previas sobre la implementación de TICs en diversas operaciones mineras y fundamenta la investigación mediante la exposición de las bases teóricas y conceptuales esenciales, así como el enfoque filosófico – epistémico.

El Capítulo III detalla la Metodología, especificando el método, tipo y nivel de investigación, el diseño metodológico adoptado, la definición de la población y muestra de estudio, además de las técnicas e instrumentos para la recolección de datos y los procedimientos para su procesamiento y análisis estadístico.

El Capítulo IV presenta los Resultados y Análisis, dedicado a la exposición y discusión de los datos obtenidos tras la aplicación de la tecnología en estudio.

Finalmente, el documento concluye con las Conclusiones y Recomendaciones derivadas del análisis, seguidas del listado de Referencias Bibliográficas que sustentan el desarrollo de la investigación.

INDICE

DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
RESUMEN	
ABSTRACT	
INTRODUCCION	
INDICE	

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	2
1.2.1. Delimitación espacial.....	2
1.2.2. Delimitación temporal.....	2
1.3. Formación del problema	2
1.3.1. Problema general.....	2
1.3.2. Problemas específicos	3
1.4. Formulación de objetivos	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos	3
1.5. Justificación de la investigación	3
1.5.1. Justificación teórica.....	3
1.5.2. Justificación practica	4
1.5.3. Justificación económica	4
1.6. Limitaciones de la investigación.....	4

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio	5
------------------------------------	---

2.1.1.	Antecedentes internacionales	5
2.2.	Bases teóricas científicas.....	10
2.2.1.	Tecnologías de información	10
2.2.2.	Diferencias entre TI, TO y TIC.....	17
2.2.3.	Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información (TADSI)	18
2.2.4.	La comunicación y su relación con las tecnologías de información	18
2.2.5.	Tecnología de información y comunicación (TICs)	20
2.2.6.	La gestión de la función de tecnología de información	21
2.2.7.	Key performance indicators (KPI).....	22
2.2.8.	Wireless	23
2.2.9.	Equipos de carguío a cielo abierto	25
2.2.10.	Cargadores Frontales.....	28
2.2.11.	Equipos de transporte - camiones.....	31
2.3.	Definición de términos conceptuales.....	33
2.4.	Enfoque filosófico - epistémico	36
2.4.1.	Enfoque filosófico: Pragmatismo	36
2.4.2.	Enfoque epistémico: Constructivismo aplicado de orientación socio- técnica	37
2.4.3.	Articulación del enfoque con los objetivos de la investigación	37
2.4.4.	Síntesis del enfoque filosófico–epistémico	38

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1.	Tipo de investigación	40
3.2.	Nivel de investigación	40
3.3.	Características de la investigación.....	40
3.4.	Método de investigación	41
3.5.	Diseño de investigación	41

3.6.	Procedimiento del muestreo	41
3.6.1.	Población	41
3.6.2.	Muestra	41
3.7.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.6.3.	Técnicas.....	42
3.6.4.	Instrumentos	42
3.8.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	42
3.9.	Orientación ética.....	42

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1.	Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	43
4.1.1.	Aspectos generales.....	43
4.1.2.	Aplicación de la tecnología de información y comunicación en Comarsa	44
4.1.3.	Formulación de los KPI's.....	45
4.1.4.	Porcentaje de avance de la programación del mes	52
4.1.5.	Implementación de Personal Digital Assistant (PDA) en la captura de datos	52
4.1.6.	Características del PDA (Personal Digital Assistant)	53
4.1.7.	Funcionamiento del programa aplicativo PDA.....	55
4.1.8.	Ventajas y desventajas del programa aplicativo PDA.....	65
4.1.9.	JET MINE – COMARSA.....	65
4.1.10.	Carguío y acarreo con PDA y su integración en la red Comarsa.....	67
4.1.11.	Central de Control de Costos de COMARSA (CCCC)	69
4.1.12.	Procedimientos en el Centro de Control de Costos de Comarsa (CCCC)	71
4.1.13.	Diferencia antes y después de la instalación del Centro de Control de Costos de Comarsa (CCCC).....	72

4.1.14. Inversión	74
4.1.15. Ventanas del aplicativo del monitoreo del CCCC	76
4.2. Discusión de resultados	77
4.2.1. Histórico de producción	77
4.2.2. Promedio de horas efectivas de carguío por guardia.....	79
4.2.3. Costos unitarios de minado US\$/TM por actividad	80

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de cargadores frontales.....	28
Tabla 2. Síntesis del modelo filosófico–epistémico	39
Tabla 3. Costo por hora de los equipos de carguío y acarreo	46
Tabla 4. Viajes por hora y toneladas por hora	47
Tabla 5. Capacidad de los cucharones y tonelaje de carguío a un volquete	47
Tabla 6. Inversión para Sistema Jet Mine – COMARSA	74
Tabla 7. Producción de oro fino en onzas, Comarsa 2023-2024.....	78
Tabla 8. Promedio de horas disponibles por tipo de equipo (2023-2024)	79
Tabla 9. Producción mensual de los años 2023 y 2024	82
Tabla 10. Costos unitarios por año y tipo de actividad y material 2023-2024.....	83

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de gastos por actividad operaciones mina	7
Figura 2. Pala Hidráulica o excavadora.....	27
Figura 3. Cargadores frontales.....	30
Figura 4. Equipos de transporte – camiones	33
Figura 5. Ubicación de la mina	44
Figura 6. Procesador Xscale PXA270 de 624 MHz	55
Figura 7. Ventana de inicio.....	56
Figura 8. Iniciar operación.....	57
Figura 9. Nueva operación	57
Figura 10. Cargar equipos de acarreo.....	58
Figura 11. Pantalla de control.....	59
Figura 12. Estado de los volquetes	60
Figura 13. Establecer actividad	61
Figura 14. Establecer demora	61
Figura 15. Consultas de producción.....	62
Figura 16. Horas de los equipos de acarreo.....	63
Figura 17. Horas y actividades del equipo de carguío	63
Figura 18. Sistema de control modo Batch.....	64
Figura 19. Transmisión inalámbrica.....	67
Figura 20. Sistema de remolque	69
Figura 21. Sistema Jet Mine – COMARSA (Control de operaciones)	73
Figura 22. Posición de los módulos de antenas en el tajo SACALLA	75
Figura 23. Posición de los módulos de antenas en el tajo SEDDUCTORA	75
Figura 24. Posición de los módulos de antenas en el tajo TENTADORA	76
Figura 25. Ventana de control de flota.....	76
Figura 26. Ventana de monitoreo completo de la flota	77
Figura 27. Producción de mineral y desmonte 2023 - 2024.....	78

Figura 28. Producción de oro fino en onzas 2023-2024	79
Figura 29. Promedio de horas disponibles por tipo de equipo (2023-2024)	80
Figura 30. Costo unitario de carguío de mineral 2023-2024	81
Figura 31. Costo unitario de carguío de desmonte	82

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

La globalización trajo consigo diversas formas de hacer un mismo negocio, los que saben elegir la mejor opción son las que siguen para adelante, una de ellas es la manera de introducir y unificar las herramientas tecnológicas a los procesos y reemplazando a los viejos paradigmas.

En muchas de las empresas mineras, para poder alcanzar objetivos trazados existen limitaciones en cuanto al tiempo de reacción para tomar decisiones y métodos de gestión debido a la poca información y comunicación que podemos tener

Existen varios sistemas desarrollados que logran estos importantes aportes a la gestión en cuanto al tiempo de compartir la información, la tecnología propuesta por estos sistemas es excesivamente alta para poder ser adquiridas por la mayoría de las empresas inmersas en la mediana minería, que se ven limitadas en cuanto a la inversión que hace.

¿Como podremos hacer posible acortar la brecha del tiempo de reacción para la toma de decisiones?, y tener índices que nos muestren la conducta de las operaciones.

La presente investigación se enfocó, de una manera práctica y clara, la forma de cómo se puede aplicar las nuevas tendencias para dirigir una empresa haciendo uso de la tecnología en el campo de la comunicación, ahora que estamos en la época donde se ha desarrollado y diversificado el uso de estas herramientas y está al alcance de todos, enfocándonos a ¿Cómo? podemos unir la información y la comunicación y que sea económicamente viable, y que sirva de hito en la mediana minería, y por qué no a la minería del país.

1.2. Delimitación de la investigación

1.2.1. Delimitación espacial

El ámbito de desarrollo de la presente investigación se circunscribe a las operaciones de la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa (COMARSA), ubicada en el paraje Pampa Larco, distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad, Perú.

1.2.2. Delimitación temporal

El desarrollo de la presente investigación se enmarca dentro de un período específico de ejecución, comprendido entre los meses de julio y diciembre del año 2024, lo que totaliza un horizonte temporal de seis meses. Esta delimitación permite estructurar las fases del estudio, las cuales incluyen la recolección de datos en campo, la implementación y monitoreo de las tecnologías propuestas, el procesamiento y análisis de la información generada, y la posterior elaboración de conclusiones y recomendaciones.

1.3. Formación del problema

1.3.1. Problema general

¿Cómo se puede optimizar el Sistema de Información mediante la aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) en Compañía Minera Comarsa?

1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo se puede optimizar el uso del Personal Digital Assistant (PDA) como herramienta de control de equipos en tiempo real, en la Compañía Minera Comarsa?
- b) ¿Con la experiencia obtenida con el Centro de Control de Costos de Comarsa (CCCC), se puede mejorar nuestra gestión en la Compañía Minera Comarsa?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

Optimizar el Sistema de Información mediante la aplicación de las Tecnologías de Información y Comunicación (TICs) en Compañía Minera Aurífera Santa Rosa - Comarsa.

1.4.2. Objetivos específicos

- a) Optimizar el uso de Personal Digital Assistant (PDA) como herramienta de control de equipos en tiempo real, en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa - Comarsa.
- b) Mejorar nuestra gestión con la experiencia obtenida con el Centro de Control de Costos de Comarsa (CCCC) en Compañía Minera Aurífera Santa Rosa - Comarsa.

1.5. Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica desde tres dimensiones fundamentales: teórica, práctica y económica.

1.5.1. Justificación teórica

La justificación teórica radica en su contribución al cuerpo de conocimiento especializado de la ingeniería de minas. El estudio generará evidencia documentada y sistematizada sobre la implementación y desempeño de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en un entorno operativo

minero específico. Los hallazgos, metodologías y modelos resultantes servirán como antecedente y base referencial para futuras investigaciones académicas y desarrollos tecnológicos aplicados al sector.

1.5.2. Justificación práctica

Desde la perspectiva práctica, la investigación está orientada a la solución de problemas operativos concretos. Los resultados y el modelo propuesto ofrecen una herramienta aplicable directamente en las operaciones mineras, con el fin de optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones y proveer información estratégica en tiempo oportuno para las diversas áreas operativas y de supervisión, incrementando así la eficiencia y control sobre las actividades de carguío, acarreo y gestión general.

1.5.3. Justificación económica

En cuanto a la justificación económica, el proyecto se sustenta en su potencial para generar ahorros y una mayor racionalización de costos. La implementación efectiva de un sistema de información basado en TIC permite un control preciso y en tiempo real de los insumos, equipos y actividades. Esta trazabilidad y monitorización facilitan la identificación de desviaciones, la optimización de recursos y la reducción de mermas, impactando positivamente en los indicadores de costo por tonelada movida y, en consecuencia, en la rentabilidad operativa.

1.6. Limitaciones de la investigación

Tras un análisis preliminar de las condiciones de acceso, disponibilidad de datos y alcance metodológico definido, no se prevén limitaciones significativas que puedan impedir la ejecución completa del trabajo de campo y el logro de los objetivos planteados. No obstante, se mantendrá una supervisión continua para identificar y mitigar de forma proactiva cualquier contingencia operativa que pudiera surgir durante el período de estudio.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de estudio

2.1.1. Antecedentes internacionales

Primer antecedente: “Soporte Técnico – Instituto de Capacitación Minera”

Es un hecho reconocido que, para mantener su competitividad en el mercado actual, las empresas mineras deben adaptarse con agilidad a las dinámicas del entorno, lo que implica una revaluación constante de sus procesos internos y su cadena de valor.

En este contexto, la planificación de las operaciones unitarias de carguío y acarreo, tanto en minería superficial como subterránea, representa un desafío técnico-económico crítico. El objetivo central de dicha planificación consiste en maximizar la utilización del capital invertido en flotas de equipos, con el fin de minimizar el costo específico asociado al transporte de material desde los frentes de explotación hasta los puntos de destino (planta, botaderos, stock).

Este proceso se ve complejizado por variables dinámicas inherentes a la operación minera, tales como las distancias de acarreo —que se modifican con el avance de los frentes—, y las políticas de secuenciación de la producción. Por lo tanto, resulta fundamental que los planificadores mineros comprendan

integralmente los factores que influyen en el rendimiento de estos sistemas (carguío y transporte), evaluando no solo su viabilidad técnica según las condiciones operativas específicas, sino también su impacto directo en la economía del negocio minero.

Segundo antecedente: “John Paul Hudson, Runge Latin América”

Los sistemas de carguío y transporte constituyen una solución operativa de amplia adopción en la industria minera contemporánea, destacándose principalmente por su elevada flexibilidad para la extracción y manejo de materiales. Aunque estos sistemas presentan menos restricciones técnicas comparados con otros métodos de explotación, dicha característica no garantiza, por sí sola, su eficiencia económica.

Estas operaciones unitarias representan el núcleo del ciclo de movimiento de material en cualquier faena minera, siendo responsables del desplazamiento de toda la masa de mineral y estéril previamente fragmentada. Su relevancia es bidimensional: desde la perspectiva estratégica, son determinantes en la planificación y el diseño minero; y desde la perspectiva operativa, concentran las inversiones de capital más significativas en equipos y generan una porción sustancial de los costos operativos directos.

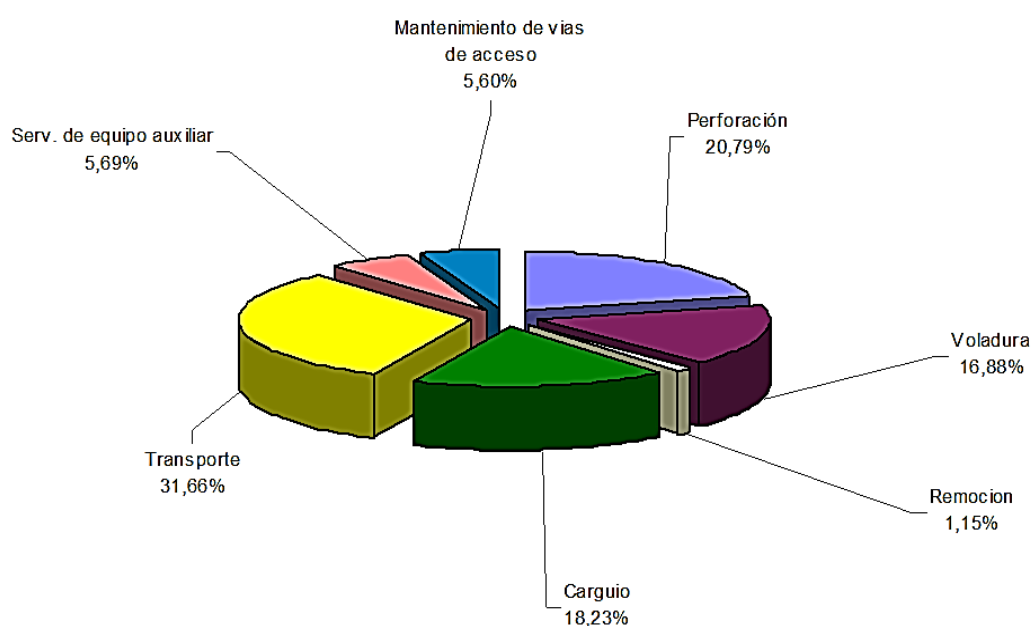
En consecuencia, el desempeño seguro y eficiente de las actividades de carguío y transporte es un factor crítico que condiciona el éxito global de una operación minera, con independencia de su escala o método de explotación. Una gestión óptima de estos procesos es fundamental para cumplir de manera sostenida los programas de producción de mineral —tanto en tonelaje como en ley— y los cronogramas de movimiento de estéril hacia las áreas de disposición designadas (botaderos).

Tercer antecedente: Importancia del Carguío y Transporte como parte del proceso productivo

La etapa de carguío y acarreo representa una fracción significativa tanto de la inversión de capital como de los costos operativos del ciclo minero. En este contexto, la capacitación y preparación técnica del personal operativo y de supervisión adquieren una relevancia directa, ya que influyen de manera determinante en los indicadores de eficiencia y, por ende, en los resultados económicos del proyecto.

Cuantitativamente, el costo asociado a las operaciones de carguío y acarreo puede superar el 50% del costo total de minado. Esta proporción dominante subraya que el control riguroso y la optimización continua de estas actividades no son meramente deseables, sino un imperativo estratégico para garantizar la competitividad y sostenibilidad financiera de las empresas mineras. Por lo tanto, cualquier mejora en la productividad de estos sistemas tiene un impacto multiplicador y directo en la rentabilidad global de la operación (Figura 1).

Figura 1. Distribución de gastos por actividad operaciones mina



Cuarto antecedente: INTELLIMINE: El sistema de administración de minas IntelliMine®

El sistema de gestión integral para minería a cielo abierto IntelliMine® se posiciona como una solución tecnológica diseñada para maximizar la productividad operativa. Su arquitectura se fundamenta en la integración de múltiples componentes, tales como la asignación de tareas optimizada para la flota, aplicaciones de posicionamiento global (GPS) de alta precisión, sistemas de reporte en línea y la plataforma de comunicación por radio de banda ancha MasterLink®. Adicionalmente, incorpora herramientas avanzadas de gestión de mantenimiento, consolidando información crítica sobre el estado y desempeño de los activos clave.

La implementación de este sistema proporciona a las operaciones mineras, independientemente de su escala o tipología, una herramienta estratégica y validada en campo para incrementar su competitividad en el mercado. Entre los desarrollos innovadores más recientes asociados a esta suite tecnológica se encuentra el sistema de transporte autónomo de Modular, el cual habilita la operación de flotas de camiones sin conductor. Esta capacidad permite extender los ciclos operativos, mejorar la eficiencia general del sistema de acarreo y generar una reducción significativa en los costos operativos asociados.

Quinto antecedente: Dispatch: El Sistema de Administración minera de IntelliMine®

La suite tecnológica IntelliMine® para minería a cielo abierto se ha consolidado como un estándar de la industria, con implementación extendida en las principales operaciones a nivel global. Los reportes de desempeño documentan incrementos promedio en productividad superiores al 10% tras su adopción.

El núcleo de esta solución es el sistema de despacho y asignación de flota DISPATCH®, reconocido internacionalmente por su capacidad para maximizar la utilización y el rendimiento de los equipos de acarreo. La arquitectura de IntelliMine© se caracteriza por su interoperabilidad, gracias a una estructura abierta e interfaces validadas que permiten su integración con los principales sistemas existentes de planificación minera, gestión de mantenimiento y administración empresarial, facilitando la conformación de un ecosistema tecnológico modular y especializado.

Las funcionalidades principales del sistema incluyen: la asignación óptima y automatizada de unidades de acarreo; el monitoreo en tiempo real de parámetros vitales de los equipos; el seguimiento de condiciones para el mantenimiento predictivo y correctivo; el rastreo de maquinaria auxiliar; la administración de personal; módulos de simulación; control de mezcla de materiales; y la generación automatizada de reportes de producción. Esta operatividad se sustenta en una red de subsistemas de posicionamiento de alta precisión (High-Precision GPS) para distintos equipos: palas eléctricas, cargadores frontales, perforadoras, tractores y unidades de topografía y supervisión. Cada subsistema incorpora tecnología GNSS (GPS + GLONASS) para garantizar la máxima disponibilidad y confiabilidad de los datos de posicionamiento, permitiendo la ejecución precisa de las tareas según el plan de mina, incluso en condiciones topográficas complejas como en la proximidad de taludes de gran altura.

En consecuencia, IntelliMine© constituye una herramienta integral de gestión minera que posiciona a las operaciones a cielo abierto en la vanguardia tecnológica, siendo un componente crítico para mantener la competitividad en el mercado minero actual.

Sexto antecedente

Torres (2022) en su investigación titulada “Sistema de Información y Gestión De Procesos Administrativos en la Empresa Alpes Minería y Construcción SAC de la Ciudad de Cajamarca”, tuvo como objetivo principal evaluar el impacto de un sistema de información en los procesos administrativos de dicha organización.

Entre sus conclusiones más relevantes, se reporta que la implementación del sistema generó una respuesta positiva en la gestión administrativa, alcanzando un nivel de satisfacción del 88% entre los usuarios. Asimismo, se registraron mejoras cuantificables en la eficiencia operativa, evidenciadas por la reducción significativa en los tiempos de ejecución de varios procesos. Específicamente, se obtuvo una disminución del 11.41% en el tiempo de registro de datos, con una duración final de 3.8 minutos; una reducción del 84.35% en el tiempo de búsqueda de información, llevando esta tarea a 0.92 minutos; y una optimización del 61.18% en la generación de informes, con un tiempo promedio de elaboración de 4.71 minutos por reporte.

2.2. Bases teóricas científicas

2.2.1. Tecnologías de información

a) Concepto

Las Tecnologías de la Información (TI) pueden conceptualizarse como el conjunto integrado de recursos de carácter tecnológico — que abarca componentes de hardware, software e infraestructura de servicios—, cuya función principal es habilitar la captura, el almacenamiento, el procesamiento, la transmisión y la distribución de datos e información. Su implementación estratégica tiene como propósito fundamental incrementar la eficiencia, el rendimiento y la productividad en la ejecución de tareas y procesos, tanto en el

ámbito organizacional empresarial como en diversos contextos de la actividad humana.

Este conjunto tecnológico incluye, entre otros elementos, equipos terminales (computadoras personales, servidores), software para la gestión de bases de datos, sistemas de gestión de contenidos y plataformas para la automatización de procesos de negocio. En el contexto de la ingeniería de minas, las TI constituyen la base digital sobre la cual se construyen sistemas especializados para el monitoreo, control y optimización de las operaciones (Cabrera, 2024).

b) Tipos de tecnologías de la información

El ecosistema tecnológico contemporáneo está compuesto por diversas disciplinas especializadas, entre las que destacan:

- **Inteligencia artificial (IA):** Faculta a los sistemas computacionales para emular funciones cognitivas humanas, tales como el aprendizaje autónomo (machine learning), el reconocimiento de patrones y la toma de decisiones basada en datos.
- **Internet de las Cosas (IoT):** Consiste en una red de dispositivos físicos interconectados mediante internet, equipados con sensores y software para la captura, intercambio y procesamiento de datos, permitiendo el monitoreo y control remoto.
- **Nube (Cloud Computing):** Modelo tecnológico que proporciona acceso bajo demanda a recursos informáticos compartidos (almacenamiento, procesamiento, aplicaciones) a través de servidores remotos, favoreciendo la escalabilidad, la accesibilidad y la reducción de infraestructura local.

- **Big Data:** Conjunto de técnicas y tecnologías dedicadas al procesamiento y análisis de volúmenes masivos, veloces y variados de datos (estructurados y no estructurados) para extraer información estratégica y respaldar la toma de decisiones.
- **Blockchain:** Sistema de registro distribuido y descentralizado que emplea criptografía para garantizar la inmutabilidad, trazabilidad y transparencia en la validación y almacenamiento de transacciones digitales.
- **Realidad virtual (VR) y Realidad aumentada (AR):** La VR genera entornos digitales completamente inmersivos, mientras que la AR superpone información o elementos digitales sobre la percepción del mundo físico, ampliando sus aplicaciones en capacitación y simulación.
- **Ciberseguridad:** Campo multidisciplinario enfocado en la protección de sistemas, redes, programas y datos contra accesos no autorizados, daños o robos, mediante tecnologías, procesos y controles diseñados para gestionar los riesgos digitales.
- **5G:** La quinta generación de tecnología de red móvil proporciona una conectividad de muy alta velocidad, baja latencia y mayor capacidad, siendo un habilitador crítico para el IoT masivo, la automatización y aplicaciones en tiempo real.
- **Robótica:** Involucra el diseño, construcción y operación de robots, combinando disciplinas como la mecánica, la electrónica y la informática para automatizar tareas repetitivas, de precisión o peligrosas en entornos industriales.

- **Impresión 3D:** Tecnología de manufactura que permite crear objetos sólidos tridimensionales a partir de un modelo digital, depositando material capa por capa, ofreciendo ventajas en prototipado rápido y fabricación personalizada.

c) Categorías de las tecnologías de la información

Más allá de la taxonomía por disciplinas, las Tecnologías de la Información (TI) pueden clasificarse estructuralmente en tres categorías principales, según su función primordial dentro de un sistema organizacional:

- **Tecnologías computacionales:** Constituyen la infraestructura base o hardware y el software de sistema, encargadas del procesamiento bruto, el almacenamiento y la administración fundamental de los datos. Esta categoría integra componentes físicos (servidores, unidades de almacenamiento, dispositivos de red) y lógicos (sistemas operativos, software de virtualización, motores de bases de datos) que proveen la capacidad de cómputo y el entorno de ejecución para las aplicaciones.
- **Tecnologías organizacionales:** Comprenden las aplicaciones de software de nivel empresarial diseñadas para gestionar, estructurar y optimizar los procesos operativos y de negocio. Su función es modelar y automatizar flujos de trabajo específicos. Ejemplos paradigmáticos incluyen los Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP), los Sistemas de Gestión de Relación con el Cliente (CRM), las plataformas de inteligencia de negocios (BI) y el software para la gestión de proyectos.
- **Tecnologías de comunicación de equipos:** Engloban el conjunto de herramientas y plataformas cuyo objetivo es facilitar

el intercambio de información, la comunicación sincrónica y asincrónica, y el trabajo colaborativo entre individuos y equipos, independientemente de su localización geográfica. Esta categoría abarca desde servicios fundamentales como el correo electrónico y las redes telefónicas IP (VoIP), hasta aplicaciones de mensajería instantánea, videoconferencias, portales colaborativos y redes sociales corporativas.

d) Clasificación de las tecnologías de la información

La clasificación de las Tecnologías de la Información (TI) puede abordarse desde múltiples perspectivas, incluyendo su función operativa, la tecnología central o el sector económico al que sirven. Desde un enfoque sectorial o industrial, las TI suelen segmentarse en los siguientes grandes grupos:

- **Servicios TI:** Comprende a las empresas y consultoras que proveen servicios intelectuales y de gestión tecnológica a otras organizaciones o usuarios finales. Este subsector incluye actividades como consultoría estratégica en TI, gestión e implementación de proyectos, soporte técnico especializado, administración de sistemas y bases de datos, y externalización de procesos de negocio (BPO).
- **Software:** Abarca la industria dedicada al ciclo de vida completo de los programas informáticos: investigación, diseño, desarrollo, licenciamiento, implementación, mantenimiento y soporte. Incluye la producción de sistemas operativos, aplicaciones empresariales y de usuario final, plataformas de seguridad informática y, en la actualidad, el desarrollo de software como servicio (SaaS) basado en la nube.

- **Comercio TI:** Incluye a las entidades que utilizan las TI como canal principal para realizar transacciones comerciales. Esto abarca la venta minorista y mayorista de bienes físicos y digitales a través de plataformas en línea, así como la provisión de servicios financieros digitales, como sistemas de pago electrónico, pasarelas de pago y servicios de banca en línea.
- **Contenido y medios:** Este subsector se enfoca en la creación, producción, agregación y distribución de contenido en formato digital. Incluye a las industrias de entretenimiento (streaming de video y audio, videojuegos), publicaciones (libros y prensa digital), y marketing (publicidad en línea, marketing de influencia y gestión de redes sociales corporativas).
- **Infraestructura TI:** Está conformado por las empresas que proporcionan los servicios tecnológicos fundamentales y el soporte físico-lógico para el funcionamiento de los sistemas digitales. Incluye la provisión de servicios en la nube (IaaS, PaaS), la gestión y operación de centros de datos (hosting, colocation), los servicios de almacenamiento masivo y las soluciones de virtualización y redes definidas por software (SDN).
- **Hardware o manufactura TI:** Se refiere al sector industrial dedicado al diseño, fabricación y comercialización de componentes físicos y dispositivos electrónicos. Incluye la producción de equipos terminales (computadoras, teléfonos inteligentes, tabletas, wearables), periféricos, equipos de red, servidores y los semiconductores y componentes electrónicos que los integran.

e) Herramientas de las tecnologías de la información

El ecosistema de las TI se materializa a través de un conjunto específico de herramientas tecnológicas, que pueden clasificarse de la siguiente manera:

Infraestructura Física y de Conectividad:

- **Computadoras Personales (PC) y Portátiles:** Dispositivos de propósito general para el procesamiento de información y ejecución de aplicaciones, siendo los portátiles variantes diseñadas para la portabilidad y el trabajo móvil.
- **Servidores:** Sistemas computacionales especializados de alta disponibilidad que proveen servicios centralizados de almacenamiento, procesamiento y gestión de datos para múltiples usuarios o sistemas cliente.
- **Redes de Área Local (LAN):** Infraestructura de telecomunicaciones que interconecta dispositivos dentro de un límite geográfico reducido, como una oficina o un edificio.
- **Redes de Área Amplia (WAN):** Infraestructura que extiende la conectividad a través de grandes distancias geográficas, interconectando LANs separadas, como las de diferentes sucursales o ciudades.

Software de Gestión y Procesamiento:

- **Sistemas de Gestión de Bases de Datos (DBMS):** Software especializado para la definición, creación, consulta, administración y seguridad de bases de datos estructuradas.
- **Sistemas de Gestión de Contenidos (CMS):** Plataformas que facilitan la creación, edición, organización y publicación de contenido digital, comúnmente utilizado para portales web e intranets.
- **Sistemas de Planificación de Recursos Empresariales (ERP):** Suites de software integradas que gestionan y automatizan los procesos centrales de

un negocio, como cadena de suministro, finanzas, contabilidad, inventario y recursos humanos.

- **Sistemas de Gestión de Relación con el Cliente (CRM):** Aplicaciones diseñadas para gestionar todas las interacciones y datos relacionados con clientes actuales y potenciales, soportando ventas, marketing y servicio al cliente.

Herramientas de Productividad y Automatización:

- **Herramientas de Colaboración en Línea:** Conjunto de aplicaciones que facilitan la comunicación sincrónica y asincrónica y el trabajo cooperativo, como plataformas de videoconferencia, mensajería instantánea y entornos de trabajo compartido.
- **Herramientas de Automatización de Procesos:** Software que permite modelar, ejecutar y monitorizar flujos de trabajo empresariales repetitivos para reducir la intervención manual, aplicable en áreas como aprobaciones, facturación o gestión de incidencias.

2.2.2. Diferencias entre TI, TO y TIC

En minería, es fundamental distinguir entre los siguientes conceptos relacionados:

a) Tecnologías de la Información (TI)

Se refieren al conjunto de tecnologías, procesos y sistemas dedicados a la administración, el procesamiento, el almacenamiento y la transmisión de datos e información digital dentro de una organización. Su ámbito central es el manejo de datos a través de hardware, software y sistemas de información.

b) Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)

Este término amplía el concepto de TI al incorporar explícitamente la dimensión de la comunicación electrónica. Además de las capacidades de las TI, las TIC engloban las tecnologías que posibilitan el intercambio de

información a través de redes, como internet, telefonía móvil, correo electrónico y videoconferencia.

c) Tecnología Operativa (TO)

Se enfoca en el monitoreo, control y automatización de procesos físicos e industriales en tiempo real. Gestiona dispositivos como sensores, actuadores, controladores lógicos programables (PLC) y sistemas de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA). La convergencia entre TI y TO, facilitada por el Internet de las Cosas (IoT), es un eje clave para la Industria 4.0, permitiendo que los datos de los procesos físicos alimenten sistemas de información para su análisis y optimización.

2.2.3. Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información (TADSI)

El Tecnólogo en Análisis y Desarrollo de Sistemas de Información es un profesional capacitado para atender los requerimientos informáticos de una organización. Sus competencias abarcan el ciclo de vida completo del desarrollo de software, incluyendo el análisis de requerimientos, el diseño de sistemas, la programación, las pruebas, la implementación y el mantenimiento. Su rol puede extenderse a actividades complementarias como la administración de bases de datos, la gestión de redes informáticas, la implementación de medidas de seguridad de la información y la participación en la gestión de proyectos de TI.

El perfil exige habilidades analíticas para la resolución de problemas, dominio de lenguajes y metodologías de programación, capacidad de diseño lógico, y competencias de comunicación efectiva. Este profesional puede desempeñarse en diversos sectores, incluyendo empresas privadas, entidades del sector público, instituciones educativas y firmas de consultoría tecnológica.

2.2.4. La comunicación y su relación con las tecnologías de información

La necesidad intrínseca del ser humano por comunicarse —expresar pensamientos, emociones e ideas, así como acceder y compartir información—

ha sido el motor fundamental para el desarrollo histórico de instrumentos cada vez más sofisticados y eficientes en el proceso comunicativo. Esta evolución, desde las formas más básicas hasta los sistemas complejos actuales, demuestra una búsqueda constante por optimizar la interacción y la transferencia de conocimiento.

La tecnología, entendida etimológicamente como el "tratado o estudio de la técnica" (del griego *techne* y *logos*), constituye la aplicación racional de principios científicos e ingenieriles para crear herramientas que permitan la realización de tareas específicas. En esencia, es la técnica que emplea conocimiento científico para controlar, transformar o crear objetos y procesos, con el fin de mejorar rutinas concretas. Por tanto, se trata de un instrumento orientado a obtener resultados prácticos y precisos dentro de un campo determinado. En este contexto, la tecnología actúa como un modernizador de los procesos, pero manteniendo la esencia del producto final, facilitando su consecución con mayor eficiencia y menor esfuerzo.

La relación entre tecnología y comunicación es simbiótica y evolutiva: cada avance tecnológico ha significado un progreso en las capacidades de comunicación, y a su vez, la necesidad humana de comunicarse mejor ha impulsado la innovación tecnológica. Cuando el término genérico "tecnología" se especifica hacia el ámbito del procesamiento, gestión e intercambio de datos y mensajes, surge el concepto de Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs). Estas representan la materialización del conocimiento científico aplicado específicamente para facilitar y potenciar los procesos informativos y comunicativos humanos.

La creatividad humana ha llevado a que las TIC no solo satisfagan necesidades existentes, sino que también generen nuevas formas de interacción, comercio y trabajo. La revolución digital, signada por la informática, la computación y la instauración de Internet, ha tenido un impacto profundo y

evidente en todos los ámbitos. Particularmente, los medios de comunicación y las industrias han visto transformados sus procesos de producción, sus modos de transmisión, su relación con las audiencias y su gestión estratégica, tanto interna como externa.

Se afirma que las TICs representan un aporte significativo en los procesos de producción, gestión y gerencia dentro de las organizaciones, constituyendo una infraestructura global y accesible que impulsa una transformación comercial y económica en la sociedad. Su integración ha generado una verdadera revolución en la forma en que se crea, comparte y utiliza la información, redefiniendo las dinámicas operativas y competitivas en entornos empresariales e industriales como el minero.

2.2.5. Tecnología de información y comunicación (TICs)

El crecimiento y desarrollo organizacional pueden potenciarse mediante la optimización de diversos factores de producción, tales como la capacidad del capital, la fuerza laboral y los recursos naturales. No obstante, estudios contemporáneos, como los realizados por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), identifican a las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) como un factor catalizador determinante en los patrones de crecimiento económico global, superando en influencia a variables tradicionales consideradas de manera aislada.

Conceptualmente, las TIC abarcan el conjunto de herramientas basadas en tecnologías computacionales y de telecomunicaciones que los individuos y las organizaciones emplean para trabajar con información. Según Haag, Cummings y McCubbrey, esto incluye cualquier dispositivo computarizado utilizado para procesar y satisfacer las necesidades informativas de una organización, englobando computadoras personales, Internet, teléfonos móviles y asistentes digitales. En una línea similar, Benjamín y Blunt las definen como todas las tecnologías fundamentadas en la computación y la comunicación entre

computadoras, utilizadas para adquirir, almacenar, manipular y transmitir información tanto al interior como al exterior de una entidad.

2.2.6. La gestión de la función de tecnología de información

En la actualidad, las organizaciones reconocen que la información y la infraestructura tecnológica que la soporta constituyen activos estratégicos de alto valor. Este reconocimiento ha elevado la relevancia de la Función de Tecnología de Información (FTI), otorgándole una posición estructural destacada dentro del organigrama empresarial.

Esta centralidad genera la imperativa necesidad de optimizar la gestión de la FTI. Los niveles gerenciales exigen servicios de mayor calidad, caracterizados por una funcionalidad robusta, facilidad de uso, mejora continua y reducción de los tiempos de respuesta, todo ello manteniendo o reduciendo los costos asociados.

Paralelamente, la creciente dependencia de las TIC incrementa los riesgos operativos y estratégicos, relacionados con el ingreso, manipulación, calidad o interpretación errónea de la información, lo que puede derivar en fallos críticos. Por consiguiente, es fundamental que los indicadores de gestión de la FTI estén claramente definidos y aplicados de manera efectiva. Su propósito es medir el desempeño de la gestión tecnológica, así como evaluar y monitorear los niveles de riesgo y control inherentes al entorno informático.

Para satisfacer este requerimiento, se han desarrollado herramientas gerenciales especializadas, entre las que destacan los Indicadores Clave de Desempeño (KPI, por sus siglas en inglés) para la función de TI. Estos indicadores cuantitativos y cualitativos permiten evaluar la eficiencia, eficacia y alineación estratégica de los servicios tecnológicos con los objetivos del negocio.

2.2.7. Key performance indicators (KPI)

Los Indicadores Clave de Desempeño (KPI, por sus siglas en inglés Key Performance Indicators) son métricas financieras o no financieras cuantificables, utilizadas para evaluar el nivel de desempeño de un proceso o actividad específica, enfocándose en el "cómo" se ejecutan dichos procesos. Su función principal es medir la efectividad con la que se están logrando los objetivos estratégicos predefinidos, proporcionando una base objetiva para la toma de decisiones.

En el ámbito de la Inteligencia de Negocios (Business Intelligence), los KPI son herramientas fundamentales para diagnosticar el estado actual de la organización y prescribir líneas de acción futuras. La monitorización de estos indicadores en tiempo real constituye lo que se denomina Monitorización de la Actividad del Negocio. Además, los KPI facilitan la medición de aspectos intangibles o complejos, como el grado de compromiso de los empleados, transformándolos en datos gestionables.

Desde una perspectiva gerencial, los KPI actúan como vehículos de comunicación estratégica, permitiendo a los ejecutivos de alto nivel alinear a toda la organización en torno a la misión y visión corporativa. Al traducir los objetivos estratégicos en metas medibles para todos los niveles jerárquicos, involucran directamente a todos los colaboradores en su consecución.

La definición efectiva de KPI propios para una organización como en la minería, requiere:

- Un proceso de negocio claramente predefinido.
- Objetivos y niveles de rendimiento explícitos para dicho proceso.
- Una medida cuantitativa o cualitativa de los resultados, que permita su comparación con los objetivos establecidos.

Para garantizar su utilidad, los KPI deben cumplir con los criterios del acrónimo SMART:

- Específicos (Specific): Enfocados en un aspecto concreto.
- Medibles (Measurable): Cuantificables de manera objetiva.
- Alcanzables (Achievable): Realistas dentro de las capacidades de la organización.
- Relevantes (Relevant): Alineados directamente con los objetivos estratégicos.
- Temporales (Time-bound): Asociados a un plazo definido para su evaluación.

La comparación del valor de un KPI con un nivel de referencia o benchmark permite identificar desviaciones y, en consecuencia, implementar acciones correctivas o preventivas. Los indicadores ofrecen una fotografía medible de la condición de un proceso en un momento dado. Por lo tanto, trabajar con ellos exige establecer un sistema integral que abarque desde la correcta comprensión de lo que se mide, hasta la toma de decisiones informadas para mantener, mejorar o innovar el proceso bajo evaluación. Este sistema debe integrarse con los procesos operativos y derivarse de acuerdos de desempeño basados en la estrategia organizacional.

Los KPI son una fuente clave de retroalimentación para los procesos y proyectos, y su valor es mayor cuando el tiempo de respuesta para su medición es inmediato o muy corto. Para la Función de Tecnología de Información (FTI), la prioridad no es tener una cantidad excesiva de indicadores, sino identificar y controlar únicamente los indicadores clave que, de forma agregada, reflejen el desempeño integral de la función de TI y su alineación con los procesos del negocio. El número y tipo de KPI dependerán de la naturaleza del negocio y sus necesidades específicas.

2.2.8. Wireless

La comunicación inalámbrica (wireless) es aquella que no requiere de un medio de propagación físico guiado (como cables), sino que se establece

mediante la modulación de ondas electromagnéticas. Estas ondas se transmiten a través del espacio libre, conectando los extremos de la transmisión sin una conexión material entre ellos.

a) Aspectos tecnológicos

Tecnológicamente, se basa en la utilización de ondas de radiofrecuencia de baja potencia, típicamente en bandas del espectro de uso libre o sin licencia. Esta condición regulatoria ha facilitado la proliferación masiva de dispositivos, especialmente computadoras y sensores, que emplean esta tecnología para conectarse a través de redes inalámbricas.

b) Campos de utilización

La tendencia hacia la movilidad y la flexibilidad operativa ha incrementado la adopción de sistemas inalámbricos, con el objetivo de eliminar cables en diversos ámbitos. Su aplicación trasciende el campo informático, extendiéndose a la telefonía móvil, televisión, sistemas de seguridad, domótica y, de manera crítica, a la automatización y telemetría en entornos industriales y mineros.

c) Equipo inalámbrico

El equipo fundamental para establecer una red inalámbrica básica es el punto de acceso (access point). Estos dispositivos suelen incorporar antenas omnidireccionales estándar (por ejemplo, de 2 dBi), a menudo desmontables, que permiten enlaces efectivos en rangos que superan comúnmente los 50 metros en condiciones de visibilidad directa.

d) Tipos de redes inalámbricas

Las redes inalámbricas pueden clasificarse según su alcance geográfico y aplicación, generando la siguiente taxonomía:

- **WPAN (Wireless Personal Area Network):** Redes de área personal de corto alcance. Tecnologías representativas: Bluetooth, ZigBee y RFID.
- **WLAN (Wireless Local Area Network):** Redes de área local. La tecnología predominante es Wi-Fi, basada en el conjunto de estándares IEEE 802.11.
- **WMAN (Wireless Metropolitan Area Network):** Redes de área metropolitana, generalmente asociadas a acceso de banda ancha fijo. Tecnologías clave: WiMAX (IEEE 802.16).
- **WWAN (Wireless Wide Area Network):** Redes de área extensa, que proporcionan cobertura regional o nacional. Principalmente representadas por las redes de telefonía celular de generaciones avanzadas (4G/LTE, 5G).

2.2.9. Equipos de carguío a cielo abierto

a) Pala hidráulica o excavadora

La pala hidráulica o excavadora, es un equipo versátil empleado tanto en operaciones mineras como en obras de ingeniería civil. En su versión de menor porte, se utiliza para tareas de apertura de zanjas y demolición, mientras que en minería a cielo abierto se configura como un equipo de carguío primario de alta productividad (Figura 2).

➤ **Características generales y tipología**

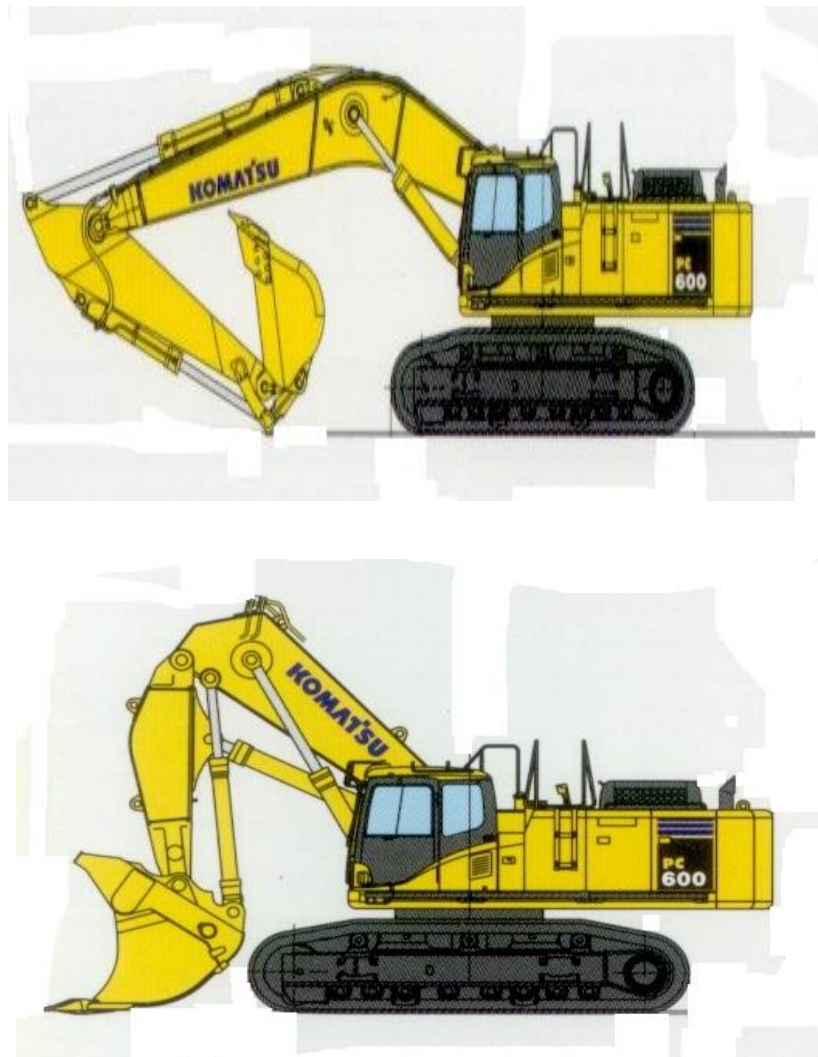
Existen dos configuraciones principales: la pala frontal (o shovel) y la retroexcavadora (backhoe). La diferencia fundamental radica en la dirección del movimiento de excavación y descarga del balde, así como en su geometría estructural, lo que determina su modo de operación frente al banco.

➤ **Características Técnicas y Operativas en Minería**

Las palas hidráulicas utilizadas en minería presentan las siguientes ventajas técnicas:

- **Diseño y Movilidad:** Poseen un diseño compacto y un peso relativamente reducido en relación con la capacidad de su cuchara. Ofrecen gran movilidad y flexibilidad operativa, especialmente en versiones diésel, alcanzando velocidades de traslación de hasta 2.4 km/h.
- **Posicionamiento y Estabilidad:** Permiten un posicionamiento preciso gracias al accionamiento independiente de sus orugas. Tienen capacidad para remontar pendientes de hasta 80% y operar de forma continua en pendientes del 60%.
- **Eficiencia del Ciclo:** Alcanzan velocidades de rotación elevadas (entre 2.5 y 5 rpm), lo que se traduce en ciclos de carguío cortos y una alta productividad cíclica.
- **Fuerza de Excavación:** Generan fuerzas de penetración y excavación significativas, permitiendo el carguío directo de material consolidado o semi-competente sin necesidad de un previo rippeado intensivo.

Figura 2. Pala Hidráulica o excavadora



- **Versatilidad y Selectividad:** La articulación del brazo y el balde permite una orientación precisa en el frente de trabajo, facilitando la explotación selectiva de vetas o zonas de diferente ley.
- **Requerimientos de Espacio:** Su operación demanda un espacio reducido, siendo idóneas para trabajar en frentes estrechos, trincheras o en la limpieza de pisos de banco.
- **Requerimiento de Auxiliares:** En comparación con una pala de cable mecánica, presentan una menor dependencia de equipos auxiliares para la preparación del frente.

- **Vida Útil:** Su vida operativa media se sitúa entre las 25,000 y 35,000 horas, lo que las hace atractivas para operaciones de mediana y pequeña escala, así como para aplicaciones específicas en minas grandes.

2.2.10. Cargadores Frontales

Los cargadores frontales son equipos de tracción sobre neumáticos diseñados para la carga de unidades de transporte (camiones, vagones), el acarreo a corta distancia hacia puntos de transferencia (chancadores, stock piles), y como maquinaria auxiliar en tareas de empuje, limpieza y preparación de rampas (Figura 3).

a) Características generales

Su clasificación principal se basa en la capacidad volumétrica nominal del balde, categorizándose de la siguiente manera (Tabla 1):

Tabla 1. *Características de cargadores frontales*

Características de carga	Clasificación
Menor de 4 m ³	Pequeños
4 – 8 m ³	Medianos
Mayor 8 m ³	Grandes

En minería a cielo abierto, predominan los equipos de categoría mediana, cuya selección se realiza en función de una combinación optimizada (binomio) con la flota de camiones de acarreo para maximizar la productividad del ciclo.

b) Ventajas

La implementación de cargadores frontales conlleva ventajas significativas:

- **Alta Movilidad:** Velocidades de traslación de hasta 45 km/h, idóneas para ciclos que combinan carga y acarreo en distancias reducidas.

- **Versatilidad de Descarga:** Capacidad de descarga en alturas entre 3 y 6 metros.
- **Rendimiento en Pendiente:** Aptitud para operar en terrenos con inclinación.
- **Manejo de Fragmentación:** Ancho de balde que facilita la manipulación de bloques de roca de gran tamaño.
- **Flexibilidad de Mezcla:** Alta movilidad que permite crear mezclas homogenizadas de material proveniente de diferentes sectores del yacimiento.
- **Mantenimiento de Piso:** Contribuyen a mantener un piso de carga limpio, reduciendo la necesidad de equipos auxiliares dedicados.
- **Adaptabilidad Metodológica:** Compatibilidad con diversos métodos de explotación.
- **Ventajas Económicas:** Menor inversión de capital inicial comparado con sistemas de carguío alternativos (palas), facilidad de reventa y opciones de arrendamiento.
- **Mantenimiento y Operación:** Mantención relativamente sencilla y un menor requerimiento de especialización por parte del operador en comparación con otros equipos.

c) Desventajas

Dentro de las desventajas que se tiene con el uso de los cargadores frontales en minería, se tienen:

- **Requerimiento del Material:** Exigen un material tronado con una fragmentación más fina y esponjada (menor muck pile density), lo que impone criterios específicos en el diseño de voladuras, especialmente en la secuencia de iniciación.

Figura 3. Cargadores frontales



- **Productividad Relativa:** Para una capacidad de balde equivalente, presentan una productividad cíclica menor que una pala hidráulica o eléctrica.
- **Espacio para Maniobras:** Necesitan un área de trabajo amplia para maniobrar durante el proceso de carga.
- **Sensibilidad al Terreno:** Su productividad y tracción se ven severamente afectadas en suelos embarrados, blandos o con baja capacidad portante.

- **Costo de Neumáticos:** Pisos irregulares o con presencia de material cortante incrementan de forma considerable el desgaste y el costo de reposición de neumáticos.
- **Altura de Banco:** Para una operación segura y eficiente, requieren alturas de banco reducidas.
- **Disponibilidad Mecánica:** Generalmente exhiben una disponibilidad mecánica promedio inferior a la de las palas, debido en parte a la mayor complejidad y desgaste de los sistemas de transmisión y neumáticos.

2.2.11. Equipos de transporte - camiones

El transporte de material en operaciones mineras se ejecuta predominantemente mediante camiones de acarreo (haul trucks). Estos equipos se clasifican según su tamaño y capacidad de carga (toneladas métricas o toneladas cortas). En minería a cielo abierto se utilizan principalmente camiones de descarga trasera o por el fondo (rear-dump trucks), caracterizados por una caja o tolva montada sobre un chasis rígido o articulado, la cual se eleva para la descarga mediante un sistema de cilindros hidráulicos (Figura 4).

a) Ventajas

- El uso de camiones en minería representa ventajas significativas, toda vez que ello influye en el transporte del mineral.
- **Flexibilidad Operativa:** Permiten operar eficientemente en un amplio rango de distancias de acarreo, típicamente desde 100 metros hasta varios kilómetros.
 - **Versatilidad de Material:** Tienen la capacidad de transportar todo tipo de materiales fragmentados, desde estéril hasta mineral de diferentes características granulométricas.
 - **Infraestructura Requerida:** Exigen una infraestructura vial (rampas, pisos de banco) relativamente sencilla y de menor costo de

construcción comparada con sistemas fijos como correas transportadoras o ferrocarriles.

- **Diversidad de Modelos:** La amplia gama de capacidades y configuraciones disponibles en el mercado permite seleccionar y adaptar la flota a las condiciones geométricas, geotécnicas y de producción específicas de la mina.
- **Inversión de Capital:** Representan una inversión inicial menor en comparación con la instalación de sistemas de transporte continuo o masivo de alta capacidad.

b) Desventajas

Por otro lado, utilizar camiones en minería también representa algunas desventajas, las mismas se detallan:

- **Costos Operativos Elevados:** Los costos asociados a combustible, neumáticos, mantenimiento y operación son significativos. En conjunto con el carguío, pueden representar entre el 50% y el 60% del costo total de operación minera (mining cost).
- **Rendimiento en Función de la Distancia:** La productividad (toneladas-kilómetro por hora) y la eficiencia global del sistema disminuyen de forma no lineal a medida que aumentan las distancias de acarreo, debido al mayor consumo de combustible y tiempo de ciclo.
- **Intensidad de Mano de Obra y Mantenimiento:** Requieren una cantidad considerable de personal especializado para su operación (conductores), así como para las actividades de mantenimiento preventivo, correctivo y de alto nivel, lo que incrementa los costos fijos y la complejidad de la gestión de la flota.

Figura 4. *Equipos de transporte – camiones*



2.3. Definición de términos conceptuales

- a. **Botaderos:** Área superficial especialmente diseñada y autorizada para la disposición permanente del material estéril extraído de una mina a cielo abierto, así como de los ripios (material lixiviado) provenientes de las pilas de lixiviación.
- b. **Berma:** Plataforma horizontal situada en la parte superior de un banco de explotación. Cumple una doble función: servir como plataforma de trabajo para las operaciones de carguío y como vía de circulación para los equipos de transporte. Actúa además como barrera de contención para prevenir el

derrame de material hacia el interior del rajo. Su ancho típico varía entre 8 y 12 metros.

- c. **Banco:** Unidad básica de explotación en minería a cielo abierto, constituida por un corte escalonado en el macizo rocoso. Cada banco presenta una cara superior horizontal (berma) y una cara vertical o inclinada (talud). La altura del banco corresponde al espesor del horizonte de material que se extrae en cada fase.
- d. **Carguío:** Fase operativa del ciclo minero que consiste en la carga del material fragmentado (mineral o estéril) desde la pila de voladura (muck pile) a las unidades de transporte. Esta actividad se realiza en las bermas de carguío, diseñadas específicamente para tal fin.
- e. **Dilución:** Proceso por el cual se mezcla mineral de ley económica con material estéril o de ley subeconómica durante las operaciones de voladura, carguío o transporte. Su efecto principal es la disminución de la ley media del material enviado a planta, reduciendo la recuperación metalúrgica y aumentando los costos de procesamiento.
- f. **Fragmentación:** Reducción del tamaño de la roca in-situ como resultado de la voladura. El grado de fragmentación, caracterizado por la distribución granulométrica del material tronado, es un factor crítico para la eficiencia de las operaciones posteriores de carguío, transporte y chancado.
- g. **Ley de mineral:** Concentración de un elemento o metal de valor económico (ejemplo: Au, Ag, Cu) presente en una roca o en el material mineralizado de un yacimiento, expresada en unidades como porcentaje (%), gramos por tonelada (g/t) o partes por millón (ppm).
- h. **Ley de mena:** Término específico que denota el contenido de metal valioso en la porción económicamente explotable (mena) de un depósito mineral, expresado en las mismas unidades que la ley de mineral.

- i. **Ley de un yacimiento:** Valor medio ponderado de las leyes de las diferentes zonas o bloques mineralizados dentro de un depósito. Refleja la heterogeneidad espacial de la mineralización.
- j. **Mina de tajo abierto:** Método de explotación minera donde la extracción del mineral se realiza desde la superficie, mediante la excavación progresiva de bancos que forman una gran cavidad o rajo. Su geometría depende de la morfología del depósito y de los parámetros de diseño geotécnico.
- k. **Material Estéril:** Roca o material sin contenido económico suficiente para justificar su procesamiento en las condiciones tecnológicas y de mercado vigentes, que debe ser removido para acceder al mineral.
- l. **Utilización efectiva:** Métrica que cuantifica el tiempo en que un equipo desempeña su función principal de diseño. Se calcula como la ratio entre las horas efectivamente trabajadas y las horas totales programadas o nominales.
- m. **Tiempo de Ciclo de la Excavadora:** Tiempo total requerido para completar una pasada de carga (excavar, girar, descargar en el camión y retornar a la posición de excavación). Las palas (hidráulicas o de cable) suelen tener ciclos más cortos (45-50 segundos) que los cargadores frontales (55-70 segundos), debido a su patrón de giro frente a la necesidad de traslación de estos últimos. Este tiempo depende de la compatibilidad equipo-camión, condiciones del material y tamaño del equipo.
- n. **Disponibilidad Mecánica:** Indicador de confiabilidad que mide la proporción de tiempo en que un equipo está mecánicamente apto para operar dentro del tiempo programado. Se calcula como:

$$MA = (Tiempo Programado - Tiempo de Mantenimiento) / Tiempo Programado.$$

Incluye mantenimiento programado y correctivo.

- o. Utilización:** Indicador de desempeño operativo que mide el porcentaje del tiempo mecánicamente disponible en que el equipo está efectivamente realizando trabajo productivo. Excluye demoras operativas (esperas, cambios de turno, cierres por voladura).

$$U = (Horas\ Disponibles - Retrasos\ Operativos) / Horas\ Disponibles.$$

- p. Programa de Extracción Anual:** Planificación que establece el número de días efectivos de operación minera en un año calendario. Puede incluir autorizaciones para días perdidos por contingencias climáticas severas u otras paralizaciones forzadas.

- q. Eficiencia Operativa (E):** Métrica integral que combina disponibilidad y utilización para reflejar el porcentaje del tiempo total programado en que el equipo está realizando trabajo productivo. Se calcula como:

$$E = Disponibilidad\ Mecánica\ (MA) \times Utilización\ (U).$$

2.4. Enfoque filosófico - epistémico

2.4.1. Enfoque filosófico: Pragmatismo

La presente investigación de nivel aplicada, se sustenta en el pragmatismo como enfoque filosófico, dado que su finalidad central es resolver un problema concreto de gestión organizacional mediante la aplicación de soluciones tecnológicas.

Desde el pragmatismo, el conocimiento es válido en la medida en que produce efectos útiles y mejora la práctica (Dewey, 1938). En este enfoque, la verdad no se concibe como absoluta, sino como funcional, es decir, dependiente de los resultados que genera en contextos reales (James, 1907).

En el caso de la compañía minera Comarsa, la implementación de TICs —como el uso de PDA para control en tiempo real y el fortalecimiento del Centro de Control de Costos (CCCC)— se evalúa no solo desde su diseño teórico, sino desde su capacidad para optimizar procesos, mejorar la toma de decisiones y fortalecer la gestión operativa.

Según Morgan (2014), el pragmatismo resulta especialmente adecuado en investigaciones aplicadas, ya que permite seleccionar métodos y enfoques en función de su utilidad para alcanzar los objetivos planteados.

2.4.2. Enfoque epistémico: Constructivismo aplicado de orientación socio-técnica

Desde el punto de vista epistémico, la investigación se inscribe en el constructivismo aplicado, con una orientación socio-técnica, al asumir que el conocimiento se construye a partir de la interacción entre personas, tecnología y contexto organizacional.

El constructivismo sostiene que el conocimiento no es una simple representación objetiva de la realidad, sino el resultado de procesos de interpretación y experiencia (Lincoln & Guba, 1985). En esta investigación:

- El conocimiento sobre la optimización del sistema de información emerge del uso real de las TICs por parte del personal.
- Los usuarios del PDA y los gestores del CCCC participan activamente en la construcción del conocimiento, mediante su experiencia, adaptación y retroalimentación.
- La tecnología actúa como un mediador cognitivo, que transforma la manera de registrar, analizar y utilizar la información (Orlikowski, 2000).

2.4.3. Articulación del enfoque con los objetivos de la investigación

a) Objetivo general

Desde el pragmatismo, la optimización del sistema de información se entiende como un proceso orientado a mejorar la eficiencia, oportunidad y confiabilidad de la información para la toma de decisiones. Epistémicamente, el conocimiento generado es válido si demuestra mejoras medibles en la gestión.

b) Objetivo específico 1

Bajo el constructivismo aplicado, el conocimiento sobre el uso óptimo del PDA se construye a partir de:

- La experiencia del personal en campo.
- La interpretación de los datos generados en tiempo real.
- La adaptación del sistema a las necesidades operativas reales.

Como señala Nonaka y Takeuchi (1995), el conocimiento organizacional surge de la conversión entre conocimiento tácito y explícito, proceso claramente presente en la adopción de tecnologías móviles para el control operativo.

c) Objetivo específico 2

Este objetivo se fundamenta epistémicamente en la reflexión sobre la experiencia como fuente válida de conocimiento. El pragmatismo permite reutilizar el aprendizaje organizacional previo como base para mejorar los sistemas actuales, mientras que el constructivismo reconoce que dicho conocimiento es situado y contextual, no universal.

De acuerdo con Schön (1983), las organizaciones aprenden mediante la reflexión sobre la acción, lo cual se evidencia en el aprovechamiento de la experiencia del CCCC para fortalecer la gestión.

2.4.4. Síntesis del enfoque filosófico–epistémico

A continuación, se presenta una síntesis del modelo filosófico–epistémico, planteado para la presente investigación (Tabla 2).

Tabla 2. *Síntesis del modelo filosófico–epistémico*

Dimensión	Características
Enfoque filosófico	Pragmatismo
Enfoque epistémico	Constructivismo aplicado socio-técnico
Tipo de conocimiento	Aplicado y contextual
Criterio de validez	Utilidad práctica y mejora de la gestión
Rol de la tecnología	Mediadora del conocimiento
Rol del investigador	Analista y facilitador de soluciones

CAPITULO III

METODOLOGIA Y TECNICAS DE INVESTIGACION

3.1. Tipo de investigación

La presente investigación se clasifica como de tipo aplicada, dado que su propósito central es la generación de conocimiento para la solución de un problema concreto en un contexto real: la optimización del sistema de información mediante Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) para la supervisión de operaciones en la Compañía Minera Comarsa (Baena, 2017).

3.2. Nivel de investigación

El estudio se desarrolló en un nivel descriptivo y analítico. En su fase descriptiva, se caracterizó el sistema de información y su interacción con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) en el contexto operativo minero. Posteriormente, en la fase analítica, se examinaron las relaciones entre variables, el desempeño del sistema, así como, el impacto de la tecnología implementada (Hernández et al., 2014).

3.3. Características de la investigación

El presente trabajo de investigación se procedió a desarrollarse a través de la investigación de caracterización del sistema de información y su interacción con las Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs); luego,

se examinaron las relaciones entre variables, el desempeño del sistema, así como, el impacto de la tecnología implementada en optimización del sistema de información mediante Tecnologías de la Información y Comunicación (TICs) para la supervisión de operaciones en la Compañía Minera Comarsa.

3.4. Método de investigación

El enfoque general se sustenta en el método científico. Como método específico, se empleó el método analítico-deductivo. Este permitió descomponer el sistema de información en sus componentes para su estudio detallado (análisis) y, a partir de los hallazgos particulares, inferir conclusiones y generalizaciones aplicables a la supervisión operativa (deducción) (Bernal, 2010 y Sánchez y Reyes, 2006).

3.5. Diseño de investigación

Se adoptó un diseño no experimental de tipo transversal. Esta elección se fundamenta en que el estudio se limitó a observar, medir y analizar las variables en su contexto natural, sin la manipulación o control deliberado de las mismas por parte del investigador. Los datos se recopilaron en un momento específico del proceso operativo minero (Sánchez et al., 2018).

3.6. Procedimiento del muestreo

3.6.1. Población

Está constituida por la totalidad de las operaciones unitarias del ciclo minero que se ejecutaron en la Compañía Minera Comarsa.

3.6.2. Muestra

Se definió una muestra no probabilística intencional, conformada específicamente por las operaciones de carguío y acarreo que utilizan dispositivos PDA (Asistente Digital Personal). Esta selección se justifica por ser estas actividades el foco directo de la implementación tecnológica objeto de estudio.

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.3. Técnicas

- Observación Directa Estructurada.
- Análisis Documental

3.6.4. Instrumentos

- Guía de Observación Estructurada.
- Fichas de Registro de Datos Operativos.
- Revisión de Documentos Técnicos y Reportes del Sistema (protocolos, manuales, registros históricos).

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Los datos obtenidos en campo fueron organizados, tabulados y depurados utilizando software de hoja de cálculo (Microsoft Excel) y procesador de texto (Microsoft Word). Para el análisis se emplearon técnicas de estadística descriptiva (cálculo de frecuencias, medidas de tendencia central y dispersión) y análisis cualitativo de contenido para la información documental, con el fin de triangular hallazgos y lograr una interpretación integral.

3.9. Orientación ética

Durante todo el desarrollo de la investigación se observaron los principios éticos fundamentales de la práctica científica y profesional. Esto incluye el compromiso con la veracidad en el reporte de datos, la honestidad intelectual, la confidencialidad de la información sensible de la empresa, y el respeto irrestricto hacia la institución estudiada y las personas involucradas.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Aspectos generales

a. Ubicación

El yacimiento minero Santa Rosa, propiedad de la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa (Comarsa), se localiza en el paraje Pampa Larco, distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad, Perú. Geomorfológicamente, se sitúa en la vertiente occidental de la Cordillera de los Andes, caracterizándose por una topografía accidentada típica de la región montañosa (Figura 5).

b. Accesibilidad

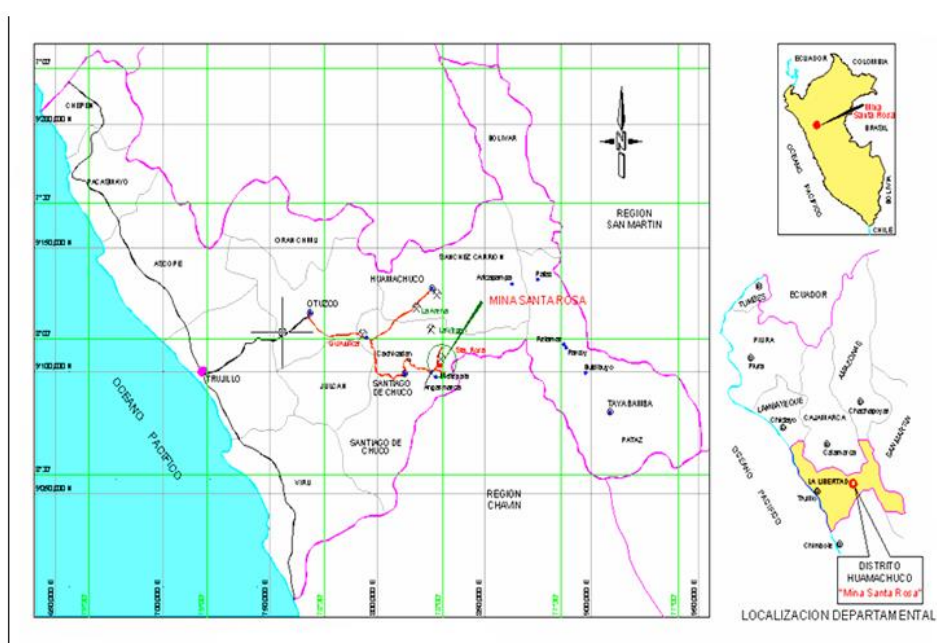
El acceso al yacimiento se realiza principalmente desde la ciudad de Trujillo, capital del departamento de La Libertad. La ruta comprende un tramo de aproximadamente 160 kilómetros por una carretera afirmada de segundo orden. Existen tres rutas logísticas principales para el abastecimiento y la movilidad del personal:

- **Ruta Principal:** Lima – Trujillo – Santiago de Chuco – Angasmarca – Mina.

- **Ruta Alternativa Norte:** Lima – Trujillo – Quiruvilca – Quesquenda – Mina.
- **Ruta Alternativa Sur:** Lima – Chimbote – Pallasca – Mollepatá – Mina.

Esta red de acceso permite la conexión con los principales centros urbanos y puertos de la región, garantizando el flujo de insumos y la salida del producto.

Figura 5. Ubicación de la mina



4.1.2. Aplicación de la tecnología de información y comunicación en Comarsa

En capítulos anteriores hemos mostrado como la Tecnología de Información y Comunicación (TICs) puede ser útil en distintas áreas o especialidades en donde se las aplique. En este capítulo presento de manera explícita la forma de cómo la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa lleva a la práctica la Tecnología de Información y Comunicación y lo aprovecha para la gestión de sus operaciones en la empresa.

Comarsa es una empresa reconocida en la Minería Nacional y dentro de la operación minera a cielo abierto, especializada en tratar depósitos con el

contenido de ley marginal, haciendo de los resultados un beneficio económico, por lo mismo es que se ha desarrollado y establecido sistemas de trabajo y procedimientos, especialmente adecuados y desarrollados en lo que respecta en Operaciones Mina.

Comarsa se encuentra en un proceso de crecimiento continuo en sus Operaciones, con las actividades de perforación, voladura, carguío, acarreo y servicios auxiliares. Ahora con este crecimiento de operaciones es necesario el apoyo de un control dinámico que sea en tiempo real que asegure una buena gestión de operaciones.

Como se manifestó, lo que se necesita es llegar a los niveles de control y gestión en tiempo real que viene a ser un “Intellmine Dispatch”, este sería fácilmente la solución, pero nuestra realidad es otra muy diferente por las mismas dimensiones, forma, topografía de nuestros tajos y por supuesto la inversión necesaria que se tendría que hacer, que hace que tengamos equipos medianos y numerosos, a un más estos equipos no son de propiedad de la empresa si no que pertenecen a empresas especializadas. Y el costo de instalar un sistema de control inteligente de gestión que son adquiridos por empresas transnacionales sería muy alto para los intereses y economía de Comarsa.

Como ya se ha dicho, esta mina presenta características singulares que hace de esta un reto para su aplicación. Y acotando a las premisas ya manifestadas se ha decidido crear un sistema propio de gestión adecuado a las limitaciones y fortalezas. Y partiremos de una premisa que se ajusta a lo que queremos decir: “***Solo se puede mejorar, lo que se puede controlar***”.

4.1.3. Formulación de los KPI's

Los KPI's van hacer las herramientas de medida que vamos a usar para evaluar y monitorear las operaciones de carguío y acarreo. Lo que trataremos que sean específicas y solamente las necesarias.

Para iniciar nos haremos una pregunta importante: ¿Qué conjunto de datos de las operaciones ofrece la información más estratégica para formular nuestros KPI's?. Así, se tiene:

a) Costo por hora de los equipos de carguío y acarreo

Es el costo de alquiler por hora de cada equipo de carguío y acarreo en el campo minero se expresa en la Tabla 3.

Tabla 3. *Costo por hora de los equipos de carguío y acarreo*

Equipo	código	Costo (\$/h)
Excavador	EC345BL	114.70
Excavador	EC365BL	130.50
Excavador	EC365CL	145.00
Excavador	PC600-1	135.00
Cargador	980G-1	90.60
Cargador	980H-1	91.90
Cargador	WA500-1	90.60
Volquete	VOLQT 15M3	34.6

b) Viajes por hora y toneladas por hora

Estos datos, de a viajes por hora y toneladas por hora, son del histórico de la base de datos (Tabla 4).

Tabla 4. *Viajes por hora y toneladas por hora*

Equipo	Código	Viajes/hr	Ton/h
Volquete	PC600	45	1035
Volquete	345BL	43	963.2
Volquete	365BL	45	1049
Volquete	365CL	50	1190
Volquete	980G	36	856.8
Volquete	980H	36	856.8
Volquete	WA500	36	849.6

c) Capacidad de los cucharones y tonelaje de carguío a un volquete

Es el histórico del promedio de la suma de las toneladas cargadas durante una hora (Tabla 5).

Tabla 5. *Capacidad de los cucharones y tonelaje de carguío a un volquete*

Equipo	Código	Capacidad (m3)	Ton/volquete
Volquete	PC600	4	23.00
Volquete	345BL	3.8	22.40
Volquete	365BL	4	23.30
Volquete	365CL	5	23.80
Volquete	980G	4.5	23.80
Volquete	980H	4.5	23.80
Volquete	WA500	4.3	23.60

d) Programación de producción

Este dato viene del Área de Planeamiento que realiza el planeamiento a corto y largo plazo y la programación del mes. El promedio de producción programada por mes es de:

- Tajo Tentadora 850,000 Tm de Min /mes

- Tajo Sacalla 500,000 Tm de Min/mes
- Tajo Seductora 600,000 Tm de Min / mes
- Total 1'950,000 Tm

e) Ciclos

Como el sistema de pago para los equipos de acarreo son por horas efectivas de trabajo, se determina dos ciclos:

- **Ciclo teórico**, es calculado según la fórmula siguiente:

$$CICLO = \left(\left(\frac{D}{\frac{1000}{20}} \times 60 \right) + \left(\frac{D}{\frac{1000}{25}} \times 60 \right) + \frac{T_1}{60} + \frac{T_2}{60} \right) \times Fc$$

Donde:

- D = Distancia desde el punto de carguío hasta la descarga
- T₁ = Tiempo en segundos del carguío
- T₂ = Tiempo en segundos de la descarga
- Fc = Factor de compensación por pendientes y descargas:
 - 1.1 = Mineral y desmonte en Sacalla y desmonte en los frentes de la parte alta de Tentadora
 - 1.2 = Mineral y desmonte en Seductora
 - 1.3 = Mineral y desmonte en la parte baja en Tentadora

- **Ciclo en campo**, que se determina del promedio de minutos que están realizando los volquetes durante las horas de trabajo.

Al tener ambos ciclos se hace un contraste y una conciliación con las contratas y de esta manera poder liquidar las horas efectivas de trabajo de los quipos de acarreo.

f) Disponibilidad mecánica de los equipos

Esta información es proporcionada por cada contrata en un cuadro resumen donde muestra las horas disponibles para cada mes y anualmente.

g) Leyes y tipos de material

Las leyes son obtenidas en el laboratorio, este dato es entregado al Área de Ore Control quienes diseñan los planos de los proyectos delimitando el mineral por categorías según leyes y material. Las leyes promedias de tajos son:

- Tentadora Ley = 0.34 gr/tm
- Sacalla Ley = 0.40 gr/tm
- Seductora Ley = 0.39 gr/tm

Una vez recolectado estos datos podemos formular ya nuestros KPI's para nuestra operación: Para nuestro ejemplo mostraremos como obtenemos KPI's para una excavadora 365CL. Datos:

- Horas programadas 10.75 hrs.
- Horas efectivas de carguío 10.01 hrs.
- Demoras mecánicas 0.25 hrs.
- Demoras no operativas 0.43 hrs.
- Ciclo mineral 19 min.
- Ciclo desmonte 10 min.
- Distancia al pad 2250 m.
- Distancia al botadero 970 m.

h) Viajes promedio por hora

$$\text{Viajes} / \text{Hr} = \frac{540}{10.01} = 54$$

i) Toneladas por hora

$$\text{Ton} / \text{Hr} = \frac{N^{\circ} \text{Viajes} \times \text{Factor.C arg}}{\text{Horas.Efect, C arg}}$$

$$\text{Ton} / \text{Hr} = \frac{540 \times 23.8}{10.01} = 1272$$

j) Costo unitario del Carguío

Este es uno de los principales y más manejados por la mayoría desde que se impuso el monitoreo.

$$US\$/ton.Carg = \frac{(Horas.Efectivas + Demora.Operativas) \times US\$/Hr.Carg.}{Toneladas.Cargadas}$$

$$US\$/ton.Carg = \frac{(10.01 + 0.45) \times 145}{12853} = 0.118$$

k) Costo unitario del Acarreo

$$US\$/ton.Acarr = \frac{\frac{N^{\circ}Viajes \times Ciclo(min)}{60} \times US\$/Hr.Acarr.}{Toneladas.Transportadas}$$

Tenemos que hallar para mineral y desmonte.

$$US\$/Ton.Acarr.Min = \frac{\frac{423 \times 19}{60} \times 34.6}{423 \times 23.8} = 0.46$$

$$US\$/Ton.Acarr.Des = \frac{\frac{117 \times 10}{60} \times 34.6}{117 \times 34.6} = 0.24$$

l) Costo unitario del carguío por tajos

Es la suma de los costos de todos los equipos de carguío que han trabajado en un tajo y dividido por la suma de tonelaje cargado por estos equipos.

$$US\$/Ton.Carg.Tajo = \frac{\sum Cost.Equipos.Guardia}{\sum Tonelaje.total}$$

m) Eficiencia operativa de los equipos de carguío

Es el Porcentaje del tiempo en que la unidad está realizando su función principal (carguío), $E = \text{DispMec} \times U$

- **Disponibilidad Mecánica (DispMec).** Es tiempo programado menos tiempo de mantenimiento, dividido por el tiempo programado tomando en consideración que el tiempo programado por guardia es de 10 horas

45 minutos, (15 minutos por cambio de guardia) y una hora de descanso, total = 10.75 horas.

$$DispMec = \frac{Hr.Pg - DM}{Hr.Pg} = \%$$

$$DispMec = \frac{10.75 - 0.25}{10.75} = 98\%$$

n) Utilización Efectiva

Este indicador mide el porcentaje del tiempo en que un equipo, estando mecánicamente disponible, se encuentra efectivamente ejecutando su función principal de diseño (ej., cargando, transportando). Para su cálculo, se descuentan del tiempo de disponibilidad mecánica todas las demoras operativas y no operativas, tales como pausas reglamentarias, retrasos por cambios de turno, tiempos de espera y cierres programados de la mina por actividades de voladura.

Este indicador es crítico para evaluar la eficiencia en la gestión de los tiempos productivos y diagnosticar las causas de las interrupciones en el ciclo de trabajo.

$$U = \frac{Hr.Pg - DM - DO - DNO}{Hr.Pg - DM} = \%$$

$$U = \frac{10.75 - 0.25 - 0.3 - 0.43}{10.75 - 0.25} = \frac{9.77}{10.5} = 93\%$$

o) Eficiencia operativa

Porcentaje del tiempo en que la unidad está realizando su función principal:

$$E = DispMec \times U$$

$$E = 0.98 \times 0.93 = 91\%$$

4.1.4. Porcentaje de avance de la programación del mes

Es la comparación de lo programado por Planeamiento y obtenido durante los días trabajados y al mes, expresado en porcentaje de cumplimiento en mineral, desmonte y en leyes.

Se ha tomado una cultura educativa para todos aquellos que usen estos índices, lo interesante de esto es que se ha educado en este tema a todos los controladores que están en los frentes de carguío haciéndoles conocer el fundamento principal de los KPI's y la manera como nos ayudan en la operación, es muy importante rescatar que el personal se siente comprometido y da su mejor esfuerzo al momento de trabajar. Lo mismo ocurre con los supervisores de primera línea porque es una manera de calificar su trabajo y aporta muchos puntos de vista para poder solucionar problemas y futuros problemas, haciendo de esto una sana competencia por tener el mejor rendimiento y menor costo unitario, En lo que respecta a las Jefaturas de las áreas es mucho más fácil analizar y evaluar el resultado de su trabajo.

4.1.5. Implementación de Personal Digital Assistant (PDA) en la captura de datos

Todos los equipo que trabajan para Comarsa son alquilados y para la liquidación de estos equipos es necesario conocer las horas efectivas de trabajo realizado, Comarsa ha adoptado la forma de recolectar estos datos mediante personal obrero capacitado, en sus inicios el método para el control de horas empleado por la empresa era el control con formatos de hojas prediseñadas (Anexos: 1, 2 y 3) estos reportes se usaban para cada equipo ya sea auxiliar, carguío o acarreo; esta manera de llevar el control era muy dificultoso para los controladores y ocupaba mucho espacio al momento de archivarlos.

Estos reportes cumplían su función (la de recolectar las horas efectivas de trabajo) pero era muy difícil y debido a que como ya hemos comentado las operaciones han venido creciendo en los últimos años, ha sido necesario usar

muchos más equipos y eso trae como consecuencia la demora en la conciliación con las contratas para el personal del área de Costos y Presupuestos al tener que archivar y conciliar más de 550 reportes por guardia, Debido a esto se ve necesario la aplicación de la tecnología de información en las operaciones en Comarsa.

Después de analizar las alternativas de solución, se propuso el uso de equipos **Pocket Pc's (PDA's)**, este método fue propuesto por el área de Costos y Presupuestos con la finalidad de reducir el tiempo de conciliación y liquidación de los equipos alquilados, la implementación de PDA's en la captura de datos se realizó en agosto del 2024 hasta la actualidad cumpliendo con los objetivos propuestos.

El *Personal Digital Assistant*, también conocido en el mercado como **PDA**, es una computadora usada por los controladores en reemplazo de los reportes en hoja que se usaban en años anteriores.

Posee un software diseñado especialmente para este fin y muy fácil de operar. Con este sistema aplicativo podemos registrar todos los acontecimientos posibles que se producirían en las operaciones como son las actividades y demoras operativas, no operativas, demoras mecánicas y otros trabajos o eventos que se puedan presentar.

Así también podemos ver in situ los rendimientos y horas de cada volquete para el caso que lo requieran.

4.1.6. Características del PDA (Personal Digital Assistant)

Los equipos PDA's adquirido han ido cambiando desde los inicios de su uso hasta la fecha debido a que según la experiencia adquirida era necesario en ampliar la capacidad de almacenamiento velocidad y sobre todo el medio donde lo usamos, a la fecha el equipo empleado es de la marca Motorola Symbol modelo MC9090S, que viene hacer un equipo de uso industrial ideal para nuestro trabajo.

a) Procesador XScale PXA270 de 624 MHz

El equipo PDA (Asistente Digital Personal) implementado corresponde a un modelo industrial robustecido, cuyas principales especificaciones técnicas son las siguientes (Figura 6):

- Procesador: XScale PXA270, operando a 624 MHz.
- Sistema Operativo: Windows Mobile 5.0 Premium Edition, compatible con aplicaciones estándar y especializadas, incluye funciones voz y multimedia.
- Memoria: RAM: 64 MB y ROM: 128 MB.
- Expansión: Ranura para tarjetas de memoria SD y MMC.
- Interfaz de Entrada: Teclado físico de 28 teclas.
- Conectividad y Comunicaciones: Red Inalámbrica Local (WLAN): Wi-Fi integrado compatible con estándares 802.11a/b/g.
- Conexión de Corto Alcance: Bluetooth versión 1.2, con software gestor (BTExplorer) incluido.
- Conexión a PC: Puerto RS232 (serial) y USB.
- Robustez y Durabilidad: Estructura sellada (estanqueidad) contra polvo e ingreso de agua (IP67 o similar).
- Resistencia a caídas desde 1.8 metros sobre superficie de hormigón.
- Rango operativo de temperatura: de -40°C a +70°C.
- Funcionalidad de captura de datos: Lector de códigos de barras Clase 2, y capacidad para leer códigos 1D, 2D y capturar imágenes y firmas digitales.
- Peso: 520 gramos (incluyendo la batería).

Figura 6. *Procesador Xscale PXA270 de 624 MHz*



4.1.7. Funcionamiento del programa aplicativo PDA

a) Inicialización

Al prender el equipo se observa la pantalla mostrada en la Figura 7, en esta ventana inicial se ha editado de tal forma que sea solo el controlador quien pueda dar inicio a las actividades.

Figura 7. Ventana de inicio

The screenshot shows the 'COMARSA 3.6.1 Sistema de Control de Equipos' interface. It features a 'Control de Acceso' section with a user selection dropdown (currently showing 'Opera') and a password field (masked with asterisks). Below these are buttons for 'Actualizar usuarios' and 'Iniciar Operación'. The 'Actualización de Datos' section includes a 'Clave de Administrador' field and buttons for 'Inicializar', 'Importar', and 'Exportar'. At the bottom, there are 'Salir' and 'Configuración' buttons, a numeric keypad (0-9), a 'Limpiar texto' button, and a 'Luz' button.

Al pinchar en el botón “Iniciar Operación” aparecerá la pantalla de la Figura 8, para continuar e iniciar la operación se pincha en el botón “Nueva Operación”. Además, se observa los botones de consultas y conciliaciones:

- **Consultas de Operación:** Al pinchar este botón se podrá ver los reportes directamente en campo, rendimiento de equipos de carguío, horas de equipo de carguío, producción, horas de volquete.
- **Conciliación de Demoras:** Con este botón se procederá a conciliar las demoras directamente en campo con los contratistas volquete por volquete.
- **Conciliación de Mineral:** Con este botón se podrá verificar y conciliar directamente en campo los viajes de mineral enviados y recibidos en PAD.

Figura 8. Iniciar operación

b) Programación

Para iniciar a programar pinchamos en el botón “Nueva Operación”, y en seguida aparecerá la pantalla de la Figura 9.

Figura 9. Nueva operación

Nueva Operación - 08/12/04 - B			
Tajos	TENTADORA		
Proyectos	TE04049 \ 515		
Controlador	ARENAS SARE, JULIAN		
PL	Listado de Equipos de Carguo		
B	C.Equi	Contr...	Tipo de Equipo
C	L120C-...	MC	CARGADOR FRON
C1	L150C-2	MC	CARGADOR FRON
C2	L150C-1	MC	CARGADOR FRON
C3	345BL-1	MC	EXCAVADORA
C4	980G-2	POM	CARGADOR FRON
D	980G-1	POM	CARGADOR FRON
D1	WA500-1	POM	CARGADOR FRON
D2	L180C-2	POM	CARGADOR FRON
D3			
D4			
Cargar Equipos de Acarreo			
Salir		Atras	

En esta pantalla se debe programar y seleccionar el tajo donde se trabajará, número de proyecto, banco, equipo de carguío, además muestra los polígonos existentes en el proyecto seleccionado, fecha, turno y la hora.

Para continuar con la programación pinchar en el botón “Cargar Equipos de Acarreo” y aparecerá la pantalla de la Figura 10.

En esta pantalla se debe seleccionar los volquetes que trabajarán en el frente conforme van llegando al frente.

Figura 10. Cargar equipos de acarreo

Volquetes Disponibles para la Operación					
51 - CLAUD	52 - CLAUD	53 - CLAUD	201 - CONST	202 - CONST	▲ 203 - CO ▬ 204 - CO 38 - MC 32 - MC
203 - CONST	204 - CONST	205 - CONST	25 - MC	37 - MC	
34 - MC	33 - MC	32 - MC	31 - MC	30 - MC	
29 - MC	38 - MC	Todos BU CLAUD COM CONST MC MR MU			
23 - MC	22 - MC				
43 - MVS	40 - MVS				
Contratas		Todos			
Iniciar Operación					
Salir		Atras			

Los volquetes seleccionados se pintarán de color rojo y se listará al derecho de la pantalla. Si por error se seleccionó el volquete entonces pinchar otra vez para eliminar.

Para continuar e iniciar el control de operaciones pinchar en el botón “Iniciar Operación”

c) Operación

Durante el desarrollo de los trabajos solo el controlador se dedica a ver el ciclo de llegada de las unidades de acarreo y las actividades del equipo de carguío.

En la Figura 11 se muestra la pantalla de control, el operador de este equipo se ubica en esta pantalla y ejecuta los eventos con una pinchada sobre el número del volquete al que desea registrar.

Para iniciar la operación seleccionar el tipo de material a evacuar, destino, ciclo de acarreo y la distancia de la ruta (solo de ida).

Figura 11. Pantalla de control

TENTADORA - TE04049 - 515										
Operación	Carguio	980G-2	2.08	PL						
Equipo en Actividad de Carguio					B					
P	PAD 9 - 641	B	BSUR		C					
C	16	D	1000	C	6	D	500	C1		
203 - CONST		38 - MC		32 - MC		204 - CONST		x		
					C2					
					C3					
					C4					
					D					
					D1					
					D2					
					D3					
					D4					
Dem	< R	Limpiar	Luz	Menu						
Parar	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

d) Estado de los volquetes

En el aplicativo, además se muestra los diversos estados de los volquetes (Figura 12).

Figura 12. Estado de los volquetes

203 - CONST	Este estado indica que el volquete está en carguío, es decir esta siendo atendido por el equipo de carguío
38 - MC	Este estado indica que el volquete está en cola, es decir esta en espera de ser atendido por el equipo de carguío.
115 - \$\$	Este estado indica que el volquete está en tránsito y en la ruta.
32 - MC	Este estado indica que el volquete está en tránsito y no llega en el tiempo del ciclo establecido para la ruta.
204 - CONST	Este estado indica que el volquete está parado o que trabajó en el frente y que ya fue derivado a otro frente.

Si el material a evacuar es mineral entonces se activará en cuadro del PAD en donde se seleccionará:

“P” = Pad y módulo

“C” = Ciclo de acarreo

“D” = Distancia de acarreo

P	PAD 9 - 641	▼
C	16	D 1000

Si, el material a evacuar es desmonte entonces de se activará el cuadro del Botadero, luego seleccionar:

“B” = Botadero

“C” = Ciclo de acarreo

“D” = Distancia de acarreo

B	BSUR	▼
C	6	D 500

Para establecer o definir la actividad del equipo de carguío pinchar en “Establecer Actividad” en seguida aparecerá la lista de actividades del equipo de carguío, todas las actividades posibles están preestablecidos (Figura 13).

Figura 13. Establecer actividad

Listado de Actividades	
MOVILIZACION	
PREPARACION PLATAFORMA	
PERFILACION TALUD	
ACUMULACION DE CARGA	
SELECCION MATERIAL	
CARGUIO	
NIVELACION DE PISO	
CONST. BOTADEROS	
MOVILIZACIÓN X DISPARO	
CAMBIO DE POSICIÓN	
MOV. CAMA BAJA	

Cancelar
Guardar

Así como, para todas actividades también se pueden registrar las demoras o paradas del equipo de carguío y acarreo (Figura 14), pinchar en “Establecer Demora” luego aparecerá la lista de las demoras por tipo de paradas seleccionar el tipo deseado.

Figura 14. Establecer demora

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 VÍAS		
PERFILACION DE TALUD		
SELECCION DE MATERIAL		
ZONA DE DESCARGA EXTRECHA		
FALTA DE VOLQUETE		
MAT. CONTAMINADO DEVOL.		
BALANZA		

Cancelar
Guardar

e) Cambio de Frente

Cuando se trata de los cambios de frente de tajo a tajo, banco a banco, proyecto a proyecto pinchar en “Operación” y luego “Cambio de Frente” aparecerá inmediatamente la pantalla de la Figura 9, en esta pantalla seleccionar nuevamente el Tajo, Proyecto y el equipo de carguío finalmente pinchar en el botón “Aplicar Cambio de Frente”.

“Terminar Operación”: Al pinchar en esta opción se termina la operación de control generalmente aplicar esta opción al cierre del turno.

f) Reportes directos de Campo

También podemos obtener reportes in situ del estado de la operación, al ingresar al menú correspondiente se podrá consultar los parámetros de “consultas de producción”, conciliación de demoras, conciliación de mineral y desmonte (Figuras: 15 y 16).

Figura 15. Consultas de producción

Consultas de Producción					
Proyectos					
Rend.	Carguio	Prod.	Horas	Transito	Demoras
Equipo	Viajes		Mi.V	De.V	
15 - POM	74 - 1739		0 - 0	74 - 1739	
16 - POM	73 - 1715.5		0 - 0	73 - 171...	
19 - POM	73 - 1715.5		0 - 0	73 - 171...	
14 - POM	72 - 1692		0 - 0	72 - 1692	
18 - POM	72 - 1692		0 - 0	72 - 1692	
69 - TRANS	64 - 1504		0 - 0	64 - 1504	
24P - POM	19 - 446.5		0 - 0	19 - 446.5	
21P - POM	39 - 916.5		0 - 0	39 - 916.5	
Total	486 - 11421		0 - 0	486 - 11...	

Figura 16. Horas de los equipos de acarreo

Consultas de Producción					
Proyectos					
Rend.	Carguio	Prod.	Horas	Transito	Demoras
Equipo	HTot	TDem	HEfec	H.Ini	
15 - POM	08:34	00:51	07:43	8:03:15	
16 - POM	08:35	00:43	07:52	8:05:37	
19 - POM	08:33	00:27	08:06	8:04:13	
14 - POM	08:25	00:51	07:34	8:06:59	
18 - POM	08:27	00:43	07:44	8:07:56	
69 - TRANS	07:54	01:07	06:47	8:57:27	
24P - POM	02:11	00:08	02:03	9:06:55	
21P - POM	04:20	00:19	04:01	12:43:2	
Total	56:59	05:09	51:50		

Con esta opción se puede consultar los reportes de rendimiento de equipos de carguío, horas de equipo de carguío (Figura 17), producción por volquete, horas de volquete, volquetes en tránsito.

Figura 17. Horas y actividades del equipo de carguío

Consultas de Producción		
Proyectos		
Rend.	Carguio	Prod.
Equipo	Act/Dem	Hr.Ini
365BL-1	PREPARACION ...	8:00:09 PM
365BL-1	CARGUIO	8:03:05 PM
365BL-1	REFRIGERIO	2:01:12 AM
365BL-1	REFRIGERIO	2:06:35 AM
365BL-1	PREPARACION ...	2:58:38 AM
365BL-1	CARGUIO	3:00:08 AM

g) Salir del sistema

Para salir del sistema pinchar en “Terminar Operación”, a la pregunta confirmar con Sí, en las pantallas siguientes Salir, Salir hasta dejar en la pantalla de la Figura 8.

h) Reporte físico de operaciones

Los reportes físicos se realizaron en el formato CE-F-01 “Reporte diario de volquetes control PDA's” (Anexo 04), en este formato se registró únicamente las horas de inicio horas de refrigerio, hora final del turno y distancias; además se consignó las demoras grandes por paradas mecánicas, operativas y no operativas en el campo. Así mismo, se utiliza este formato en casos de que el equipo PDA presente problemas para contabilizar los viajes tanto de mineral como de desmonte.

Al iniciar este sistema de control una vez terminado la guardia, el PDA será entregado a la oficina de Costos y Presupuestos para que pueda descargar los datos, a este modo lo llamamos modo Batch porque depende de una persona para colocar los datos al servidor (Figura 19).

Figura 18. Sistema de control modo Batch



4.1.8. Ventajas y desventajas del programa aplicativo PDA

a. Ventajas

- Facilidad para los controladores en el momento de registrar los datos, tanto de día como de noche, y cualquier tipo de clima.
- Reduce el costo acumulado por año en logística (impresión de reportes).
- Permite a una sola persona hacer el trabajo de conciliación.
- Herramienta primordial para la puesta en marcha del proyecto Jet Mine – Comarsa.
- Reduce la cantidad de reportes en los archivos físicos.

b. Desventajas

- Al inicio, inversión de capital adicional de lo presupuestado para el año.
- Más cuidado del equipo por parte del controlador.

4.1.9. JET MINE – COMARSA

Como se ha demostrado que la aplicación de la Tecnología y Comunicación es favorable y tener información en el momento preciso es fundamental para la mejora continua, se presentó esta innovadora propuesta JETMINE – COMARSA, que viene a ser la conexión inalámbrica de los PDA's con una central de control y a la vez conectar a la intranet de COMARSA y entrar así a la verdadera aplicación de las TIC's en tiempo real de COMARSA. Y usar de manera más eficiente la tecnología adquirida y aportar nuevas herramientas de gestión para la empresa.

Con la ayuda tecnológica obtenida desde los inicios por los PDA y teniendo en claro los conceptos de reingeniería se integró estas potencialidades: la captura de datos con PDA y una red inalámbrica para desarrollar “JET MINE – COMARSA.

La tecnología de la información en tiempo real ayuda en forma sustancial en la toma de decisiones, se ha estudiado y analizado las maneras de implementar un sistema de información y comunicación en tiempo real.

a) Fundamento

Los equipos PDA's poseen un sistema de señal inalámbrica y puede enviar señales de radio frecuencia con el uso del sistema WLAN, como se vio en el capítulo de las características general de los equipos PDA's, estas señales pueden ser captadas por un receptor y así tener la información a distancia y en tiempo real (también llamada sistema Wireless).

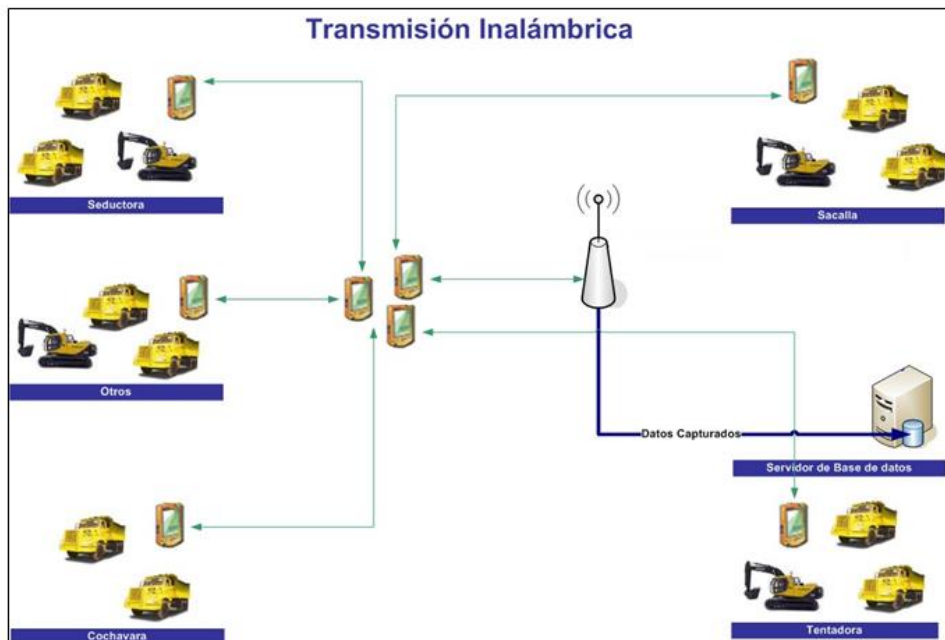
Se propuso poner un sistema similar al Dispatch conocido mundialmente, para obtener el rendimiento óptimo, uso adecuado de los equipos, reducir tiempos muertos en el equipo de carguío entrando en una asignación dinámica de volquetes.

b) Objetivos

- Tener un sistema de comunicación en tiempo real
- Reducir el tiempo de reacción en la supervisión.
- Organizar el flujo de información, en conformidad a las exigencias de las operaciones
- Mejora del monitoreo, entendido como el proceso continuo y sistemático de seguimiento de lo actuado, como condición para rectificar la ejecución y asegurar la retroalimentación en los objetivos de las áreas involucradas para dar lugar a una evaluación.
- Reducir los costos unitarios y aumentar la producción.
- Proponer nuevas tecnologías de información y comunicación en minería.
- Reducir el tiempo de espera de los equipos de carguío, y la demora por espera en cola de los volquetes al llegar a una asignación dinámica de los volquetes equipos de carguío.

En definitiva, lo que se logró es llegar un sistema de transmisión inalámbrica como se muestra en el siguiente diagrama (Figura 20).

Figura 19. Transmisión inalámbrica



4.1.10. Carguío y acarreo con PDA y su integración en la red Comarsa

Esta etapa consiste en unir los datos del PDA obtenidos en el campo al servidor que contiene la base de datos del Centro de Control de Costos de Comarsa vía Wireless para luego de ser procesados y descargar la información a la Intranet de Comarsa, así se asegurará una gestión de operaciones desde los primeros niveles de supervisión hasta el más alto, en fin, todos aquellos involucrados.

Como ya se contaba con los PDA's y el programa aplicativo para su uso en el control en el campo el siguiente paso era crear la estructura de la red inalámbrica de cada tajo y luego todo en general, teniendo en cuenta la topografía del lugar de trabajo y las condiciones en las que se van a trabajar, viendo puntos estratégicos donde colocar los equipos. Equipos empleados:

- Una computadora Core 2Duo.

- 5 unidades de equipos PDA's aparte de las que ya se tiene, incluyendo un juego adicional de baterías por cada PDA, y punteros.
- Servidor Dell Power Edge 2950. Quad Core Intel Xeron X5355, 2X4MB cache, 2.66Ghz, 133Mhz bus.
 - Memoria 8 Gb (667Mhz), 4x2 GB DIMMs
 - Disco duro 3 unidades de 160 GB de 15k RPM
 - Tarjeta RAID5 2 unidades
 - Fuente redundante, Rack chasis/Sliding
- Desarrollo de nuevos reportes: Técnicos /Gerenciales de aplicación.
- Módulos de antenas Omnidireccionales

Este módulo de antenas permite instalar una base de transmisión inalámbrica para los tajos y desde los puntos de carguío donde están ubicados los PDA's a una distancia máxima de 3 Km. Ideal para las dimensiones y topografía que se tiene. Este Kit está compuesto por:

 - **01 Antena Omnidireccional de 17 DBI's;** Fabricada con Aluminio anonizado de 100% de pureza de alta precisión, incluye un conector N Amphenol, base de soporte y anclaje para mástil de 2". Cubre 360° al rededor con 17 dBi's de ganancia.
 - **01 Access Point Edimax modelo 7209APG o 6204WG;** Equipo transmisor de 250 megawatts de potencia con 5 Puertos LAN RTL-8186. Opera en 802.11g Wireless LAN.
 - **01 Cable Pigtail Profesional de baja Pérdida;** Cable Premium 223 Belden cuya pérdida - de ganancia - del cable es de 0.4 dBi/m.
 - **01 Sistema de 2 paneles solares y almacenador de energía (splitter);** Permite almacenar y alimentar con corriente eléctrica al Access Point (12 Volt). De esta manera evita cambiar continuamente las baterías de 6 celdas, evita que se corte la señal inalámbrica

- **Sistema de remolque;** Instalado para el módulo móvil que ayuda a facilitar su traslado a lugares estratégicos fabricado en la misma unidad, consta de una estructura metálica con un eje de ruedas donde se hace el montaje de módulo de las antenas sus accesorios (Figura 21).

Figura 20. *Sistema de remolque*



4.1.11. Central de Control de Costos de COMARSA (CCCC)

- **Introducción**

Fue creada en el mes de mayo del 2024, es una sub-área específica que pertenece al área de Control de Equipos supervisado por Planeamiento y Operaciones Mina, que se encarga del monitoreo de las operaciones en los tajos, las herramientas que poseen para este trabajo son radios con los canales internos de los tajos, el sistema de red inalámbrica de los tajos, Intranet e Internet. Implementado con la necesidad de controlar las operaciones de

carguío y acarreo en los tajos y mantener informados a los supervisores de tajo haciendo uso de los KPI's formulados, sobre los rendimientos y costos unitarios que son medidos durante la guardia.

El Centro de Control de Costos de Comarsa (CCCC) usa tres canales de radio que son independientes para cada tajo y una computadora con tablas elaboradas en Microsoft Excel y Microsoft Access y el aplicativo para la elaboración de los reportes que registran los datos obtenidos en campo. Estos datos son proporcionados por el controlador de la flota y capturados con los PDA's que están implementados con el software aplicativo de control de flota.

➤ **Objetivos**

- Determinar y establecer, los criterios, variables y valores que servirán de referencia en el monitoreo.
- Recolección de datos e información de lo que ocurre en campo.
- Medir y comparar los resultados obtenidos con los valores teóricos.
- Comparar lo realizado con lo programado.
- Analizar y corregir desviaciones, en relación con los objetivos y programas y proponer propuestas de solución.
- Servir como nexo entre campo y supervisión.
- Alertar en forma oportuna sobre situaciones que se presenten y amenacen la producción.
- Agilizar en la distribución de unidades y equipos de acuerdo al programa y lo requerido según el caso y tener la ubicación precisa de estos equipos.
- Comparación teórico y práctico y hacer reajustes para la estandarización.

4.1.12. Procedimientos en el Centro de Control de Costos de Comarsa (CCCC)

a) Inicio de operaciones

Una vez hecho el reparto de guardia se comienza a verificar la salida de los equipos de los talleres de cada contrata y hacer seguimiento sobre el lugar de trabajo programado, y como resultado se tiene el inicio de las operaciones lo más antes posible y evitando pérdidas por descoordinación.

b) Durante las operaciones

Se monitorean las actividades y demoras que puedan existir durante las operaciones y los rendimientos de los equipos de carguío en cada frente de trabajo, esto se hace por lo menos cada media hora y con los resultados se hace el control y reajuste a las operaciones en caso haya desviaciones de lo programado y planificado. Los datos son emitidos por los controladores que están controlando las flotas y equipos usando los PDA's y estos envían el reporte vía wireless, que se receptiona en el Centro de Control de Costos de Comarsa (CCCC) los datos son almacenados por el servidor y el procesador genera una base de datos con el cual se realizan los reportes e informes de las operaciones en los software y aplicaciones que se han elaborado para este fin, los resultados son puestos en conocimiento a cada supervisor, para que tome las medidas correctivas en caso de anomalías y además son emitidas vía Intranet a las distintas jefaturas.

c) Final de la guardia

Se realiza un resumen de los resultados y cambios generados durante la guardia y quedando el reporte como herramienta para la comparación y medición de las guardias siguientes. Todo esto es

también colocado en el Intranet y luego a Internet para que llegue a la Gerencia en Lima. De esta manera se asegura que toda la empresa tenga conocimiento de los resultados.

d) Fin de mes

Al llegar a fin de mes (día 30 de cada mes) se realizan las estadísticas y análisis y se elaboran informes para las diferentes áreas según los requerimientos que soliciten, como pueden ser: la estadística y variación de los costos unitarios, producción de mineral y desmonte tonelaje, disponibilidad mecánica de los equipos y factor de cumplimiento de contratos.

Con estos resultados se podrán hacer reajustes y nuevos planes de minado para el siguiente mes y se hace el control de producción y seguimiento del planeamiento a corto plazo.

4.1.13. Diferencia antes y después de la instalación del Centro de Control de Costos de Comarsa (CCCC)

a) Antes

- Se conocía los resultados de la guardia después de 24 horas de haber culminado la guardia "B".
- No se tenía suficientes herramientas de gestión al no poseer indicadores instantáneos para poder tomar decisiones.
- Los equipos llegaban al punto programado con minutos de demora por falta de indicaciones.
- Ocurría congestionamiento en los canales.
- Los trabajadores no se involucraban mucho

b) Después

- Se tiene resultados en tiempo real sobre lo que ocurre durante la guardia.

- Se tiene suficiente información para poder tomar decisiones oportunas.
- Se disminuye las demoras no operativas ocasionadas por desinformación.
- Existe mejor comunicación entre tajos.
- Existe una sana competencia por obtener el mejor rendimiento y el menor costo unitario de los equipos.

Todas estas herramientas integradas se pusieron en funcionamiento el 16 de mayo del 2024. Lo que se llegó a obtener es una red de información lo suficientemente fácil de instalar, manejar y útil para la gestión de las operaciones donde todos los involucrados participan de este sistema.

En el diagrama siguiente se muestra el ciclo completo de la información que fluye a través de red de los tajos integrada con el Intranet y el Internet (Figura 22).

Figura 21. Sistema Jet Mine – COMARSA (Control de operaciones)



4.1.14. Inversión

La inversión necesaria para este proyecto de **Sistema Jet Mine – COMARSA**, se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. *Inversión para Sistema Jet Mine – COMARSA*

CONCEPTO	UNIDAD	PRECIO /UNID	TOTAL
MATERIALES			
Personal Digital Asistente (PDA)	15	\$1.980,00	\$29.700,00
Servidor Dell Poder Edge 2950	1	\$573,00	\$573,00
Memoria 2 Gb (667Mhz), DIMMs	4	\$37,00	\$148,00
Fuente redundante, Rack chasis/Sliding	1	\$220,00	\$220,00
Módulo de antena WIRELESS (móvil)	1	\$750,00	\$750,00
Módulo de antena WIRELESS (estacionaria)	2	\$650,00	\$1.300,00
CPU Intel Core 2 DUO	1	\$630,00	\$630,00
Monitor 19 pulgadas	2	\$115,00	\$230,00
Impresora HP Inkjet 2800 PS	1	\$530,00	\$530,00
Radio Motorola EM400 VHF	3	\$310,00	\$930,00
UPS (sistema de alimentación ininterrumpida)	1	\$237,00	\$237,00
SUBTOTAL			\$35.248,00
RECURSO HUMANO			
Programador	1	\$10.000,00	\$10.000,00
Asistente	2	\$3.000,00	\$6.000,00
SUB TOTAL			\$16.000,00
TOTAL GENERAL			\$51.248,00

Los módulos de antenas han sido adquiridos de una empresa especializada en este tipo de ensamblajes. Mientras que el programador y sus asistentes han sido contratados por un periodo de tres meses, tiempo en que duró toda la instalación, el soporte estará a cargo del área de Sistemas y Comunicaciones de la empresa (Figuras 23 al 25).

Figura 22. Posición de los módulos de antenas en el tajo SACALLA

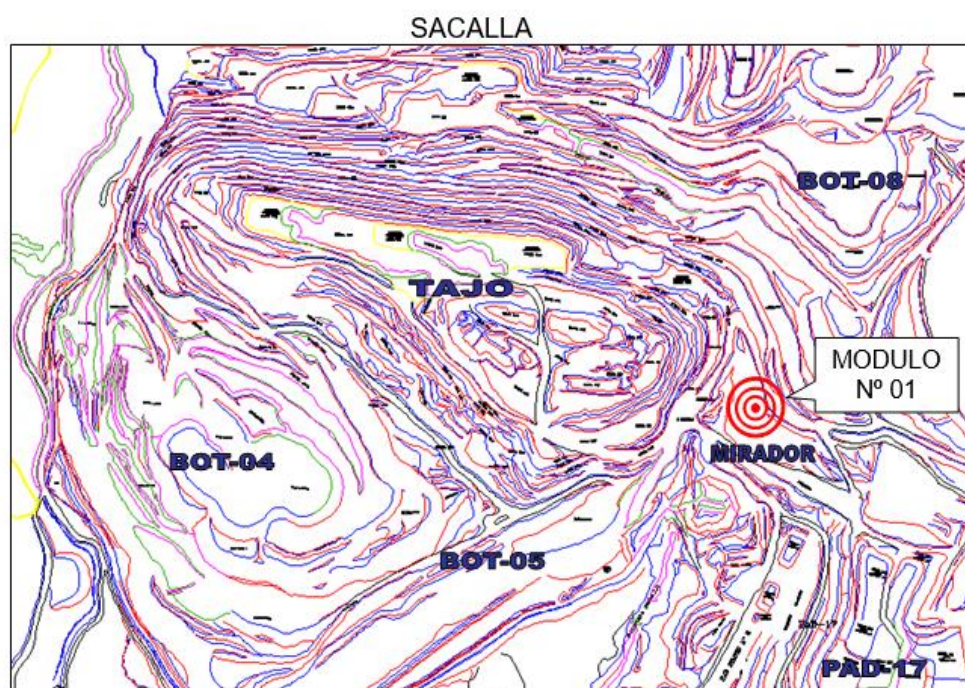


Figura 23. Posición de los módulos de antenas en el tajo SEDDUCTORA

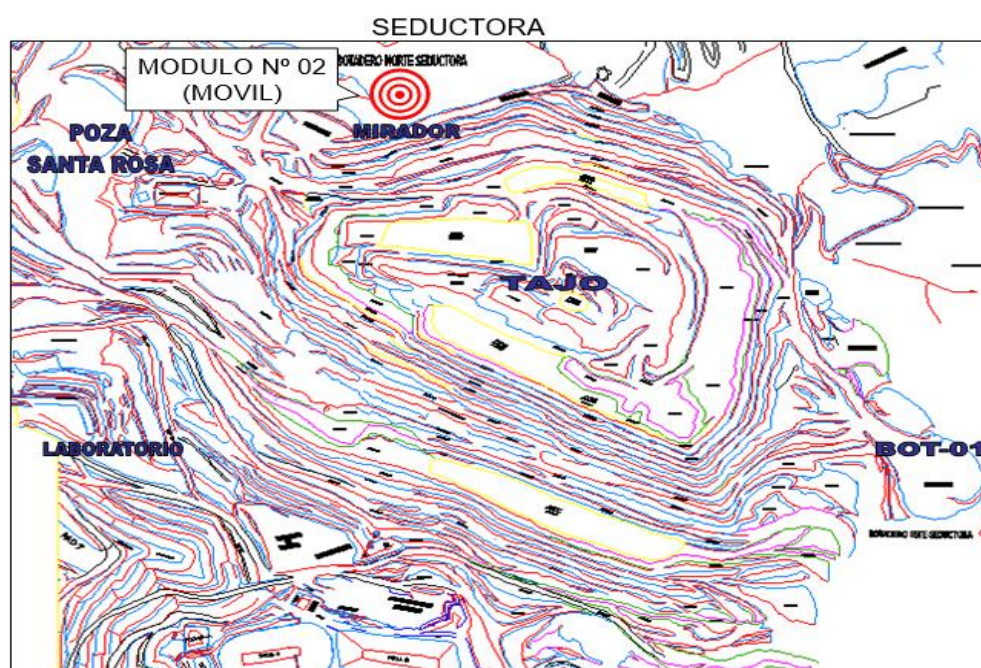
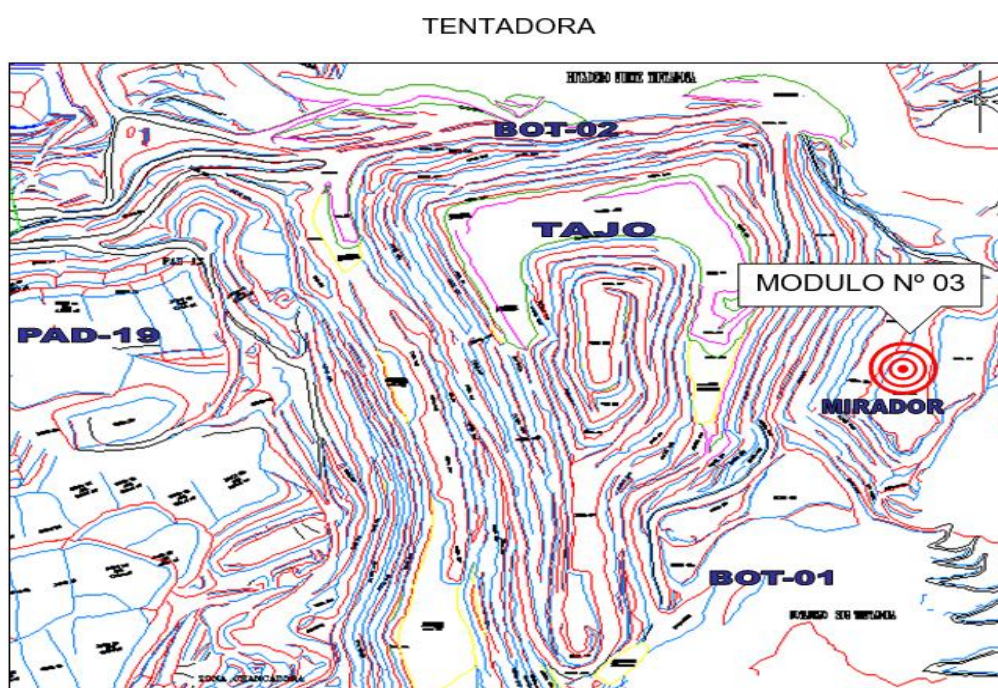


Figura 24. Posición de los módulos de antenas en el tajo TENTADORA



4.1.15. Ventanas del aplicativo del monitoreo del CCCC

Esta ventana muestra a todas las contratas y filtra las unidades de acarreo que se encuentran en *stand by* y operativos para que puedan ser asignados por el responsable de la CCCC (Figura 26).

Figura 25. Ventana de control de flota



En esta otra ventana se puede monitorear a la flota y los equipos de carguío y los detalles adicionales como los datos del controlador, para ver los detalles de cada unidad solo se pincha con el ratón al cuadro asignado con el numero de la unidad y mostrará el resumen de las demoras, viajes que pueda

haber tenido esa unidad, de igual modo si se desea ver los detalles del equipo de carguío seleccionar el cuadro asignado como “equipo” y se desplegará la información deseada (Figura 27).

Figura 26. Ventana de monitoreo completo de la flota

UNIDAD	CONTRAT	VIAJ_MIN	DESTINO	CICLO_MIN	VIAJ_DES	DESTINO	CICLO_DES	ESTADO	MOTIVO
801	POM	10	PAD-10	13	8	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-
32	MC	11	PAD-10	13	13	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-
619	POM	10	PAD-10	13	12	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-
645	POM	5	PAD-10	13	8	SE-02	6	<input checked="" type="checkbox"/>	STAND BY
623	POM	10	PAD-10	13	15	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-
140	SS	10	PAD-10	13	16	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-
137	SS	10	PAD-10	13	10	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-
63	TRF	9	PAD-10	13	13	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-
643	POM	9	PAD-10	13	14	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-
651	POM	9	PAD-10	13	14	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-
630	POM	9	PAD-10	13	10	SE-02	6	<input type="checkbox"/>	-

4.2. Discusión de resultados

Para hacer la comparación de resultados que se ha obtenido con la Aplicación de la Tecnología de Información y Comunicación, se hizo desde enero del año 2023 a diciembre del 2024 para poder ver como fue el comportamiento de la producción en un periodo casi equitativo antes y después de su implantación.

4.2.1. Histórico de producción

En la Tabla 9 precedente, se muestra la producción del año 2023 y 2024 mes a mes. De ello, se obtuvo los siguientes resultados:

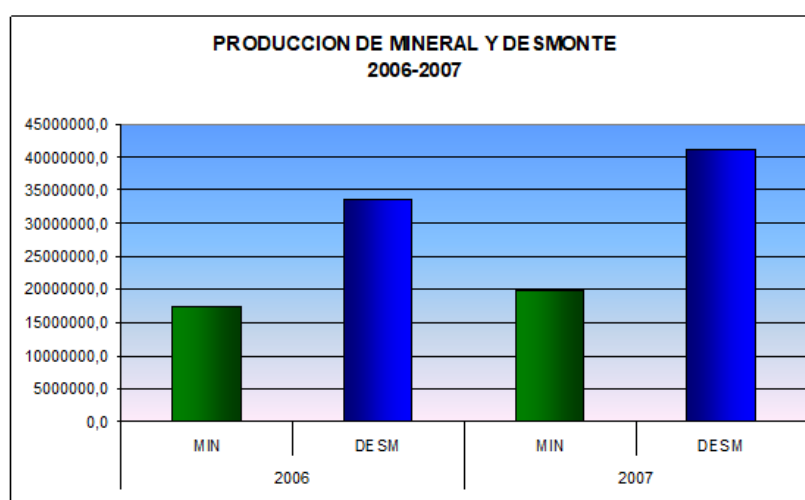
- Total Mineral 2023 = 17'458,945.2
- Total Mineral 2024 = 19'952,826.0
- Diferencia = 2'493,880.8

Y en el caso de desmante:

- Total Desmante 2023 = 33'551,930.4
- Total Desmante 2024 = 41'319,542.9
- Diferencia = 7'767,662.5

En la Figura 28 se observa la diferencia que existe entre estos dos últimos años, ha sido un reto porque esto ha requerido de un control mucho más efectivo de las operaciones.

Figura 27. Producción de mineral y desmante 2023 - 2024

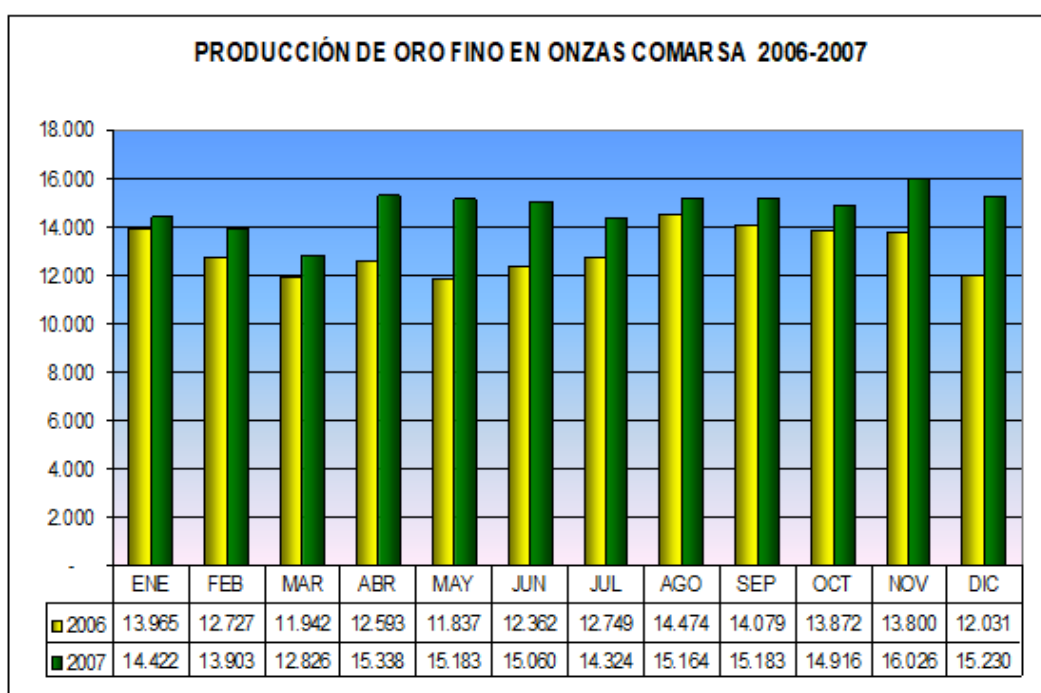


Este resultado ha sido gracias a la gestión efectiva de las operaciones, específicamente en el carguío y acarreo por ser uno de los que representa uno de los porcentajes más influyentes en los gastos operativos en operaciones. Y así lo demuestran los resultados de la Figura 29 y Tabla 7, de las onzas de oro producidas en el año 2023.

Tabla 7. Producción de oro fino en onzas, Comarsa 2023-2024

Producción de oro fino en onzas, Comarsa 2023-2024												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2023	13966	12727	11941	12593	11837	12362	12749	14474	14079	13872	13800	12031
2024	14422	13903	12826	15338	15183	15060	14329	15164	15183	14916	16026	15230

Figura 28. Producción de oro fino en onzas 2023-2024



4.2.2. Promedio de horas efectivas de carguío por guardia

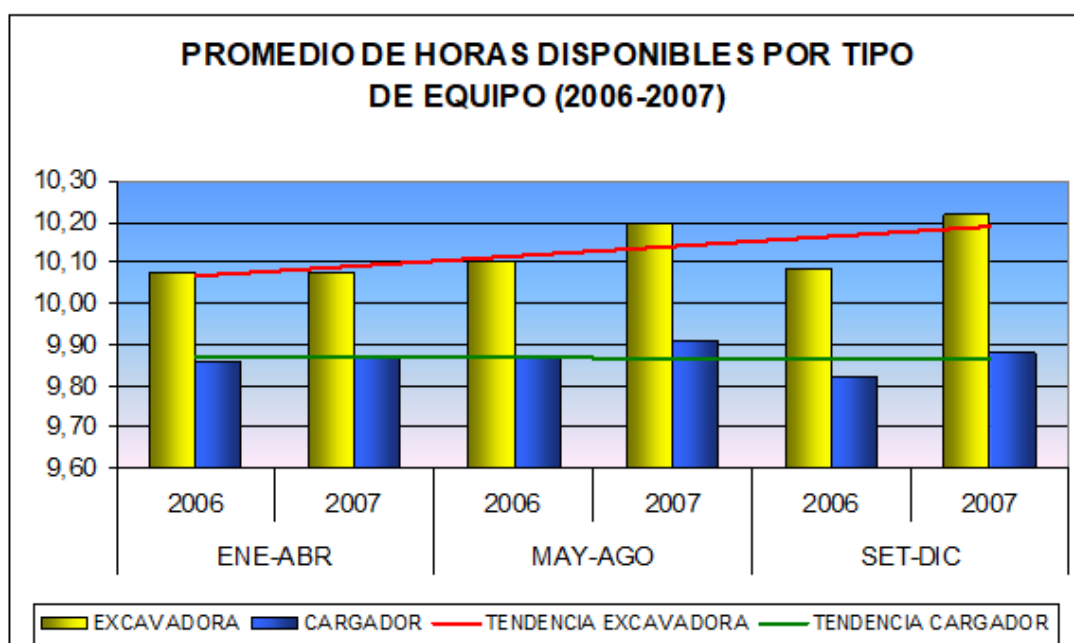
Debido a que con el CCCC se logra coordinar directamente con la contrata sobre la ubicación de los equipos antes y después de las guardias, se logra más horas disponibles. La Tabla 8 muestra el promedio de horas de equipos de carguío por guardia. Muestro solamente equipos de carguío porque las unidades de acarreo se sobreentienden que inician casi al mismo tiempo.

Tabla 8. Promedio de horas disponibles por tipo de equipo (2023-2024)

Promedio de horas disponibles por tipo de equipo (2023-2024)						
	ENERO-ABRIL		MAYO- AGOSTO		SETIEMBRE - DICIEMBRE	
	2023	2024	2023	2024	2023	2024
Excavadora	10.08	10.08	10.10	10.20	10.09	10.22
Cargador	9.86	9.87	9.87	9.91	9.82	9.88

En la Figura 30 con los datos de la Tabla 8 precedente, se puede hacer la comparación y ver los resultados.

Figura 29. Promedio de horas disponibles por tipo de equipo (2023-2024)



De la Figura 30, se puede mencionar que, en lo que respecta a excavadoras se ha tenido una considerable alza en las horas disponibles como muestra la línea de tendencia (color rojo), y por el contrario en el caso de los cargadores frontales se ha tenido una tendencia casi horizontal.

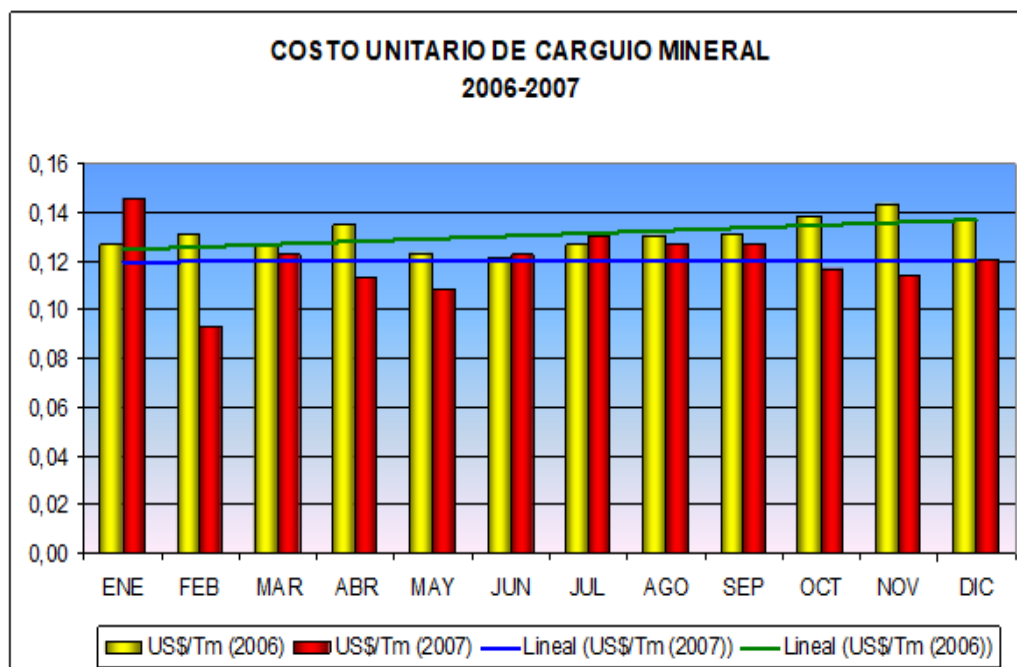
En cuanto a los cargadores, podemos decir que no hemos podido tener un incremento de horas por el mismo hecho de que este tipo de equipos pueden ser movidos de un tajo a otro de acuerdo al requerimiento, esto disminuya claramente en comparación a las excavadoras que muy rara vez son movidas de un tajo a otro.

4.2.3. Costos unitarios de minado US\$/TM por actividad

Del mismo modo que en el caso anterior presentamos el cuadro de costos unitarios por actividad (Tabla 10). De este cuadro tomaremos los datos de los costos unitarios del carguío, puesto que esta actividad es la más relevante para el análisis que se quiere hacer porque si no tenemos la flota de volquetes incompleta nuestro costo unitario se elevará. Mientras que en el costo unitario

de acarreo este valor dependerá de la distancia de las zonas de carguío a los puntos de descarga.

Figura 30. Costo unitario de carguío de mineral 2023-2024

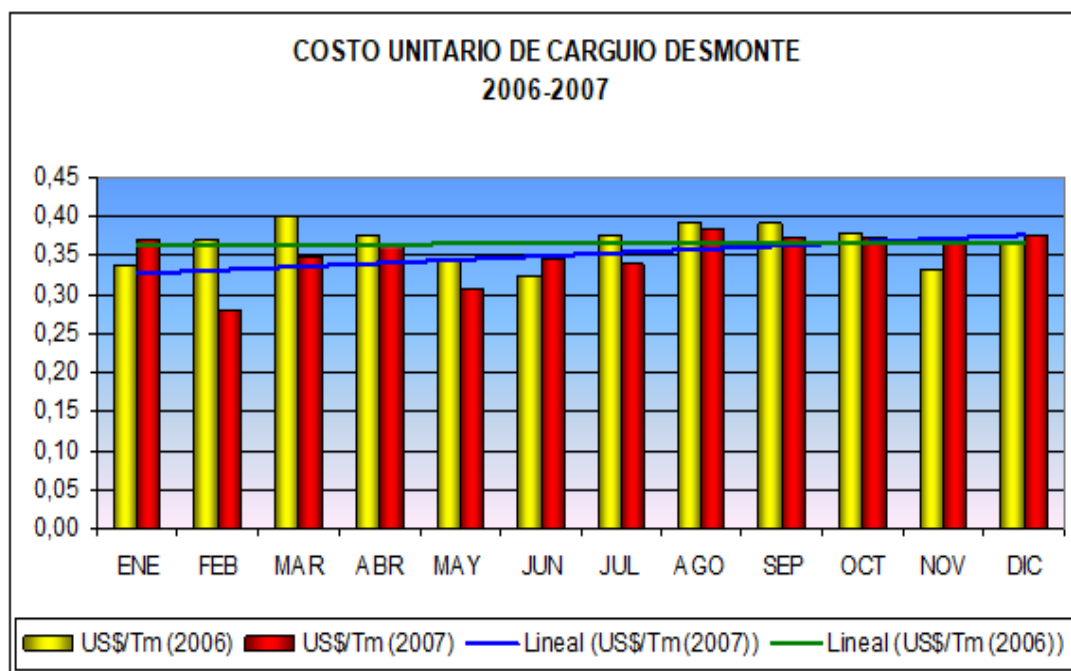


En la Figura 31, se demuestra que se ha trabajado con flotas de volquetes completas, a esto podemos decir que en el año 2024 a partir del funcionamiento del sistema de control mediante el CCCC y la red de información inalámbrica se ha tenido más cuidado en el número de unidades de acarreo en las flotas de mineral, ya que de estos depende la cantidad de mineral que se tiene que mandar para cumplir la cuota, porque se tiene una tendencia del costo unitario uniforme casi horizontal, mientras que en año 2023 se ha tenido un leve incremento. Esto da a entender que no se venía trabajando bien o que no se tenía un control adecuado del número de unidades de acarreo.

En la Figura 32, de comparación de carguío en desmonte notamos un incremento en el año 2024, se justifica esto a que se ha estado realizando el desbroce del nuevo tajo Cochavara y sus botaderos que se está preparando para mediados del año 2025. Como sabemos la preparación tiene un poco más

de trabajo de producción que de carguío mismo y el tiempo de carguío no es uniforme, pero si se monitorea también estas flotas para trabajar con las necesarias.

Figura 31. Costo unitario de carguío de desmonte



a) Producción mensual de los años 2023 y 2024

La producción mensual desde los años 2023 y 2024 se muestra en las Tabla 9.

Tabla 9. Producción mensual de los años 2023 y 2024

Año 2023

MATERIAL	EJECUCIÓN TMS											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mineral (TMS)	1395347.7	1385091.1	1320284.4	1285759.2	1508195.1	1481557.0	1513535.0	1513015.8	1518057.2	1567950.5	1439204.9	1530947.3
Desmonte (TMS)	2874828.7	2207388.8	2215319.8	2145057.3	2557882.6	2937193.5	2843598.3	2824966.1	3453536.3	3255046.4	3363799.1	2873313.5
Ley (g/Tm)	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4
D/M	2.1	1.6	1.7	1.7	1.7	2.0	1.9	1.9	2.3	2.1	2.3	1.9
% Humedad	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Min. Tratado (TMS)	1395347.7	1385091.1	1320284.4	1285759.2	1508195.1	1481557.0	1513535.0	1513015.8	1518057.2	1567950.5	1439204.9	1530947.3
% Rec. Met.	0.6	0.6	0.7	0.7	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.7	0.6
Au. Oz.	13964.9	12727.3	11941.9	12593.2	11836.5	12362.2	12748.8	14474.3	14079.0	13871.6	13800.0	12031.2
Sub total mes	4.270.176,4	3.592.479,9	3.535.604,2	3.430.816,5	4.066.077,7	4.418.750,5	4.357.133,3	4.337.981,9	4.971.593,4	4.822.996,9	4.803.004,0	4.404.260,8

Año 2024

MATERIAL	EJECUCIÓN TMS											
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Mineral (TMS)	1338192,5	1641334,9	1499616,5	1648941,1	1677423,9	1695084,8	1604477,3	1623273,1	1692739,0	1778854,3	1840301,8	1912586,8
Desmonte (TMS)	2665853,4	2621119,5	3080049,1	2844971,0	3376622,2	3526495,6	3901037,5	4154649,5	3883601,6	3897156,8	3835653,7	3532383,0
Ley (g/Tm)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
D/M	2,0	1,6	2,1	1,7	2,0	2,1	2,4	2,6	2,3	2,2	2,1	1,8
% Humedad	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Min. Tratado (TMS)	1338192,5	1641334,9	1499616,5	1648941,1	1677423,9	1695084,8	1604477,3	1623273,1	1692739,0	1778854,3	1840301,8	1912586,8
% Rec. Met.	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,7
Au. Oz.	14422,4	13902,8	12826,2	15338,5	15183,2	15060,2	14324,4	15163,8	15182,9	14916,5	16025,9	15229,6
Sub total mes	4.004.045,8	4.262.454,4	4.579.665,7	4.493.912,2	5.054.046,0	5.221.580,4	5.505.514,8	5.777.922,7	5.576.340,6	5.676.011,1	5.675.955,5	5.444.969,8

b) Costos unitarios por año y tipo de actividad y material

En relación a los costos unitarios efectuados por año y tipo de actividad y material, se tienen en la Tabla 10.

Tabla 10. Costos unitarios por año y tipo de actividad y material 2023-2024

Año 2023

Material	TIPO_COSTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom. Año
Mineral	CARGUIO DE MINERAL	0,13	0,13	0,13	0,13	0,12	0,12	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14	0,14	0,12
	TRANSPORTE MINERAL	0,34	0,37	0,40	0,38	0,34	0,32	0,35	0,39	0,39	0,38	0,33	0,36	0,33
	US\$/Tm de Mineral	1,12	1,22	1,25	1,27	1,06	1,07	1,11	1,12	1,24	1,15	1,17	1,14	1,06
Desmonte	CARGUIO DE DESMONTE	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,16	0,13
	TRANSPORTE DESMONTE	0,19	0,21	0,23	0,24	0,23	0,23	0,23	0,22	0,21	0,23	0,24	0,27	0,20
	US\$/Tm de Desmonte	0,66	0,71	0,74	0,78	0,67	0,69	0,66	0,73	0,69	0,75	0,75	0,90	0,65
	US\$/tm de Material Movido	0,81	0,91	0,93	0,96	0,81	0,82	0,82	0,87	0,86	0,88	0,87	0,98	0,79

Año 2024

Material	TIPO_COSTOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Prom. Año
Mineral	CARGUIO DE MINERAL	0,15	0,09	0,12	0,11	0,11	0,12	0,13	0,13	0,13	0,12	0,11	0,12	0,12
	TRANSPORTE MINERAL	0,37	0,28	0,36	0,36	0,31	0,34	0,38	0,38	0,39	0,38	0,39	0,38	0,36
	US\$/Tm de Mineral	1,34	1,00	1,18	1,14	0,96	1,13	1,24	1,30	1,31	1,21	1,21	1,22	1,18
Desmonte	CARGUIO DE DESMONTE	0,16	0,20	0,17	0,16	0,16	0,16	0,15	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,15
	TRANSPORTE DESMONTE	0,28	0,31	0,28	0,27	0,26	0,24	0,23	0,22	0,22	0,23	0,24	0,26	0,25
	US\$/Tm de Desmonte	0,81	0,85	0,85	0,91	0,86	0,71	0,72	0,68	0,66	0,76	0,77	0,76	0,77
	US\$/tm de Material Movido	0,99	0,91	0,96	0,99	0,89	0,85	0,87	0,85	0,86	0,90	0,92	0,92	0,90

CONCLUSIONES

1. Con la tecnología obtenida ha sido posible implementar un sistema de gestión usando como herramienta principal la Información y la Comunicación en el sistema organizacional de las supervisiones.
2. Se logro optimizar el uso del PDA con todas las bondades que presentaba como el envío de señal inalámbrica, lectura de código de barras, comunicación a distancia sin necesidad de radio mediante el uso de mensaje de texto dejando de ser solo una máquina donde se dejaba un registro de datos.
3. Se puso en práctica los conocimientos sobre redes de información como el del sistema inalámbrico usado comúnmente en las ciudades en las redes urbanas.
4. La mejora de nuestra gestión de operaciones mediante un control en tiempo real e interactivo ha sido reflejado en los resultados obtenidos en los 6 últimos meses del 2024 donde se ha logrado pulir el uso de nuestra tecnología.
5. Se marcó un punto de inicio para seguir investigando y proponiendo nuevos métodos de gestión amoldándose a las posibilidades de una empresa.

RECOMENDACIONES

1. Es posible encontrar herramientas adicionales que se pueden acoplar a nuestro sistema inalámbrico y que lo pueda hacer más eficiente.
2. Seguir con la filosofía de educación a los que participan en la operación para conseguir su cooperación, porque no solo es importante que los supervisores estén observados las posibles debilidades si no que hay que lograr trabajar en un clima de cooperación mutua y compromiso.
3. Adoptar los nuevos conceptos de gestión y metodologías de hacer empresa y llevarlos a la práctica y seguir investigando.
4. Seguir con la capacitación del personal.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Andrade, P., & Eizaguirre, P. (2022). *Aplicación de minería de datos e inteligencia de negocios al módulo de gestión de clientes (CRM) para la mejora del proceso de ventas en la empresa Suministros Tecnológicos SAC* [Tesis de licenciatura, Universidad Tecnológica del Perú]. Repositorio Institucional UTP.
- Baena, G. (2017). *Metodología de la investigación*. Grupo Editorial Patria.
- Bautista, J. (2019). *Implementación de sistemas tecnológicos de información en seguridad en el transporte de concentrado de la unidad minera Las Bambas - 2018* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac]. Repositorio Institucional UNAMBA.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (3ra ed.). Pearson Educación.
- Cabrera, W. (2024). *Tecnología de la información*.
- Cancho, M. (2024). *Uso de un sistema de monitoreo de información y su efecto en la gestión de tecnologías de información de una empresa minera del Perú* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.
- Delgado, Y. (2019). *Implementación de tecnologías de la información y comunicación y su relación con la gestión administrativa en la escuela técnico superior de la Policía Nacional del Perú de Paucartambo - Cerro de Pasco* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio Institucional UNDAC.
- Dewey, J. (1938). *Logic: The theory of inquiry*. Henry Holt and Company.
- Galván, J. (2021). *Implementación de un sistema de información para mejorar la gestión logística en la empresa Minería y Construcciones Vial S.A.C.* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio UNCP.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta ed.). McGraw-Hill Education.
- James, W. (1907). *Pragmatism: A new name for some old ways of thinking*. Longmans,

Green, and Co.

Lincoln, Y. S., & Guba, E. G. (1985). *Naturalistic inquiry*. SAGE Publications.

Ministerio de Energía y Minas. (2016). *Decreto Supremo N° 024-2016-EM. Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Diario Oficial El Peruano.

Ministerio de Energía y Minas. (2017). *Decreto Supremo N° 023-2017-EM. Modifica diversos artículos y anexos del Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería*. Diario Oficial El Peruano.

Morgan, D. L. (2014). Pragmatism as a paradigm for social research. *Qualitative Inquiry*, 20(8), 1045–1053. <https://doi.org/10.1177/1077800413513733>

Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). *The knowledge-creating company*. Oxford University Press.

Orlikowski, W. J. (2000). Using technology and constituting structures: A practice lens for studying technology in organizations. *Organization Science*, 11(4), 404–428.

Salomé, H. (2012). *Aplicaciones informáticas en cálculos básicos de seguridad minera y voladura de rocas en minería subterránea para optimizar la seguridad y eficiencia de actividades mineras* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Repositorio Institucional UNCP.

Sánchez, H., & Reyes, C. (2006). *Metodología y diseños en la investigación científica*. Editorial Mantaro.

Sánchez, H., Reyes, C., & Mejía, K. (2018). *Manual de términos de investigación científica, tecnológica y humanística*. Universidad Ricardo Palma.

Schön, D. A. (1983). *The reflective practitioner: How professionals think in action*. Basic Books.

Torres, M. (2022). *Sistema de información y gestión de procesos administrativos en la empresa Alpes Minería y Construcción SAC de la ciudad de Cajamarca* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio Institucional UNC.

[illegible]

CROQUIS DE LA UBICACION Y DESPLAZAMIENTO

Diagrama de ubicación y desplazamiento que muestra un camino con puntos A. SUR, A. ESTE y C. Doble, rodeado por áreas etiquetadas como SACALLA, BANCOS, SEDUCTORA y TENTADORA.

CROQUIS DEL TRABAJO

OBSERVACIONES:

Tajo: _____ Bco: _____

Pad/Botadero: _____ Mod: _____

PARA EMPUJE

Viajes: _____

HrsCon: _____

HrsEfc: _____

Rendim: _____

OBS: Indicar los bancos y detallar el trabajo

Anexo 3 Reporte de viajes por volquete

COMARSA		CONTROL DE VIAJES DE MATERIAL - MINA										CV - N° 01	
Controlador Planta: Jefe Guardia Planta		Tajo: Banco: Fleta:		Tajo: Banco: Fleta:		Tajo: Banco: Fleta:		Tajo: Banco: Fleta:		Tajo: Banco: Fleta:		FECHA: / /	Turno: () Día
N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°	N°
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23	23
24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26	26
27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27
28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29
30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31	31
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33	33
34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34	34
35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36
37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37	37
38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38	38
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41
42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42	42
43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43	43
												MINERAL	
												DESMONTE	
												TOTAL VIAJES	

Anexo 4 Reporte diario de volquetes control PDAs



CE-F-01

REPORTE DIARIO DE VOLQUETES CONTROL PDA's

Nº 017707

FECHA: _____ TURNO: _____ TAJO: _____ BANCO: _____ PROYECTO: _____

DESTINO: _____ DISTANCIA: _____ CONTROLADOR: _____

VOLQUETE:	Contrata:	OBSERVACIONES		
H.I.		FRENTE 1:	FRENTE 2:	FRENTE 3:
H.I.R.		CICLO:	CICLO:	CICLO:
H.F.R.		DISTANCIA:	DISTANCIA:	DISTANCIA: HRS. CONC.
H.F.		VIAJES MIN:	VIAJES MIN:	VIAJES MIN:
		VIAJES DES:	VIAJES DES:	VIAJES DES:
VOLQUETE:	Contrata:	OBSERVACIONES		
H.I.		FRENTE 1:	FRENTE 2:	FRENTE 3:
H.I.R.		CICLO:	CICLO:	CICLO:
H.F.R.		DISTANCIA:	DISTANCIA:	DISTANCIA: HRS. CONC.
H.F.		VIAJES MIN:	VIAJES MIN:	VIAJES MIN:
		VIAJES DES:	VIAJES DES:	VIAJES DES:
VOLQUETE:	Contrata:	OBSERVACIONES		
H.I.		FRENTE 1:	FRENTE 2:	FRENTE 3:
H.I.R.		CICLO:	CICLO:	CICLO:
H.F.R.		DISTANCIA:	DISTANCIA:	DISTANCIA: HRS. CONC.
H.F.		VIAJES MIN:	VIAJES MIN:	VIAJES MIN:
		VIAJES DES:	VIAJES DES:	VIAJES DES:
VOLQUETE:	Contrata:	OBSERVACIONES		
H.I.		FRENTE 1:	FRENTE 2:	FRENTE 3:
H.I.R.		CICLO:	CICLO:	CICLO:
H.F.R.		DISTANCIA:	DISTANCIA:	DISTANCIA: HRS. CONC.
H.F.		VIAJES MIN:	VIAJES MIN:	VIAJES MIN:
		VIAJES DES:	VIAJES DES:	VIAJES DES:
VOLQUETE:	Contrata:	OBSERVACIONES		
H.I.		FRENTE 1:	FRENTE 2:	FRENTE 3:
H.I.R.		CICLO:	CICLO:	CICLO:
H.F.R.		DISTANCIA:	DISTANCIA:	DISTANCIA: HRS. CONC.
H.F.		VIAJES MIN:	VIAJES MIN:	VIAJES MIN:
		VIAJES DES:	VIAJES DES:	VIAJES DES:
VOLQUETE:	Contrata:	OBSERVACIONES		
H.I.		FRENTE 1:	FRENTE 2:	FRENTE 3:
H.I.R.		CICLO:	CICLO:	CICLO:
H.F.R.		DISTANCIA:	DISTANCIA:	DISTANCIA: HRS. CONC.
H.F.		VIAJES MIN:	VIAJES MIN:	VIAJES MIN:
		VIAJES DES:	VIAJES DES:	VIAJES DES:
VOLQUETE:	Contrata:	OBSERVACIONES		
H.I.		FRENTE 1:	FRENTE 2:	FRENTE 3:
H.I.R.		CICLO:	CICLO:	CICLO:
H.F.R.		DISTANCIA:	DISTANCIA:	DISTANCIA: HRS. CONC.
H.F.		VIAJES MIN:	VIAJES MIN:	VIAJES MIN:
		VIAJES DES:	VIAJES DES:	VIAJES DES:
VOLQUETE:	Contrata:	OBSERVACIONES		
H.I.		FRENTE 1:	FRENTE 2:	FRENTE 3:
H.I.R.		CICLO:	CICLO:	CICLO:
H.F.R.		DISTANCIA:	DISTANCIA:	DISTANCIA: HRS. CONC.
H.F.		VIAJES MIN:	VIAJES MIN:	VIAJES MIN:
		VIAJES DES:	VIAJES DES:	VIAJES DES:
VOLQUETE:	Contrata:	OBSERVACIONES		
H.I.		FRENTE 1:	FRENTE 2:	FRENTE 3:
H.I.R.		CICLO:	CICLO:	CICLO:
H.F.R.		DISTANCIA:	DISTANCIA:	DISTANCIA: HRS. CONC.
H.F.		VIAJES MIN:	VIAJES MIN:	VIAJES MIN:
		VIAJES DES:	VIAJES DES:	VIAJES DES:

B. Otros anexos

Anexo 5 Matriz de consistencia

Título “OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE INFORMACION MEDIANTE LA APLICACIÓN DE LAS TECNOLOGIAS DE INFORMACION Y COMUNICACIÓN (TICs) EN COMPAÑÍA MINERA COMARSA”.				
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p><i>Problema general</i></p> <p>¿Cómo podemos optimizar el sistema de información mediante la aplicación de las tecnologías de información y comunicación (tics) en Compañía Minera COMARSA?</p> <p><i>Problemas específicos</i></p> <p><i>Problema específico a</i></p> <p>¿Cómo podemos optimizar el uso de PDA's como herramienta de control de equipos en tiempo real, en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa - COMARSA?</p> <p><i>Problema específico b</i></p> <p>¿Con la experiencia obtenida con el C.C.C.C. (Centro de Control de Costos de Comarsa) podemos mejorar nuestra gestión en Compañía Minera Aurífera Santa Rosa - COMARSA?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Optimizar el sistema de información mediante la aplicación de las tecnologías de información y comunicación (tics) en Compañía Minera COMARSA.</p> <p>Objetivos específicos</p> <p>Objetivo específico a</p> <p>Optimizar el uso de PDA's como herramienta de control de equipos en tiempo real, en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa - COMARSA.</p> <p>Objetivo específico b.</p> <p>Mejorar nuestra gestión Con la experiencia obtenida con el C.C.C.C. (Centro de Control de Costos de Comarsa) en Compañía Minera Aurífera Santa Rosa - COMARSA.</p>	<p>Hipótesis General</p> <p>La optimización del sistema de información mediante los TICs es positivamente favorable para la supervisión de las operaciones en la Compañía Minera COMARSA.</p> <p>Hipótesis específicas</p> <p>Hipótesis específica a</p> <p>Con la optimización del sistema de información es posible implantar un sistema inalámbrico para poder adaptar a nuestro sistema de control con PDA's, y de esta manera poder tener información en tiempo real en la Compañía Minera COMARSA.</p> <p>Hipótesis específica b</p> <p>La experiencia obtenida con el C.C.C.C. (Centro de Control de Costos de Comarsa) podemos mejorar nuestra gestión en la Compañía Minera COMARSA.</p>	<p>Identificación de variables</p> <p>Variables para la hipótesis general</p> <p>Variable independiente</p> <p>Sistema de información TICs</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Supervisión de operaciones</p> <p>Variables para la hipótesis específicas</p> <p>Variables para la hipótesis específica a</p> <p>Variable independiente</p> <p>Optimización del sistema de información</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Información en tiempo real</p> <p>Variables para la hipótesis específica b</p> <p>Variable independiente</p> <p>Centro de Control de Costos</p> <p>Variable dependiente</p> <p>Mejora de la gestión</p>	<p>-Tipo de I. aplicativo.</p> <p>-Nivel de I. Descriptivo, analítico</p> <p>Diseño de I.</p> <p>no experimental</p> <p>muestra</p> <p>La muestra está constituida por las operaciones de carguío y acarreo con PDA. En la Compañía Minera COMARSA</p>