



REPÚBLICA DE CUBA

MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA

“Dr. Antonio Núñez Jiménez”

FACULTAD GEOLOGÍA MINERÍA

DEPARTAMENTO DE MINERÍA



Trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero en Minas.

Título: Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A

Diplomante: Carlos Matos Filande

Tutores: Esp. Julio Montero Matos

Mrs. C Armado Cuesta Rizo

Ing. Rolaye Mallea Rodríguez

PENSAMIENTO

“Los hombres son como los astros, unos dan luz de sí y otros brillan con la que reciben”

José Martí

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a todas aquellas personas que han influido de una forma u otra en mi formación como Ingeniero de Minas. Un lugar muy especial dentro de esas personas lo tiene mi familia, especialmente mis padres, sin cuyo sacrificio constante a lo largo de estos 5 años yo no sería el profesional que soy ahora, y sin cuyo ejemplo y ayuda a lo largo de toda mi vida yo no sería la persona que soy.

AGRADECIMIENTOS

Al terminar este trabajo de curso agradezco a todas aquellas personas que han colaborado de una forma u otra en su realización, especialmente a mis tutores, Ing. Rolaye Mayea Rodríguez y Esp. Julio Montero Matos, los cuales me han ofrecido su ayuda incondicional en todo momento, muchas veces incluso quitándose de su propio tiempo para atenderme, por darme aliento, motivación en los momentos más difícil de esta investigación.

Gracias además a mis compañeros de aula por haberme apoyado en uno de los momentos más difícil de la carrera y por haberme brindado su ayuda incondicional cuando les necesite.

Gracias a aquellos profesores los cuales me aconsejaron durante el periodo en que me impartieron clase como son: Armando Cuesta, Osmani Mondejar entre otros pocos los cuales decían que si se puede, todo estaba en proponérselo, a ellos muchas gracias.

Gracias a todas las personas que han contribuido con mi formación como Ingeniero de Minas los cuales no he mencionado, pero ellos saben que están presentes.

A todos muchas Gracias

RESUMEN

Esta investigación está dirigida a realizar un estudio comparativo entre los camiones articulados Volvo A40D y los Bell B50D en los yacimientos lateríticos de la mina perteneciente a la Empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A, ya que esta empresa tiene dentro de sus planes de expansión comenzar la explotación del yacimiento Camarioca Norte y se requiere seleccionar un equipamiento de transporte eficiente y eficaz que garantice la productividad requerida por la empresa.

Para la confección de esta tarea se trabajó con los datos disponibles, aportados por el Departamento de Planificación e Ingeniería de la Subdirección de Minas de la Empresa Pedro Sotto Alba – Moa Nickel S.A, así como las datas históricas, mapas geológicos con la ubicación de los yacimientos y los límites de la concesión minera. Esta investigación está estructurada en tres capítulos:

En el primer capítulo se abordan las características generales de la mina y la Estructura organizacional de la Subdirección de Mina (SM).

En el segundo capítulo se describe el sistema de explotación y el Proceso Tecnológico de la Mina, además de la situación actual de la minería en la SM.

El tercer capítulo hace referencia a la comparación Técnico – Productiva de los camiones articulados Volvo A40D y los Bell B50D en las distintas áreas de la mina de la empresa y se presentan en forma detallada los cálculos de los índices técnicos - productivos de ambos camiones, así como del equipamiento de carga existente en el cual se realiza el análisis correspondiente al cambio de tecnología.

ABSTRACT

This research work is aimed at conducting a comparative study between Volvo A40D articulated trucks and Bell B50D trucks in the lateritic ore bodies of the Mine of Pedro Sotto Alba, Moa Nickel S.A, as one of the objectives this Enterprise has within its expansion project is the commencement of Camarioca Norte ore body exploitation. Therefore, efficient transportation equipment is required to ensure the production required by the plant.

The data available by the Engineering and Planning Department of Moa Nickel S.A Mine Division was used in the preparation of this research work. Some historical data like geological maps with location of ore bodies and mining concession boundaries were also used. This research work is composed of three chapters:

The first chapter deals with the Mine general characteristics and the organizational chart.

The second chapter describes the exploitation system and the technological process of the Mine and current situation of mining at the Mine Division.

The third chapter refers to the productive and technical comparison between Volvo A40D articulated trucks and Bell B50D trucks in different areas of the Mine at Pedro Sotto Alba plant. The calculation of productive and technical rates for both trucks is detailed, as well as the existing loading equipment with the corresponding technology change analysis.

INTRODUCCIÓN	9
CAPÍTULO 1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MINA PERTENECIENTE A LA EMPRESA “PEDRO SOTTO ALBA MOA NICKEL S.A.”	11
1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS YACIMIENTOS	11
1.2 RELIEVE	12
1.3 RED FLUVIAL.....	12
1.4 CONDICIONES CLIMÁTICAS	13
1.5 GRADO DE ESTUDIO DE LA REGIÓN.....	13
1.6 GEOLOGÍA DE LA REGIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LAS LATERITAS	14
1.7 MINERALES ÚTILES.....	15
1.8 ESTRUCTURA ORGANIZACIONAL DE LA SUBDIRECCIÓN DE MINA DE LA EMPRESA PEDRO SOTO ALBA MOA NÍCKEL S. A.	16
1.9 DEPARTAMENTO DE PLANIFICACIÓN E INGENIERÍA.....	19
1.10 DEPARTAMENTO DE OPERACIONES.....	20
1.11 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	21
CAPÍTULO 2 SISTEMA DE EXPLOTACIÓN, PROCESO TECNOLÓGICO Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA PEDRO SOTTO ALBA MOA NICKEL S.A.	23
2.1 SISTEMA DE EXPLOTACIÓN.....	23
2.2 PROCESO TECNOLÓGICO DE LA MINA	23
2.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESO TECNOLÓGICO DE LA MINA	24
1. REHABILITACIÓN TÉCNICA	28
2. REHABILITACIÓN BIOLÓGICA.....	29
RESULTADOS ALCANZADOS CON LA APLICACIÓN DE ESTOS TRABAJOS	30
2.3. SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA PEDRO SOTTO ALBA MOA NICKEL S.A.....	31
CAPÍTULO 3 COMPARACIÓN TÉCNICO – PRODUCTIVA ENTRE LOS CAMIONES ARTICULADOS VOLVO A40D Y LOS CAMIONES BELL B50D	34
3.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA RETROEXCAVADORA LIEBHERR 984C Y CÁLCULO DE PRODUCTIVIDAD.	34
3.2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CAMIONES VOLVO A40D Y DE LOS CAMIONES BELL B50D	36
CARACTERÍSTICAS DE LOS VOLVO A40D	36
EN EL ANEXO 4 SE PUEDE OBSERVAR LAS DIMENSIONES DEL LOS CAMIONES VOLVOS A40D.	39
CARACTERÍSTICAS DE LOS BELL B50D.....	39
EN EL ANEXO 5 SE PUEDE OBSERVAR LAS DIMENSIONES DEL LOS CAMIONES BELL B50D.	41
3.3 CÁLCULOS DE LOS INDICADORES TÉCNICOS DE LOS CAMIONES PARA CADA ÁREA DE ESTUDIO.	41
3.4 INDICADORES TÉCNICOS PARA ÁREA 24 DE MOA ORIENTAL Y CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD DE EXPLOTACIÓN.....	45
3.5 INDICADORES TÉCNICOS PARA ÁREA 30 DE MOA ORIENTAL Y CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD DE EXPLOTACIÓN.....	47
3.6 INDICADORES TÉCNICOS PARA ÁREA 31 DE MOA ORIENTAL Y CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD DE EXPLOTACIÓN.....	49
3.7 INDICADORES TÉCNICOS PARA ÁREA 1 DE MOA OCCIDENTAL (ZONA A) Y CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD DE EXPLOTACIÓN.....	50
3.8 INDICADORES TÉCNICOS PARA ÁREA 8 DE MOA OCCIDENTAL (ZONA A) Y CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD DE EXPLOTACIÓN.....	52

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

3.9 CÁLULO DE LOS INDICADORES TÉCNICOS PARA LAS ÁREAS 12 Y 13 DE MOA OCCIDENTAL (ZONA A) Y CÁLULO DE LA PRODUCTIVIDAD DE EXPLOTACIÓN	54
3.10 CÁLULO DE LOS ÍNDICES DE CONSUMO.....	55
3.11 ÍNDICE DE CONSUMO DE DIESEL, LITRO POR TONELADA DE MINERAL TRASPORTADO.	57
3.12 ÍNDICE DE CONSUMO DE DIESEL KILÓMETRO RECORRIDO POR LITRO.....	58
3.13 ÍNDICE DE CONSUMO DE DIESEL POR HORA.....	59
3.14 ANÁLISIS TÉCNICO DE LOS RESULTADOS	59
3.15 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA PRODUCTIVIDAD ENTRE LOS CAMIONES VOLVO A40 D Y LOS CAMIONES BELL B50D.	60
3.16 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS ÍNDICES DE CONSUMO ENTRE LOS CAMIONES VOLVO A40 D Y LOS CAMIONES BELL B50D.	62
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFÍA.....	66

INTRODUCCIÓN

La minería es una de las actividades de vital importancia para el desarrollo económico del país y fuente de riquezas que contribuye a la sustentabilidad de la comunidad. Esta actividad no llegó a ser de primer orden para nuestra economía en la primera mitad del siglo XX. Las mayores producciones en la minería en la etapa pre revolucionario se alcanzaron durante las confrontaciones bélicas ocurridas durante la segunda Guerra Mundial; en esta etapa existía desconocimiento del potencial minero del territorio nacional y una participación casi nula de inversionistas cubanos. Los sectores mineros más desarrollados fueron la industria petrolera, el cobre, manganeso, cromo y del níquel.

La industria cubana del níquel cuenta con una de las principales reservas de este mineral en el mundo, lo que ha permitido desarrollar esta industria representada por tres plantas (Comandante René Ramos Latourt, en la localidad de Nicaro, la Comandante Pedro Soto Alba, y la Comandante Ernesto Che Guevara en el municipio de Moa).

La empresa Comandante Pedro Soto Alba Moa Nickel S.A. a partir de su constitución en 1994 como empresa mixta introdujo cambios significativos en las técnicas y métodos empleados en cada una de las etapas del proceso de producción de la mina, ocasionados por los incrementos sostenidos de producción de la planta, hasta sobrepasar su capacidad de diseño original.

A consecuencia de ello se intensificaron los ritmos de minería, agotandese los recursos geológicos de alta ley y cercanos a la planta, a partir de lo que se establecieron requerimientos superiores en la calidad y estabilidad del mineral que se entrega a la planta de procesamiento. Conjuntamente, se inició en la minería un proceso de mejoras e introducción de nuevas técnicas y tecnologías que han permitido garantizar la producción y calidad del mineral, así como los requerimientos, costos y compromisos medio ambientales establecidos por la empresa.

Para poder mantener esos parámetros de calidad así como el volumen requerido por la planta de procesamiento, surge la necesidad de realizar un estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo de los camiones articulados Volvo A40D y Bell B50D

para evaluar el cambio de tecnología, siendo este el **problema** a resolver en este trabajo.

El **objetivo General de este trabajo es** realizar un estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones articulados Volvo A40D y los Bell B50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A, que permita evaluar el cambio de tecnología de trasportación.

Como **hipótesis** se plantea: si se realiza un estudio comparativo de los rendimientos técnicos – productivos entre los camiones Volvo A40D y los Bell B50D teniendo en cuenta las características ingeniero geológicas de los yacimientos lateríticos pertenecientes a Moa Nickel S.A y el comportamiento de los índices técnicos – productivos de ambos camiones entonces se podrá evaluar el cambio de tecnología de transporte de mineral de Volvo A40D a Bell BA50D.

Para darle cumplimiento al objetivo general de la investigación, se establecieron los siguientes **objetivos específicos**:

1. Realizar la evaluación ingeniero geológica de los yacimientos lateríticos pertenecientes a Moa Nickel S.A.
2. Caracterizar la tecnología existente en la empresa.
3. Determinar los indicadores técnicos –productivos de los camiones A40D y Bell B50D.

CAPÍTULO 1 CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA MINA PERTENECIENTE A LA EMPRESA “PEDRO SOTTO ALBA MOA NICKEL S.A.”

1.1 Ubicación geográfica de los Yacimientos

Los Yacimientos Lateríticos pertenecientes a La Mina de La Empresa Comandante Pedro Soto Alba Moa Nickel S.A son los que comprenden Moa Occidental (Sector I “Zona A y Zona Septentrional” y Sector II “Pronóstico”), ubicados al oeste del río Moa, y el yacimiento Moa Oriental al este del mismo río. Estos yacimientos forman parte de los depósitos de óxidos silicatados niquelíferos de Cuba.

Los yacimientos se encuentran localizados al Noreste de la provincia de Holguín, en el municipio de Moa y se ubican dentro del macizo montañoso Moa Baracoa Ver anexo 1

El área está limitada por las siguientes coordenadas Lambert:

Moa Occidental.

Coordenadas Lambert

Norte	221080	221170
Este	692970	697760

Moa Oriental.

Coordenadas Lambert

Norte	216000	221700
Este	697180	701120

El centro administrativo de la zona está estrechamente vinculado a La Ciudad y Municipio Moa, que posee un alto desarrollo socio cultural, económico e industrial.

Las principales vías de comunicación de la región son las carreteras que comunican el municipio con las localidades de Sagua de Tánamo y Baracoa. Además existe comunicación directa por aire con la capital y otras ciudades del país. Moa cuenta con

un puerto por el cual se realiza el volumen principal de carga de los productos que se exportan en el municipio, materiales de la industria, entre otras cosas.

1.2 Relieve

Los yacimientos se encuentran en un área de estribaciones septentrionales y submeridional, del gran macizo Moa – Baracoa. Las áreas que se destacan en la región son las siguientes.

- **Parte meridional:** Formadas por elevadas y medianas colinas con cotas absolutas de 175m a 350m. A esta parte está asociada al yacimiento: Pronóstico.
- **Parte Central:** Suavemente inclinada hacia el norte; representa la parte meridional del río Cabañas, con cotas absolutas de 164 m y 17 m en el lecho del río. A esta parte están asociados los yacimientos Zona A y Zona Central.
- **Parte Septentrional:** Es baja y aplanada con cotas de 17 m a 100 m en la orilla izquierda del río Cabañas.
- **Moa Oriental:** Está representada por planicies y colinas, con cotas absolutas que van desde 15 a 385m sobre el nivel del mar.

1.3 Red fluvial

La red hidrográfica del área de estudio es densa y dendrítica, representada por numerosos ríos y arroyos, entre los que se encuentran los ríos Moa, Cabaña, Cayo Guam, Quesigua, Yagrumaje y Punta Gorda. La mayoría de ellos son de corrientes permanentes debido a las abundantes lluvias en la región durante todo el año, las cuales sobrepasan los 3 000mm anuales.

Las principales arterias de la región desembocan en el Océano Atlántico, formando deltas cubiertos de sedimentos palustres y vegetación típica de manglar. La mayor parte de estas reservas hídricas no se utilizan, existiendo sólo una presa de importancia a unos 10km al sur de la ciudad de Moa (Presa Nuevo Mundo) cuyas aguas se utilizan para el funcionamiento de las industrias del territorio.

1.4 Condiciones Climáticas

La región de estudio se caracteriza por condiciones climáticas propia de un clima tropical lluvioso, muy húmedo con precipitaciones mayores a los 3 000 mm al año. La conjugación del relieve y su alineación entre el Este y el Noreste con la dirección de los vientos alisios procedentes del Océano Atlántico que el aire cargado de humedad ha frenado por el sistema montañoso, originando las intensas precipitaciones que se producen en la mayor parte del año. La época de mayor volumen de las precipitaciones ocurre desde septiembre a marzo, coincidiendo con la temporada invernal y la de menor volumen desde Abril hasta Agosto que coincide con la primavera y el verano. Anualmente ocurren precipitaciones en rangos de 1 400 a 3 000 mm con más de 70% de ocurrencia en los meses de lluvia. Normalmente el mes de mayor precipitación es Noviembre.

Las variaciones de las temperaturas son pequeñas en sentido general, manifestándose temperaturas cálidas, próxima a los 28°C - 30°C, en los meses de verano, en cambio, las temperaturas mínimas se presentan en las temporadas invernales, siendo Enero y Febrero los meses más fríos.

1.5 Grado de estudio de la región

Las cortezas de intemperismo comenzaron a considerarse como fuentes de Ni y Co al inicio de la década del 40 del siglo XX, sin embargo, en la región de Moa comenzaron a estudiarse con este objetivo desde el año 1952. Entre 1955 y 1958 se realizó la explotación del yacimiento Moa (Zona A; B, C, D y F) por compañías norteamericanas.

Después del triunfo de la revolución se realizó la explotación y confirmación de las reservas calculadas por los norteamericanos por el ICRM (Instituto Cubano de Recursos Minerales) con la ayuda de geólogos soviéticos (1961-1962).

Con relación al desarrollo de la región de la industria niquelífera para la búsqueda y exploración de las menas niquelíferas, surgió la necesidad de tener la base geológica. Con el fin de confeccionarla, en 1962, fue realizado el levantamiento geológico a escala 1:50 000, aunque la red de itinerarios era muy escasa y el levantamiento se realizó sin perforación y como volumen pequeño de trabajos mineros, el mapa geológico sirve como base geológica para los trabajos realizados en la región.

Entre 1962 y 1968 fueron explotados por personal geológico de la antigua Empresa Comandante Pedro Soto Alba y por el ICRM, los siguientes yacimientos: Área 11, Ampliación área 11, Realengos, Yamanigüey y Atlantic.

Desde 1972 y hasta 1976 en todo el territorio de la antigua provincia oriental se llevo a cabo el levantamiento geológico a escala 1:250 000 por las Academias de Ciencia de Cuba y Hungría. Estos trabajos fueron presentados en forma de mapas geológicos en planchetas a escala 1:100 000, memoria aclaratoria, mapa de ubicación de los minerales útiles a escala de 1:250 000 y otros gráficos.

En la década del 70 al 80 y hasta el año 1994, fueron explorados por La Empresa Comandante Pedro Soto Alba los yacimientos: Atlantic, Zona Sur y Pronóstico.

En el año 1995 se llevó a cabo por la empresa Pedro Soto Alba Moa Nickel S.A la exploración del grupo de yacimientos La Fangosa (Cupeyal y Montecristo) y entre los años 1996 y 1997 se realizó la exploración del yacimiento Piloto, entre los años 1998 hasta la actualidad se trabaja en la exploración geológica de los Yacimientos Camarioca Norte y Camarioca Sur.

1.6 Geología de la región y características de las lateritas

Los yacimientos que componen la región se desarrollan a partir de las rocas ultra básicas serpentinizadas que integran el cinturón hiperbásico de Cuba, el cual después de varias hipótesis de acuerdo a su origen, se ha considerado, la base de los trabajos de Kinpper, Fonseca, Telepuguin y otros, como una asociación ofiolítica, que tiene una relación puramente tectónica con las demás unidades que la secundan. Se puede dividir en cuatro complejos:

Ultramáfico Serpentinizados

- Cumulativo
- Diques paralelos de diabasas
- Basáltico con rocas vulcanógenas metaforizadas y sedimentos pelágicos asociados.

La complicada estructura interna y el desigual desarrollo son las características fundamentales de esos complejos, así como la gran actividad tectónica que los afecta en forma de grietas tectónicas, que forman brechas y fajas de esquistosidad paralela.

Los yacimientos estudiados se encuentran en la región nororiental de Cuba donde la asociación ofiolítica se considera un manto alóctono de unos 2,500 km² con potencia de 800m a 1000 m , en cuya base afloran las rocas del manto alóctono presentado fundamentalmente por areniscas y conglomerados del cretácico al paleoceno temprano y rocas volcánicas del cretácico, lo que hace pensar que el manto tectónico ofiolítico ocupó su actual posición en el paleoceno; esto se demuestra por la no presencia en las rocas de los contactos de deformaciones producidas por las altas temperaturas en caso de haberse formado en el lugar actual así como por el grado de deformación de las rocas, sobre todo, en la parte cercana a la base del manto. En el bloque oriental esta asociación está representada fundamentalmente solo por tres de los complejos mencionados: el Ultramáfico metamorfizado, el cumulativo y el de diques paralelos de diabasas.

El complejo ultramáfico metamorfizado abarca del 60% al 80% del volumen total la asociación y está representado por Harburguitas, Iherzolitas y en menor grado por Dunitas y Piroxenitas, todas intensamente serpentizadas.

El complejo cumulativo se caracteriza por el vadeamiento de las rocas y está representado por Dunitas, Iherzalitas y Piroxenitas, así como Troctolitas y Gabros.

Los dos complejos anteriores aparecen frecuentemente cortados por grietas rellenas de diabasas, las cuales forman el complejo de diques paralelos que aparecen como cuerpos tabulares con pocos metros de espesor, llegando hasta la cuarentena de metros.

1.7 Minerales Útiles

Antes de iniciar el análisis de las características de los minerales de dicha región es necesario conocer la definición de minerales. El Dr. José Otaño Noguel, del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa (**ISMM**) “Dr. Antonio Núñez Jiménez “, dice textualmente: “Se llama minerales útiles a las sustancias minerales naturales que para

un determinado nivel de la técnica pueden ser utilizados en la economía en su forma natural o después de ser elaborados” (Otaño, 1984: 6-7)

La presencia de rocas ultra básicas en la región determina sus minerales principales. En primer lugar podemos citar las menas de hierro, cobalto y níquel asociadas a la corteza de intemperismo de las rocas ultra básicas.

Los fangos coralinos son utilizados en el proceso industrial de la Empresa Moa Nickel S.A para neutralizar las soluciones después de lixiviar el níquel. Hasta el momento, no se ha podido detectar otros minerales útiles en la región.

1.8 Estructura organizacional de la Subdirección de Mina de la Empresa Pedro Soto Alba Moa Nickel S. A.

Departamento de Geología

Grupo de desarrollo Geológico

Los yacimientos lateríticos de esta concepción minera se encuentran en su totalidad explorados, es decir en estos momentos las redes de perforación de 300x300 metros y 100x100 metros ya no se realizan, por lo que actualmente se trabaja con redes de 33x33 m que se utilizan para calcular la potencia media de explotación así como los demás parámetros tales como: muestras a procesar, muestras para el análisis de sedimentación, los análisis químicos, construcción de caminos y plataformas, estas son las principales tareas del grupo. Es importante señalar que las muestras que se tomaban para el análisis del comportamiento del **Níquel (Ni)**, **Cobalto(Co)**, **Hierro (Fe)** en 1m perforando ahora se hacen para el análisis de todos los elementos hasta los nocivos para el proceso (**Al, Si, Mg, Mn, Cr, Cu, Zinc**) con esto se trata de detallar lo más posible la información geológica, de esta forma, cumplir con las exigencias del proceso, para esto fue necesario utilizar una red auxiliar de 16x16 m, que además se utilizó con el objetivo de determinar con mayor exactitud sobre la distribución de la potencia del escombro y determinar con mayor precisión entre pozos el contacto estéril-mineral, con el objetivo de no empobrecer el mineral por consecuencia de dejar escombro sin extraer.

Para someter a estudio las muestras tomadas, se llevan al laboratorio de preparación de muestras que se encuentran en la mina y se someten a un proceso de secado en un horno a 110°C.

Después de secado el mineral es molido por un molino de disco y quijada tratando de que la muestra quede con una granulometría de 0,83 mm, luego cada muestra es llevada al laboratorio de la fábrica para realizarles los análisis de velocidad de sedimentación, lo que posibilita planificar la dosificación del material que se alimenta, considerando su comportamiento en los procesos posteriores.

Materiales y equipos con los que cuenta el departamento.

En el laboratorio:

- Molino de disco
- Molino de quijada
- Horno

Como estrategia la empresa cuenta con un equipo de perforación para realizar los trabajos auxiliares de exploración. Para el cumplimiento del plan de exploración se contratan los servicios de La Empresa Geólogo Minera de Santiago.

Grupo de control de reservas

Este grupo realiza las siguientes operaciones:

1. Control de reservas geológicas

- Actualización de las bases de datos para cada yacimiento.
- Actualización de los datos procedentes del laboratorio
- Control del embarque del laboratorio
- Entrega de datos actualizados
- Realización del Balance de reservas

2. Confección de planos operativos

- Entrega de reservas al departamento de planificación de Minería
- Actualización del avance de la minería (para geología y planificación).
- Confección de planos para desarrollo geológico

3. Cálculo y análisis del agotamiento geológico

- Información primaria topográfica
- Introducción de información no actualizada al sistema
- Cálculo del agotamiento por el sistema minero, análisis de pérdidas
- Colaboración en informes del agotamiento

4. Plan operativo del mes

- Entrega de información geológica
- Confección de planes de minería
- Actualización de información geológica

5. Plan de minería Trimestral

- Entrega de información al departamento de Planificación
- Confección de planes de minería

6. Otras tareas diarias

- Reportes diarios
- Trabajos no planificados

Como herramienta para los cálculos de los parámetros mencionados anteriormente se utiliza el **Software** Sistema Integral Minero que posibilita:

- Control de base de datos
- Creación de modelos de bloques
- Cálculo de reservas.
- Cálculo de volumen de depósito mineral
- Cálculo de escombrera
- Cálculo de volumen, peso y calidad del mineral
- Herramientas que facilitan la planificación
- Cálculo de pérdidas

- Cierre de Minas.

Grupo de control geológico de la calidad.

La tarea fundamental del grupo es encontrar que la calidad planificada en el plan diario se cumpla, esto se logra haciendo muestreos de mezclas minerales en los frentes de trabajo para analizar los siguientes elementos: **Ni, Co, Fe, Mg, Mn**. También cada cuatro horas se toman muestras en los camiones cargados de mineral. En el caso de los rígidos que son de más capacidad se toman tres muestras en tres puntos de la carga al frente, en el medio y atrás. En el caso de los camiones articulados se toman dos muestras, al frente y atrás porque son de menos capacidad. Como la extracción se realiza en dos yacimientos, diferentes se crearon dos puntos de control de muestras. Este muestreo con intervalo de cuatro horas también se realiza en la salida del proceso. El trabajo con los camiones lo hace un personal de la empresa Camarioca a la cual le fue contratado el servicio.

1.9 Departamento de Planificación e Ingeniería

Grupo de Planificación e Ingeniería

Dentro de sus tareas fundamentales se encuentran:

La planificación de la Minería, esta planificación se subdivide de dos formas:

- **Táctica a corto plazo:** Planifica diario, Decenal, Mensual, y Trimestral, incluyendo volumen de mineral, la calidad, equipamiento minero necesario, movimiento de reservas de los depósitos y control de la minería.
- **Estrategia a largo plazo:** Planifica para un año, para 5 años y para 20 años, incluye volumen de mineral, la calidad y equipamiento minero necesario.

En el caso de ingeniería su función fundamental radica en diseñar:

- Caminos y alcantarillas
- Escombreras
- Depósito de Mineral.
- Diseño de piscinas para el control de la erosión y sedimentos.

- Como herramientas que posibilitan los trabajos mencionados utilizan los siguientes Software:
- Sistema IntegralMinero, antes mencionados
- Surpac
- Cartomap.
- Surfer.

Grupo de topografía

Este grupo para el trabajo de campo consta de tres brigadas. Sus principales tareas son el suministro de la información topográfica para el control de la minería y escombreo, aquí incluye la confección de los bancos y bloques, ubicación de los pozos para el desarrollo geológico, además el replanteo de caminos, diques de piscinas de sedimentación y escombreras.

1.10 Departamento de operaciones

Este departamento ejecuta todos los trabajos proyectados por la planificación para esto cuenta con dos supervisores uno en el yacimiento Moa Oriental y el otro yacimiento Moa Occidental y para los trabajos de construcción y mantenimiento de caminos tiene una brigada de trabajos auxiliares.

Tareas fundamentales del departamento:

- Asegurar operaciones eficientes y seguras en el cumplimiento de la producción.
- Realizar de forma efectiva los trabajos de desarrollo minero, extracción y transporte de mineral, así como los trabajos de construcción y mantenimientos de caminos.
- Asegura el cumplimiento operacional de la mina con los planes de minería a corto plazo.
- Asegura el cumplimiento operacional de la mina con el control de la calidad establecida por las superintendencias de Geología y de Planificación.
- Asegurar con la superintendencia de Mantenimiento Mina la máxima disponibilidad del equipamiento y su máxima utilización.

- Cumplir con los estándares de producción establecidos por la dirección.

1.11 Revisión Bibliográfica

El trabajo de diploma de Enrique Torres Rodríguez el cual lleva por título: Análisis técnico-estadístico del comportamiento de los camiones rígidos y articulados en la mina de La Empresa Comandante Pedro Sotillo Alba realizado en el año 2001 fue de utilidad para poder realizar el análisis comparativo entre los camiones articulados Volvo A40D y los Bell B50D, se tomó como base los principales factores que influyeron en la efectividad de su explotación. Además sirvió para poder calcular los índices técnicos fundamentales de los camiones, que enriqueció la información sobre su explotación en los yacimientos lateríticos de dicha mina, además permitió demostrar de manera representativa el comportamiento de los mismos

La tesis presentada en opción al Título de Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos de Luis Guillermo Rabalero Fernández realizada en el año 2004, fue de gran ayuda, ya que el mismo sirvió para evaluar oportunamente el estado de la técnica de transporte estableciendo las premisas para la toma de decisiones, en pos de mantener los niveles productivos de la empresa de metales y sus planes anuales. Además este trabajo permitió conocer como se establece el momento más adecuado para la toma de decisiones en el mejoramiento de los parámetros de explotación de los equipos de transporte utilizando como indicadores básicos los gastos de mantenimiento y la disponibilidad del parque, mostrados en sus respectivas curvas de vida.

El informe de las prácticas laborales investigativa de las estudiantes de minería Leidanis Lamorú Sánchez y Caridad María Multan Anaya trata sobre la evaluación del ciclo de trabajo de los equipos de transporte de la Mina PSA, ayudó a formar la base de datos para el análisis de los camiones ya que en este trabajo se encontraban los ciclos del camión articulado Volvo A40D.

El informe de las prácticas investigativas realizadas en el año 2010 titulado, Características generales de las principales actividades geólogo-mineras en la Empresa Pedro Sotillo Alba, fue útil para poder describir las características del área de estudio.

Otro trabajo que fue de vital importancia fue el realizado por Solange Alos Quintero el cual trata sobre el análisis técnico-económico del comportamiento de los camiones rígidos y articulados en la mina de la empresa Pedro Sotto Alba, el formo parte de los trabajos de base para poder determinar los parámetros técnico de los camiones Volvo A40D y los Bell B50D.

CAPÍTULO 2 SISTEMA DE EXPLOTACIÓN, PROCESO TECNOLÓGICO Y SITUACIÓN ACTUAL DE LA MINA PEDRO SOTTO ALBA MOA NICKEL S.A.

2.1 Sistema de explotación

En la actualidad, la mina emplea el sistema de explotación a cielo abierto mediante el uso de medio de transporte automotor. El método de explotación de las operaciones básicas es por medio de bancos múltiples con la exposición simultánea de varios frentes. El escombros¹ y el mineral útil son extraídos con retroexcavadoras y la transportación se realiza por medio de camiones articulados Volvos A40D hacia el lugar de destino que son: las escombreras², el punto de alimentación en Planta de pulpa y los depósitos de mineral respectivamente. En el apoyo a la minería se emplea básicamente cargadores frontales y buldóceres que se encargan de sostener el buen estado de los frentes de minería y abastecer la planta de pulpa en los momentos requeridos.

Para la planificación y explotación óptima de los recursos minerales, se tiene en cuenta:

- La evaluación integral de las reservas en los frentes de minería.
- La cantidad de las vías y accesos fundamentales a construir.
- La programación adecuada acorde a la calidad del mineral y origen - destino del mineral a extraer.

2.2 Proceso Tecnológico de la Mina

Las reservas minerales ferro-niquelíferas de la concepción minera de la empresa Comandante. Pedro Soto Alba de Moa son extraídas mediante el método de explotación a cielo abierto. Mediante esta variante de explotación también son extraídas las reservas de los yacimientos abastecedores de materia prima a las empresas Comandante. Che Guevara y Comandante. René Ramos Latour de Moa y Nicaro respectivamente.

¹ Escombros: extracción del mineral estéril (Contenido de Ni < 1%).

² Escombreras: depósito de mineral estéril.

En esta empresa para los yacimientos en explotación el equipamiento que se empleará es el siguiente: retroexcavadora **Liebherr R-984C**, camión articulado **Volvo A40D**, cargador frontal **KOMATSU WA600**, buldócer **KOMATSU D85EX-15**, motoniveladora **KOMATSU**, compactador “**Boma G**” y pipas de agua. **Ver anexo 2**

A continuación, se expone la secuencia de las labores mineras que componen la cadena productiva donde se efectuaron las investigaciones en cada uno de los procesos.

Las principales operaciones del proceso productivo son:

- Desbroce.
- Escombreo y formación de escombreras.
- Construcción y mantenimiento de caminos.
- Extracción y carga.
- Transporte.
- Almacenamiento.
- Rehabilitación.

Entre las operaciones auxiliares se tienen la construcción y el mantenimiento de los caminos.

2.2.1. Descripción de los Proceso Tecnológico de la Mina

A continuación se hace una breve descripción de los procesos tecnológicos y la forma en que se realizan en cada uno de los métodos en estudio.

Desbroce

Esta actividad consiste en arrancar y eliminar toda la superficie vegetal y maleza que cubren la capa ferruginosa, facilitando posteriormente los trabajos de escombreo. En los yacimientos lateríticos esta vegetación está representada por Pino Cúbense o Pino Mayarí por varios arbustos o hierbas que ocupan el espacio disponible entre los Pinos.

Conjuntamente con el desbroce se realiza el arranque de la materia orgánica que se ubica en el depósito construido con este fin, cumpliendo con la legislación ambiental, para luego ser utilizado en las últimas fases de rehabilitación de zonas.

El desbroce se realiza con buldócer que apilan las mezclas en lugares donde no pueden obstruir los trabajos de escombreo, construcciones de caminos, etc. Esta operación se lleva a cabo con ciertos desfase con respecto a la minería.

Esta operación se lleva a cabo con un buldócer **Komatsu 56D 125 E-2**.

Escombreo y conformación de Escombreras

Escombreo

La labor de escombreo consiste en remover el mineral pobre en níquel que generalmente está presente en la zona superior del yacimiento, la cual se considera terminada cuando se llega a la cota del techo mineral. En las minas de Moa Nickel esta operación se ejecuta con el método de explotación por bancos utilizando retroexcavadoras, y camiones articulados en la transportación. En el apoyo a la actividad se emplean buldóceres que se encargan de sostener el buen estado de los frentes y la conformación de las escombreras. En el escombreo por lo general se planifica el adelanto de reservas destapadas, que en nuestro caso es de 3 meses como mínimo.

Con este método el contacto escombros-mineral se define a través del modelo de bloques de 8x8x3 m, el cual permite cuantificar e identificar los bloques que son de escombros y los de minerales. Para efectuar esta operación minera se replantean todos los bloques con estacas en cada esquina de los mismos, indicando con una cinta roja los bloques de escombros.

El control geológico es fácil y la operación es bastante práctica y sencilla; solo se necesita disponer de los planos para efectuar el replanteo e identificar en el campo los bloques de escombros.

Construcción de escombreras

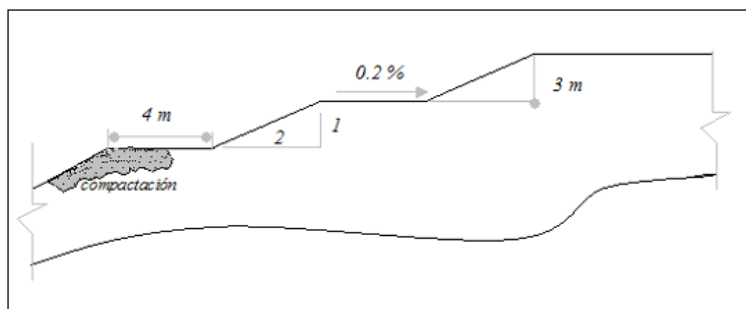
El diseño de escombrera se realiza según tecnología recomendada por la firma de consultoría Kinght Piésold.

Parámetros para la escombrera:

- Altura del banco o capa (3m)
- Talud con pendiente (2:1=26.6°)
- Bermas de 4m entre el borde superior de cada capa y con una pendiente hacia el interior de 0.2%.

Las escombreras interiores forman parte de lo que es la rehabilitación de las áreas minadas, y se forman de manera similar que las exteriores, pero al final la superficie debe adoptar una forma muy parecida a la de la superficie del terreno original.

Fig. 1 Esquema para la construcción de escombreras.



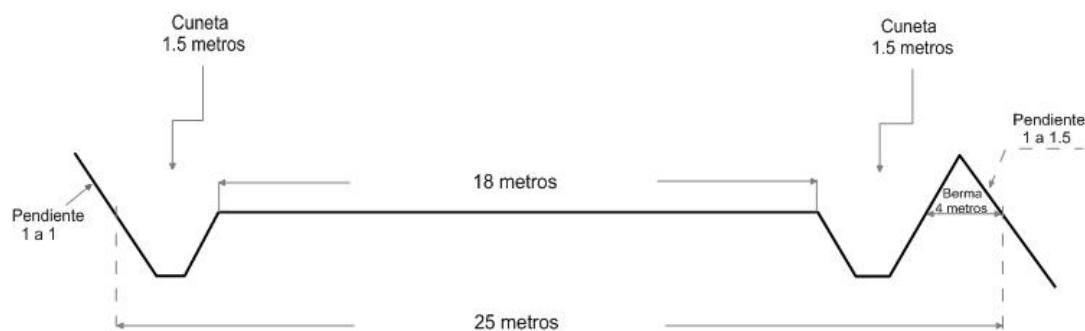
Construcción y mantenimiento de caminos.

El diseño de las vías de transporte debe ser tal que las unidades de transporte que se utilicen se muevan sin perder el ritmo de la operación en cuestiones seguras.

- Firme.
- Pendiente
- Ancho de la vía
- Curva: radios, perales y sobre ancho
- Visibilidad en curvas
- Convexidad o bombeo

Los primeros parámetros tienen que ver básicamente con el costo de transporte, pero también con la seguridad. La determinación de la pendiente óptima de una vía se realiza a partir de las curvas características de los vehículos, que considera la velocidad y capacidad del frenado. Los mejores rendimientos y costos conjuntamente con las condiciones de seguridad adecuadas, se obtienen con pendientes menores o iguales a 8%, con una resistencia a la rodadura normal.

Fig. 2 Esquema de la sección típica para la construcción de caminos



Extracción y Transporte

Esta actividad consiste en extraer el mineral útil para su posterior transportación a la Planta de Pulpa o a los depósitos. La operación de extracción se realiza empleando el método de explotación por bancos múltiples por la horizontal. El objetivo fundamental de la actividad es garantizar un suministro de mineral estable a la planta de proceso y para ello se utilizan retroexcavadoras marca Liebherr R-984C en los frentes de minería, y en el apoyo a la minería desde los depósitos cargadores frontales marca Komatsu WA-600, de forma auxiliar se utilizan buldóceres que se encargan de preparar las plataformas de carga de todos los frentes de trabajo.

La carga de los camiones con la retroexcavadoras se realiza al nivel inferior con un talud de explotación de 85° a 90° con respecto al punto de extracción, lo que permite una disminución sensible en la duración del ciclo de trabajo de ambos equipos y su operación se hace menos compleja. En períodos de lluvia y durante la apertura de un nuevo frente se realiza a nivel de plataforma. Cuando la carga se realiza desde el banco superior, el ancho mínimo de la plataforma de trabajo es de 12 m, cuando la carga se realiza al mismo nivel de ubicación de la retroexcavadora y el camión tiene que retornar a la misma vía para regresar el ancho mínimo es de 16 m. Mediante la utilización del método de explotación por bancos la retroexcavadora ofrece muchas ventajas, la más significativa es la de poder moverse fácilmente y sin muchos requerimientos, lo cual permite que se trabaje simultáneamente en varios frentes expuestos.

Para la operación de transporte se utilizan camiones articulados marca Volvo A40D. Su función es transportar todo el mineral hacia la planta de pulpa o a los depósitos de mineral.

Almacenamiento

Para garantizar la alimentación a la planta de preparación mecánica en el periodo invernal se depositará un 10% del mineral extraído durante el día operacional según el Plan de Extracción, obteniendo un acumulado de mineral que garantice la alimentación en un período de 30 días operacionales con una calidad aleatoria, según los contenidos planificados en cada Plan de extracción. El mineral que se deposita se mezclará para obtener características favorables que permitan en su momento satisfacer la necesidad de la planta de pulpa. Para ello cuenta con buldóceres, retroexcavadoras y camiones Volvo A40D.

Rehabilitación

Para la rehabilitación de los terrenos degradados por la minería se utilizan dos etapas:

1. Rehabilitación técnica
2. Rehabilitación Biológica

1. Rehabilitación técnica

Para la ejecución de la preparación Técnica del terreno se ha partido del estudio de las características del mineral, así como los factores climáticos y ambientales para lograr una mayor eficiencia en los resultados que se obtengan.

Se realizan varios métodos, entre las cuales se encuentran:

- a. La modelación del terreno
- b. La conformación de terrazas

Modelación del terreno

La modelación del terreno consiste en unificar la superficie irregular con el empleo de buldócer, vertiendo el material rocoso que aparece en montículos (escombreras) en las depresiones que existan. Se trazan caminos secundarios cada 50m con el objetivo de

tener acceso a la zona y poder realizar las labores de mantenimiento de las áreas después de plantadas.

Este método se aplica cuando el terreno posee pocos desniveles en su superficie, lo que permite preparar el terreno con menos movimientos de material y teniendo en cuenta que la pendiente promedio del área no supere la velocidad crítica de la erosión.

Finalmente se subsolará el material con el objetivo de que al remover los horizontes se disminuya la densidad que produce la compactación provocada por el movimiento de los equipos, favoreciendo así el enraizamiento de las plantas, y aumenta el movimiento del oxígeno y del agua dentro del suelo.

Conformación de terrazas

Las terrazas se realizan en las cotas más altas de la zona (Pendientes entre 15% y 75%) con el doble objetivo de evitar la erosión y convertirla en un área productiva. Haciendo variable su corte o talud. La plataforma tiene una inclinación hacia el talud del 5%, para formar un canal colector de las aguas de escurrimiento que corren longitudinalmente a lo largo del mismo, con plataformas de un ancho de 4 m para que tenga buena maniobrabilidad el equipo y una eficaz revegetación.

Para la realización de esta etapa se siguen los siguientes aspectos:

- Replanteo de terrazas.
- Corte y perfilado de terrazas.
- Construcción de trincheras de acceso.
- Subsulado de las terrazas.

Al tener en cuenta estos trabajos de preparación del terreno se logran los siguientes objetivos:

- Proporcionar un buen drenaje.
- Descompactar el medio donde se instaurará la vegetación para permitir un correcto desarrollo del sistema radicular de las plantas.
- Integrar la morfología del terreno con el paisaje circundante.

2. Rehabilitación Biológica

Es el conjunto de labores que garantizan el restablecimiento de la flora en las áreas minadas. Las especies se seleccionan considerando las características del suelo y el

entorno donde se realizará la plantación, además se deben considerar la resistencia de las plantas a los ataques de los insectos, facilidades para la adquisición de las semillas, adaptación a los cambios, entre otras. En el caso nuestro las especies están recogidas en las licencias ambientales emitidas por el CICA.

Al realizar la recultivación biológica se logran los siguientes objetivos:

- Reducir o eliminar la acidez o alcalinidad así como la presencia de elementos tóxicos.
- Aumentar el suministro de nutrientes esenciales para las plantas.
- Cambiar el impacto visual y paisajístico.
- Mitigar la erosión.
- Favorecer el retorno de la fauna local.

Resultados alcanzados con la aplicación de estos trabajos

- Se atenúa el impacto paisajístico existente.
- Se observa una disminución considerable de la erosión en los taludes al ser cubiertos por una capa herbácea.
- Se ha obtenido un índice de supervivencia superior al 95 % en las especies plantadas, excepto en el área bajo el efecto directo de los gases residuales del proceso metalúrgico. (Area9 del yacimiento Zona A).
- Se mejoran las propiedades físico-químicas de los suelos para favorecer el establecimiento de la vegetación en el área.
- Se ha logrado la restauración sucesional del paisaje natural de la zona que fue sometida a cambios por el impacto de la actividad minera.
- Regreso parcial de la fauna local, tales como, aves, reptiles y algunos insectos.
- Las especies plantadas poseen un buen crecimiento.
- El control de la erosión hídrica y eólica ha mejorado considerablemente por el empleo de gramíneas y yerbas de rápido crecimiento que disminuyen la erosión del suelo.

2.3. Situación actual de la Mina Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.

En la actualidad se encuentra en explotación el yacimiento de Moa Occidental (Zona A) con una participación del 30 % del plan del año a una distancia de trasportación de 2.5 km y el Yacimiento de Moa Oriental con una participación del 70 % a una distancia de trasportación promedio de 7.5 km.

A consecuencia del incremento de la distancia de trasportación del mineral útil que se alimenta a la planta de preparación mecánica surge la necesidad de evaluar el cambio de tecnología de trasportación de camiones Volvo A40D a camiones Bell B50D, en pos de garantizar los niveles de producción con la calidad requerida y estabilidad necesaria para mantener los logros alcanzados por la planta de procesamiento.

Áreas del Yacimiento Moa Occidental planificadas para la explotación en el año 2010.

A las áreas planificadas a minar para el 2010 pertenece el área **1**, que corresponde al Dominio geológico **1**, este dominio se encuentra en la parte suroeste del yacimiento a 1.2 km de la planta de preparación mecánica, el mismo se encuentra limitado hacia la parte Sur - por la minería realizada en años anteriores por la compañía América Moa Bay, por lo que se puede catalogar como una zona remanente de minería del antiguo yacimiento Zona B, ubicado en la zona de transición del yacimiento Zona A hacia el yacimiento Zona B, esta situación determina la continuidad zonal de mineralización hacia la parte Sur, por lo que puede considerarse una mineralización independiente.

Además en el sector se puede observar una escombrera que afecta la influencia de algunos pozos, las características macroscópicas muestran un material limonítico típico con un desarrollo de todos los horizontes del perfil lateríticos.

Presenta buenas condiciones desde el punto de vista hidrogeológico y tectónico, se caracteriza por contenidos promedios de 1.25 % Ni casi en su totalidad de mineral útil.

La distribución del % Fe, se caracteriza por tener los contenidos promedios de 41 % Fe, en toda su área. La potencia de mineral útil es de 4 m siendo distribuida en toda su extensión del dominio.

Al Dominio **4** pertenece el área **8** a 2.6 km de de la planta de preparación mecánica, este dominio se encuentra ubicado en la porción Sur – Oeste del yacimiento. La

potencia del mineral útil está entre 3 metros a 5 metros en casi toda el área del dominio. Los valores más altos en el contenido de níquel en el material limonítico están distribuidos hacia la parte Este, llegando a alcanzar valores de hasta 1.55 %, relacionados con las bajas potencias que existe en esta zona. Los contenidos de hierro que predominan en este dominio oscilan entre 44 % y 47 %, observándose los valores más bajos hacia la parte Noroeste. Los contenidos de cobalto oscilan entre los valores 0.090 % y 0.140 %, exceptuando una zona al Noreste que presenta valores que oscilan entre 0.140 % y 0.170 %.

También se planifican área **12** y **13** Sur ubicadas a 3.6 km de la planta de preparación mecánica, pertenecientes al Dominio **7** que se extienden desde el centro hacia el Sur Este del yacimiento. Se encuentran limitados al Noroeste por el dominio 6 y por el Sur Oeste por el tendido de líneas eléctricas de 110 Kv y el dominio 5, al Noreste está limitado por los dominios 6, 8 y 9. Además en el centro está afectado por operaciones de la minería, luego de las cuales ya se han realizado varias escombreras.

La potencia de mineral útil de este dominio está entre 5 m y 10 m, encontrándose al Sureste zonas con potencias mayores de 10 m. La potencia total en casi todo el dominio está por encima de 15 m disminuyendo gradualmente hacia los valles de los afluentes.

Los valores de los contenidos de níquel en el material limonítico que aparecen, varían gradualmente de 1.25 % a 1.50 % predominando estos últimos hacia la parte centro. Los contenidos de hierro predominantes en este dominio oscilan entre 44 % y 47 %, aunque aparecen pozos aislado con valores mayores de 47 % en la porción Norte Este. En este el dominio en la parte Sur este predominan los menores valores de cobalto y oscilan de 0.090 % a 0.140 % y aumentan gradualmente hacia el Noroeste alcanzando valores por encima de 0.150 % de cobalto.

Áreas del Yacimiento Moa Oriental planificadas para la explotación en el año 2010

A las áreas planificadas a minar en este año pertenecen las áreas 24, y 30 ubicadas a 6.6 km y 7.7 km respectivamente de la planta de preparación mecánica, ambas pertenecientes al dominio 5, que forma la parte más oriental del yacimiento, limitando con el río “Los Lirios”. Presentan una forma alargada en dirección norte-sur. Las

mayores concentraciones de Ni se encuentran en la zona oeste, siendo las más bajas en el este, en los límites con el río “Los Lirios”.

Promedia una baja ley de Fe a lo largo de la porción oeste, parte norte y suroeste. Hacia el este predominan leyes más altas, buscando el límite del río “Los Lirios”.

En general hay predominio de valores altos de Co, en la parte central del dominio, en dirección norte-sur, mientras que hay dos zonas de bajos valores de Co hacia el este y norte; la primera tiene dirección norte-sur y limita con el río “Los Lirios”, y la norte, que es más pequeña, tiene dirección noroeste-sureste. La potencia de mineral útil es de 6 metros, siendo distribuida en toda su extensión del dominio, así como un promedio de espesor de escombros de 3 metros.

Área **31** ubicada a 8.3 km de la planta de preparación mecánica, perteneciente al dominio 6 que forma la parte central y una parte del límite sur del yacimiento, tiene una zona de alto contenido de Ni, aproximadamente en su parte centro oeste y otra zona más pequeña, en su límite este con el dominio 5. En su porción sur predominan bajas leyes de Ni, y una parte pequeña con leyes bajas en la porción norte.

De la parte central del dominio hacia el sureste predominan valores altos de Co, mientras que los valores bajos predominan a lo largo de toda la zona oeste del dominio, siguiendo una dirección algo inclinada noroeste – sureste. La potencia de mineral útil es de 7 m siendo distribuida en toda su extensión del dominio, así como un promedio de espesor de escombros de 6 m.

CAPÍTULO 3 COMPARACIÓN TÉCNICO – PRODUCTIVA ENTRE LOS CAMIONES ARTICULADOS VOLVO A40D Y LOS CAMIONES BELL B50D

Para el análisis comparativo se hizo necesario el estudio de determinados factores que influyen en la efectividad de la explotación del transporte automotor utilizándose criterios de expertos, observaciones directas y procesamiento de los datos obtenidos en el monitoreo de los camiones Volvo A40D y Bell B50D.

El objetivo de este capítulo es determinar los índices técnicos productivos para la explotación de los camiones Volvo A40D y Bell B50D en diferentes áreas de la mina perteneciente a la empresa Moa Nickel S.A. Para estos cálculos se realizaron trabajos de nominación, en los diferentes turnos lográndose más de 222 observaciones de los diferentes frentes de trabajo e indicadores técnico: Tiempo de carga, tiempo de maniobra, tiempo de viaje cargado, tiempo de descarga, tiempo de viaje vacío. Se tuvo en cuenta además las características del equipo de carga (Retroexcavadora LIEBHERR 984C), condiciones minero técnicas de la zona, condiciones climáticas, horario de trabajo, experiencia del operador. Debido al gran número de observaciones realizadas, se considera que existe gran confiabilidad en los resultados obtenidos.

Primeramente se determinaron los índices técnicos productivos del equipo de carga (retroexcavadora LIEBHERR 984C), utilizando para ello la siguiente información:

- Organización de las operaciones mineras.
- Propiedades del Material a extraer.
- Características técnicas de la retroexcavadora LIEBHERR 984C.
- Factores de eficiencia y disponibilidad.

3.1 Características técnicas de la retroexcavadora LIEBHERR 984C y cálculo de productividad.

Características técnicas de la retroexcavadora LIEBHERR 984C

- Excavadora con sistema Litronic
- Peso de la máquina 110 t.

- Motor Cummins QSK.- 19 C 750, 6 cilindros, inyección directa.
- Potencia 478 Kw.(649 Hp) a 1800 r.p.m.
- Longitud del Boom 7.80 metros.
- Alcance máximo 9 metros.
- Capacidad del cubo 6 m³
- Presión específica 1.33 Kg/cm²
- Ancho de las orugas 800 mm.

Cálculos de la productividad de la retroexcavadora LIEBHERR 984C

La productividad teórica de los equipos de excavación de acción cíclica se determina utilizando la siguiente expresión:

$$Qt = E n = \left(\frac{3600}{t_c} \right) E$$

Donde:

E – volumen nominal del órgano de excavación, m³;

n – cantidad de veces que descarga este órgano en una hora.

t_c - duración del ciclo teórico de excavación.

La productividad de explotación de las retroexcavadoras se establece de la siguiente manera:

$$Q_e = \frac{3600 K_{ll} K_u \gamma}{t_c K_e} E, t/h$$

Donde:

K_{ll} – coeficiente de llenado del cubo de la excavadora, para este caso K_{ll}= 0.95

K_u – coeficiente de utilización de la jornada laboral, K_u = 0.85

γ - masa volumétrica del mineral, γ=1.12 t/m³

K_e – coeficiente de esponjamiento del mineral, K_e =1.37

Los resultados obtenidos se muestran en el Anexo 3.

3.2 Características técnicas de los camiones Volvo A40D y de los camiones Bell B50D

Características de los Volvo A40D

- Sistema de frenos: hidráulicos múltiples encapsulados y refrigeración de aceite forzado. Refrigeración de frenos separado para cada eje, cumple las disposiciones de las normas ISO 3450 y SAE J1473 para el peso total.
- Frenos de servicio: Frenos multidisco húmedos en todas las ruedas, un circuito para el eje delantero, y uno para los ejes bogie.
- Frenos de estacionamientos: De disco sobre el árbol de transmisión, de aplicación por resorte y desaplicación neumática. Está diseñado para retener el vehículo cargado en pendientes de hasta el 18%. Cuando se aplica el frente estacionamiento, se bloquea el diferencial longitudinal.
- Retardador: hidráulico, infinitamente variable, integrado en la transmisión y el VEB.
- Frenos de escape VEB: (Volvo Engine Brake): Estándar. Aplicaciones seleccionables por el conductor junto con los frenos de servicio o al soltar el acelerador. Siempre está aplicado junto con el retardador.
- **Sistema hidráulico:** Bombas de embolo de caudal variable, con sensor de carga que solo consumen potencia cuando es necesario. Siete bombas accionadas por el motor, montadas en la toma de fuerza del volante. Una bomba de embolo dependiente del terreno para conducción secundaria, montada en la caja de cambio de servicio. La cabina Volvo diseñada para gran visibilidad del conductor, ergonomía y confort. Ancha apertura de puerta sin umbral, con escalón ergonómico. Con amortiguadores de vibraciones de goma. Volante inclinable / telescópico. Con soporte de techo para radio y almacenaje. Sistema de comunicación del conductor, montado en panel de instrumentos. Caja guarda objetos.

- **Sistema de dirección:** Dirección hidromecánica articulada, auto compensador, para un transporte seguro y preciso a alta velocidad. Dirección de respuesta rápida con poco esfuerzo y sólo 3,4 giros de volante entre topes para la maniobra a baja velocidad.

Cilindros: Dos cilindros de dirección de doble efecto.

Dirección secundaria: Cumple la norma ISO 5010.

Ángulo de dirección: $\pm 45^\circ$

- **Sistema de suspensión:** De 3 puntos totalmente libre de mantenimiento, exclusivo de Volvo. Los ejes están suspendidos en tres puntos que permite el movimiento independiente necesario en terreno accidentado. Eje delantero: Un muelle de goma con amortiguación inferior en cada lado. Estabilizador. Tres amortiguadores en cada lado. Bogie: todo terreno, exclusivo de Volvo, que permite las oscilaciones individuales entre los ejes. El gran desplazamiento del eje mantiene nivelada la caja, reteniendo así la carga.
- **Servicio:** El sistema de información computarizado supervisa todos los niveles de fluidos, minimizando los tiempos de servicio diario y semanal. Una pantalla en el panel de instrumentos indica al conductor el tiempo hasta el servicio siguiente y el estado de los sistemas vitales del vehículo. Accesibilidad para el servicio: Parrilla frontal plegable con escalera de acceso al banco de filtros remoto, situado frente al motor. Capó de gran tamaño con abertura de 90° para acceso total al motor. Mangueras de drenaje remoto y radiador giratorio para facilitar la limpieza.
- **Cabina:** Cabina Volvo diseñada para gran visibilidad del conductor, ergonomía y confort. Ancha abertura de puerta sin umbral, con escalón ergonómico. Con amortiguadores de vibraciones de goma. Volante inclinable telescópico. Consola de techo para radio y almacenaje. Sistema de comunicación del conductor, montado en el panel de instrumentos. Cajas guarda objetos.
- **Homologaciones:** Probada y homologada según ROPS/FOPS. Normas ISO 3471, SAE J1040 / ISO 3449, SAE J231.

- **Calefacción:** Aire fresco filtrado, ventilador de cuatro velocidades y presurización para mantener un entorno de trabajo limpio. Salidas de aire multinivel.
- **Asiento del conductor:** Asiento con suspensión neumática ajustable y tapizado ignífugo. Cinturón de seguridad retráctil.
- **Asiento del instructor:** De serie, con cinturón de seguridad y respaldo.
Salidas. 2
Nivel acústico interior, ISO 6394. . . . 72 dB (A)
Velocidad máxima. 76 dB (A)
- **Caja:** De acero templado y revenido con alta resistencia a los impactos. Con el motor en marcha se aplica el freno de servicio de los ejes bogie y se pone la caja de cambios en neutra.
- **Cilindros:** Dos cilindros de doble efecto.
- **Basculación:** Ángulo de basculación 70°, tiempo de basculación con carga. 12 s, tiempo de descenso 10 s.
- **Sistema eléctrico:** Todos los cables, enchufes y terminales están identificados. Los cables están encapsulados en conductos de plástico y fijados en el bastidor principal. Lámparas halógenas. Cableado preparado para opciones. Los conectores cumplen la norma IP67 relativa a hermeticidad, según necesidad.
 - Tensión. 24 V
 - Capacidad de las baterías. 2x170 Ah
 - Potencia del generador. 1,54 Kw. **55 A**
 - Potencia del motor de arranque. . . . 7,2 Kw. **9,6 hp**

En la tabla 1 se muestran las características técnicas del camión Volvo A40D de catalogo, las que nos sirvieron para los cálculos realizados.

Tabla 1 Características técnicas del Volvo A40D

Especificaciones	Volvo A40D	
Motor	Volvo D16E AAE3*/ABE3**	
Potencia máxima a	30 r/s	1 800 rpm
SAE J1349 bruta	350 Kw.	476 CV
Potencia al volante	309 Kw	1 800 rpm
Marca de Transmisión	Volvo	
Máx. Velocidad	55 Km./h	
Máx. Velocidad Retroceso	18 Km./h	
Tipo de caja de Reenvío	Volvo	
Capacidad de carga nominal	40 ton	
Cáp. volumétrico colmada	30 m3	
Cáp. volumétrica real esponjado	28.5 m3	
Peso neto	40.7 ton	
Peso bruto	63.2 ton	

En el anexo 4 se puede observar las dimensiones del los camiones Volvos A40D.

Características de los Bell B50D

- **Sistema de frenos:** Doble circuito, frenos multidisco sumergido en aceite hidráulico en los tres ejes. Frenos de servicio de disco montado en la transmisión, accionados por resortes y liberados por aire.
- **Sistema hidráulico:** Sistema completo de detección de carga que asiste de forma prioritaria las funciones de dirección, inclinación de la caja, suspensión y freno. El sistema principal integra una bomba de dirección de emergencia con detección tipo carga. Aplicada a la dirección, inclinación y carga de frenos hidráulicos suspensión y refrigerador de ventilación.
- **Sistema de dirección:** Hidrostático con sistema accionado por dos cilindros de doble acción con bomba de dirección de emergencias sin ruedas.
- **Angulo:** $\pm 42^\circ$
- **Giros de tope a tope:** 4,2

- **Sistema de suspensión:** Suspensión delantera: Brazo delanteros semi independientes con amortiguadores de nitrógeno/aceite. Suspensión trasera: Puentes oscilantes que reparten la carga sobre cada eje de bloque de suspensión laminados. Cada eje se sujeta de chasis por medio de un sistema Tri-Link de tres conexiones con rótula de caucho que permite un movimiento vertical idóneo y una conexión transversal que limita los movimientos laterales.
- **Transmisión:** Transmisión planetaria totalmente automática con retardador integrado.
 - Disposición: Montaje en el motor con salida trasera
 - Disposición de engranaje: Engranaje planetario constante accionados por embrague.
 - Marchas: 6 adelantes y 1 atrás.
 - Tipos de embrague: Multidisco hidráulico
 - Tipo de control: Electrónico.
 - Convertidor de par: Hidrodinámicos con bloques en todas las marchas.
- **Caja:** Dos cilindros volquete de doble acción y de una sola etapa.
 - Tiempo de elevación: 11.2 segundos. (ángulo de inclinación de 60°)
 - Tiempo de descenso: 25.2 segundos ángulo de inclinación de 60°
 - Ángulo de inclinación: 70° estándar programable a cualquier ángulo inferior.
- **Sistema eléctrico:**
 - Tensión: 24v
 - Tipo de baterías: Dos baterías estancas sin movimiento
 - Capacidad de la batería: 2 x 105 Ah (opción de 2 baterías adicionales)
- **Sistema de retardador:** freno de motor: Freno de escape automático y freno de válvulas del motor (EVB), con una potencia de retardación máxima: 340 Kw (456 hp). El retardador de transmisión, hidrodinámico integrado dependiente de la velocidad de salida, tiene seis niveles programables de retardación.

En la tabla 1 se muestran las características técnicas del camión Volvo A40D de catalogo, las que nos sirvieron para los cálculos realizados.

Tabla 2 Características técnicas del Bell A50D

Especificaciones	Bell 50D	
Motor	MERSEDES BENZ OM502LA.*E2/1-00**	
Potencia máxima a	30 r/s	1 800 rpm
SAE J1349 bruta	390 Kw	523CV
Potencia al volante	382 Kw.	1 800 rpm
Marca de Transmisión	Allison	
Máx. Velocidad	48.2 Km./h	
Máx. Velocidad Retroceso	5.7 Km./h	
Tipo de caja de Reenvío	BELL	
Capacidad de carga nominal	50 ton	
Cáp. volumétrica colmada	34,5 m3	
Cáp. volumétrica real esponjado	34.2 m3.	
Peso neto	30 ton	
Peso bruto	56.9 ton	

En el anexo 5 se puede observar las dimensiones del los camiones Bell B50D.

3.3 Cálculos de los indicadores técnicos de los camiones para cada área de estudio.

Para los cálculos de explotación se establecen los parámetros técnicos, tecnológicos y organizativos racionales del transporte automotor para las condiciones de excavación-carga reales.

- Tiempo de ciclo del camión:

El ciclo de trabajo de los camiones incluye las operaciones de carga, recorrido cargado, muestreo, descarga, limpieza de la cama del camión, regreso al punto de carga y las maniobras entre operaciones. La duración de cada una de estas operaciones se establece basada en los resultados obtenidos durante la nominación realizada en los diferentes turnos de trabajo en las distintas áreas de la mina.

$$T_{cc} = t_{carga} + t_{descarga} + t_m + t_{rc} + t_{rv} + t_p$$

t_{carga} – tiempo de carga del camión, min.

$t_{descarga}$ – tiempo de descarga del camión, min.

t_m – tiempo de maniobra entre operaciones, min.

t_{rc} – tiempo de recorrido cargado, min.

t_{rv} – tiempo de recorrido vacío, min.

t_p – tiempo de muestreo más tiempo de limpieza de la cama del camión, min.

- El tiempo de carga del camión:

Se determina en igualdad de condiciones a partir de la densidad en estado disgregado³ de la carga a transportar:

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{K_e}$$

Cuando $\gamma_d > \frac{q_c}{V_c}$ el tiempo de carga se determina a partir de la capacidad de carga del camión q_c , es decir:

$$q_{cubo} = \frac{V_{cubo} K_{ll} \gamma}{K_e} = V_{cubo} K_{ll} \gamma_d$$

$$N_c = \frac{q_c}{q_{cubo}}$$

$$t_{carga} = N_c \frac{t_c}{60}, \text{ min.}$$

Cuando $\gamma_d < \frac{q_c}{V_c}$ el tiempo de carga se determina a partir del volumen del camión V_c .

$$V_{Rcubo} = V_{cubo} K_{ll}$$

$$N_c = \frac{V_c}{V_{Rcubo}}$$

$$t_{carga} = N_c \frac{t_c}{60}, \text{ min.}$$

donde:

V_c – volumen geométrico del camión, transferido a la masa mineral en banco;

γ_d – masa volumétrica del mineral disgregado t/m³;

³ Disgregado: material suelto

γ - masa volumétrica del mineral en banco, t/m³;

t_c – duración del ciclo de excavación, s.

V_{Rcubo} : Volumen real del cubo, m³

q_c – Capacidad de carga del camión m³.

N_c - cantidad de cubos.

- El tiempo de descarga oscila entre 45 y 60 segundos.
- El tiempo de maniobras:

Este indicador ocupa una parte importante del ciclo de trabajo, depende de las condiciones de explotación, del estado técnico de los camiones, de la organización de las operaciones, de las condiciones climáticas; en cada empresa minera se utilizan para los cálculos los tiempos establecidos durante la práctica diaria.

- Tiempo de recorrido cargado y vacío.

El tiempo necesario para los recorridos cargado y de regreso al punto de carga depende de la velocidad que pueda desarrollar el camión que a su vez depende de varios factores: estado técnico del equipo y de las vías de comunicaciones y condiciones climáticas fundamentalmente. La velocidad también se limita por las normas de seguridad del trabajo.

$$t_{rc} + t_{rv} = \left(\frac{60 L_{rc}}{V_{rc}} + \frac{60 L_v}{V_v} \right)$$

- Coeficiente de utilización de la capacidad de carga:

$$K_q = \frac{q_{Rc}}{q_c}; .$$

- Distancia de trasportación

La distancia a recorrer y las condiciones de trasportación son los factores más importantes, en función de los cuales se debe operar el equipo para poder realizar un trabajo eficiente.

Las mediciones se realizaron desde las distintas áreas en operaciones de los yacimientos de Moa Oriental y Moa Occidental (Zona A) hasta la plataforma de pulpa. Las distancias de trasportación se muestran en la siguiente tabla 3, son el resultado del promedio de las mediciones realizadas durante la nominación de las operaciones.

Tabla 3 Distancia de transportación desde las áreas en operaciones hasta la plataforma de pulpa

Moa Oriental		Moa Occidental Zona A	
Área	Distancia	Área	Distancia
24	6.6 km	1	1.2 km
30	7.7 km	8	2.6 km
31	8.3 km	12 – 13	3.6 km

- Disponibilidad Mecánica

Este es el parámetro que indica el tiempo disponible que cada equipo en función del tiempo planificado para mantenimiento y reparación de averías.

Este parámetro para ambos camiones se tomará el mismo valor (90%), se consideró que es un parámetro inherente al tipo de equipo.

- Factor de utilización por lluvia

Este factor indica la pérdida de tiempo ocasionada por las lluvias, durante la extracción y en mayor grado durante la trasportación.

En trabajos prácticos realizados en la mina se ha determinado que para los camiones articulados el valor del factor de utilización por lluvia es de 96 %.

- Factor de utilización del Turno Operacional

s el tiempo restante del turno de trabajo que no incluye las pérdidas de tiempo planificadas para los cambios de turno, descanso para merienda, almuerzo y el tiempo empleado para habilitar los equipos. Este factor será igual para ambos camiones y tendrá un valor de 0.85.

- Productividad horaria del transporte automotor

$$Q_h = \frac{q_{Rc} k_{ut}}{T_{cc}}$$

donde:

k_{ut} – coeficiente de utilización del turno.

q_{Rc} :Capacidad de carga real del camión.

- Productividad de explotación del transporte automotor por turno:

$$Q_t = Q_h T_t K_{ut}$$

donde:

T_t – tiempo de duración de un turno de trabajo.

- La productividad de explotación del transporte automotor por día.

$$Q_d = Q_t N_t$$

donde:

N_t – número de turnos por día (2).

3.4 Indicadores técnicos para área 24 de Moa Oriental y cálculo de la productividad de explotación

Indicadores técnicos

- Tiempo de ciclo.
- Distancias recorridas

- Distancia recorrida cargado
- Distancia recorrida vacío
- Velocidades en el recorrido
 - Velocidad en el recorrido cargado
 - Velocidad en el recorrido vacío
- Consumo de diesel

El tiempo de ciclo, las distancias recorridas, las velocidades alcanzadas en los recorridos y el consumo de diesel de cada camión es diferente, este depende de las características constructivas. Las mediciones se realizaron desde las áreas hasta la plataforma de la planta de pulpa.

En la tabla 4 se muestra los valores promedio de cada operación del proceso de transportación, a partir del proceso de normalización realizado, anexo 6 tablas 1 y 2.

Tabla 4 Resumen de la normalización en área 24 del yacimiento Moa Oriental

Operaciones área 24 Yacimiento Moa Oriental	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Cantidad de cubos	unidad	5.0	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	min	0.0	0.1
Tiempo de maniobra para carga (min)	min	0.6	0.6
Tiempo de carga de la excavadora (min)	min	2.1	2.4
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	min	17.9	19.50
Tiempo de muestreo (min)	min	0.3	0.30
Tiempo de maniobra para descarga (min)	min	0.7	0.72
Tiempo de descarga (min)	min	0.60	0.62
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	min	0.3	0.30
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	min	16.3	16.78
Tiempo de espera (min)	min	0.0	0.00
Ciclo (min)	min	38.71	41.3
Distancia recorrido Cargado (km)	km	6.6	6.6
Tiempo total Cargado (min)	min	19.5	21.14
Velocidad Cargado (km/h)	km/h	22.1	20.31
Distancia recorrido Vacío (km)	km	6.6	6.6
Tiempo total Vacío (min)	min	19.0	19.78
Velocidad Vacío (km/h)	km/h	24.3	23.60
Consumo de diesel	lit	24.4	27.00

Cálculo de la productividad de explotación.

Se determinan los siguientes indicadores de la productividad de explotación del transporte automotor, anexo 6 tabla 3.

- Productividad horaria.
- Productividad pro turno.
- Productividad diaria t/día

Tabla 5 Productividad de explotación para área 24 Moa Oriental

Cálculos de la productividad de explotación área 24 Moa Oriental	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Productividad horaria (Qh)	t/h	30	33
Productividad por turno (Qt)	t/turno	307	345
Productividad diaria (Qd)	min	614	690

3.5 Indicadores técnicos para área 30 de Moa Oriental y cálculo de la productividad de explotación

Indicadores técnicos

- Tiempo de ciclo.
- Distancias recorridas
 - Distancia recorrida cargado
 - Distancia recorrida vacío.
- Velocidades en el recorrido
 - Velocidad en el recorrido cargado
 - Velocidad en el recorrido vacío
- Consumo de diesel

El tiempo de ciclo, las distancias recorridas, las velocidades alcanzadas en los recorridos y el consumo de diesel de cada camión es diferente, este depende de las características constructivas. Las mediciones se realizaron desde los frentes en cada área hasta la plataforma de la planta de pulpa.

En la tabla 6 se muestra los valores promedio de cada operación del proceso de transportación, a partir del proceso de normalización realizado, anexo 7 tablas 1 y 2.

Tabla 6 Resumen de la normalización en área 30 del Yacimiento Moa Oriental.

Operaciones área 30 Yacimiento Moa Oriental	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Cantidad de cubos	unidad	5.0	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	min	0.2	0.2
Tiempo de maniobra para carga (min)	min	0.5	0.6
Tiempo de carga de la excavadora (min)	min	2.0	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	min	21.8	23.76
Tiempo de muestreo (min)	min	0.3	0.30
Tiempo de maniobra para descarga (min)	min	0.8	1.02
Tiempo de descarga (min)	min	0.7	0.64
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	min	0.6	0.62
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	min	17.5	18.00
Tiempo de espera (min)	min	0.0	0.00
Ciclo (min)	min	44.3	47.6
Distancia recorrido Cargado (km)	km	7.7	7.7
Tiempo total Cargado (min)	min	23.5	25.71
Velocidad Cargado (km/h)	km/h	21.2	19.45
Distancia recorrido Vacío (km)	km	7.7	7.7
Tiempo total Vacío (min)	min	20.0	21.15
Velocidad Vacío km/h)	km/h	26.4	25.67
Consumo de diesel	lit	25.8	31.00

Cálculo de la productividad de explotación

Se determinan los siguientes indicadores de la productividad de explotación del transporte automotor, anexo 7 tabla 3.

- Productividad horaria.
- Productividad pro turno.
- Productividad diaria.

Tabla 7 Productividad de explotación para área 30 Moa Oriental

Cálculos de la productividad de explotación área 30 Moa Oriental	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Productividad horaria (Qh)	t/h	26	29
Productividad por turno (Qt)	t/turno	268	299
Productividad diaria (Qd)	min	537	599

3.6 Indicadores técnicos para área 31 de Moa Oriental y cálculo de la productividad de explotación

Indicadores técnicos

- Tiempo de ciclo.
- Distancias recorridas
 - Distancia recorrida cargado
 - Distancia recorrida vacío.
- Velocidades en el recorrido
 - Velocidad en el recorrido cargado
 - Velocidad en el recorrido vacío
 - Consumo de diesel

El tiempo de ciclo, las distancias recorridas, las velocidades alcanzadas en los recorridos y el consumo de diesel de cada camión es diferente, este depende de las características constructivas. Las mediciones se realizaron desde los frentes en cada área hasta la plataforma de la planta de pulpa.

En la tabla 8 se muestra los valores promedio de cada operación del proceso de transportación, a partir del proceso de normalización realizado, anexo 8 tablas 1 y 2.

Tabla 8 Resumen de la normalización en área 31 del yacimiento Moa Oriental

Operaciones área 31Yacimiento Moa Oriental	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Cantidad de cubos	unidad	5.0	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	min	0.5	1.6
Tiempo de maniobra para carga (min)	min	0.6	0.6
Tiempo de carga de la excavadora (min)	min	2	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	min	22.8	24.86
Tiempo de muestreo (min)	min	0.3	0.30
Tiempo de maniobra para descarga (min)	min	0.7	0.82
Tiempo de descarga (min)	min	0.6	0.62
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	min	0.3	0.30
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	min	19.2	19.76
Tiempo de espera (min)	min	0.0	0.00
Ciclo (min)	min	47.3	51.4
Distancia recorrido Cargado (km)	km	8.3	8.3
Tiempo total Cargado (min)	min	24.6	26.60
Velocidad Cargado (km/h)	km/h	21.8	20.03
Distancia recorrido Vacío (km)	km	8.3	8.3
Tiempo total Vacío (min)	min	21.9	22.88

Velocidad Vacío (km/h)	km/h	25.9	25.20
Consumo de diesel	lit	27.2	32.10

Cálculo de la productividad de explotación

Para los cálculos de la productividad de explotación se utiliza la metodología presentada en el acápite 1.18 de este Capítulo 3. En este acápite se determinan los siguientes indicadores de la productividad de explotación del transporte automotor, anexo 8 tabla 3.

- Productividad horaria.
- Productividad pro turno.
- Productividad diaria.

Tabla 9 Productividad de explotación para área 31 Moa Oriental

Cálculos de la productividad de explotación área 30 Moa Oriental	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Productividad horaria (Qh)	t/h	24	27
Productividad por turno (Qt)	t/turno	251	276
Productividad diaria (Qd)	min	502	552

3.7 Indicadores técnicos para área 1 de Moa Occidental (Zona A) y cálculo de la productividad de explotación

Indicadores técnicos

- Tiempo de ciclo.
- Distancias recorridas
 - Distancia recorrida cargado
 - Distancia recorrida vacío.
- Velocidades en el recorrido
 - Velocidad en el recorrido cargado
 - Velocidad en el recorrido vacío
- Consumo de diesel

El tiempo de ciclo, las distancias recorridas, las velocidades alcanzadas en los recorridos y el consumo de diesel de cada camión es diferente, este depende de las

características constructivas. Las mediciones se realizaron desde los frentes en cada área hasta la plataforma de la planta de pulpa.

En la tabla 10 se muestra los valores promedio de cada operación del proceso de transportación, a partir del proceso de normalización realizado, anexo 9 tablas 1, 2, 3, 4, 5, y 6.

Tabla 10 Resumen de la normalización en área 1 del Yacimiento Moa Occidental (Zona A)

Operaciones Yacimiento Moa Occidental (Zona A) Área 1	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Cantidad de cubos	unidad	5.0	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	min	1.0	1.0
Tiempo de maniobra para carga (min)	min	0.5	0.5
Tiempo de carga de la excavadora (min)	min	2.0	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	min	5.63	6.12
Tiempo de muestreo (min)	min	0.50	0.50
Tiempo de maniobra para descarga (min)	min	0.77	0.77
Tiempo de descarga (min)	min	0.75	0.75
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	min	0.62	0.62
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	min	3.80	3.91
Tiempo de espera (min)	min	0.10	0.11
Ciclo (min)	min	15.6	16.8
Distancia recorrido Cargado (km)	km	1.2	1.2
Tiempo total Cargado (min)	min	7.6	8.14
Velocidad Cargado (km/h)	km/h	12.8	11.77
Distancia recorrido Vacío (km)	km	1.2	1.2
Tiempo total Vacío (min)	min	6.4	7.01
Velocidad Vacío (km/h)	km/h	18.9	18.40
Consumo de diesel	lit	10.2	11.63

Cálculo de la productividad de explotación

Se establecen los siguientes indicadores de la productividad de explotación del transporte automotor, anexo 9 tabla 7.

- Productividad horaria.
- Productividad pro turno.
- Productividad diaria

Tabla 11 Productividad de explotación para área 1 Moa Occidental (Zona A).

Cálculos de la productividad de explotación área 1 Moa Occidental (Zona A)	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Productividad horaria (Qh)	t/h	74	82
Productividad por turno (Qt)	t/turno	769	855
Productividad diaria (Qd)	min	1537	1709

3.8 Indicadores técnicos para área 8 de Moa Occidental (Zona A) y cálculo de la productividad de explotación

Indicadores técnicos

- Tiempo de ciclo.
- Distancias recorridas
 - Distancia recorrida cargado
 - Distancia recorrida vacío.
- Velocidades en el recorrido
 - Velocidad en el recorrido cargado
 - Velocidad en el recorrido vacío
- Consumo de diesel

El tiempo de ciclo, las distancias recorridas, las velocidades alcanzadas en los recorridos y el consumo de diesel de cada camión es diferente, este depende de las características constructivas. Las mediciones se realizaron desde los frentes de cada área hasta la plataforma de la planta de pulpa.

En la tabla 12 se muestra los valores promedio de cada operación del proceso de transportación, a partir del proceso de normalización realizado, (anexo 10 tablas 1, 2, 3, 4, 5 y 6).

Tabla 12 Resumen de la normalización en área 8 del yacimiento Moa Occidental (Zona A)

Operaciones Yacimiento Moa Oriental	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Cantidad de cubos	unidad	5.0	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	min	0.0	0.0
Tiempo de maniobra para carga (min)	min	0.5	0.5
Tiempo de carga de la excavadora (min)	min	2.0	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	min	8.62	9.40
Tiempo de muestreo (min)	min	0.20	0.20
Tiempo de maniobra para descarga (min)	min	0.77	0.77
Tiempo de descarga (min)	min	0.75	0.75
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	min	0.62	0.62
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	min	5.88	6.05
Tiempo de espera (min)	min	0.00	0.00
Ciclo (min)	min	19.4	20.8
Distancia recorrido Cargado (km)	km	2.6	2.6
Tiempo total Cargado (min)	min	10.3	11.11
Velocidad Cargado (km/h)	km/h	18.1	16.60
Distancia recorrido Vacío (km)	km	2.6	2.6
Tiempo total Vacío (min)	min	8.4	9.04
Velocidad Vacío (km/h)	km/h	26.5	25.77
Consumo de diesel	lit	12.8	14.27

Cálculo de la productividad de explotación

Para los cálculos de la productividad de explotación se utiliza la metodología presentada en el acápite 1.18 de este capítulo 3, determinando los siguientes indicadores de la productividad de explotación del transporte automotor, (anexo 10 tabla 7).Productividad horaria.

- Productividad pro turno.
- Productividad diaria

Tabla 13 Productividad de explotación para área 8 Moa Occidental (Zona A)

Cálculos de la productividad de explotación área 8 Moa Occidental (Zona A)	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Productividad horaria (Qh)	t/h	59	66
Productividad por turno (Qt)	t/turno	614	685
Productividad diaria (Qd)	min	1228	1369

3.9 Cálculo de los indicadores técnicos para las áreas 12 y 13 de Moa Occidental (Zona A) y cálculo de la productividad de explotación

Indicadores técnicos

- Tiempo de ciclo
- Distancias recorridas
 - Distancia recorrida cargado
 - Distancia recorrida vacío
 - Velocidades en el recorrido
 - Velocidad en el recorrido cargado
 - Velocidad en el recorrido vacío
- Consumo de diesel

El tiempo de ciclo, las distancias recorridas, las velocidades alcanzadas en los recorridos y el consumo de diesel de cada camión es diferente, este depende de las características constructivas. Las mediciones se realizaron desde los frentes en cada área hasta la plataforma de la planta de pulpa.

En la tabla 14 se muestra los valores promedio de cada operación del proceso de transportación, a partir del proceso de normalización realizado, anexo 11 tablas 1, 2, 3 y 4.

Tabla 14 Resumen de la normalización en área 12 -13 del Yacimiento Moa Occidental (Zona A)

Operaciones Yacimiento Moa Occidental (Zona A) Área 12 - 13	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Cantidad de cubos	unidad	5.0	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	min	0.0	0.0
Tiempo de maniobra para carga (min)	min	0.6	1.0
Tiempo de carga de la excavadora (min)	min	2.0	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	min	11.67	12.72
Tiempo de muestreo (min)	min	0.30	0.30
Tiempo de maniobra para descarga (min)	min	0.72	0.72
Tiempo de descarga (min)	min	0.75	0.75
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	min	0.62	0.62
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	min	8.06	8.30
Tiempo de espera (min)	min	0.00	0.00

Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A

Ciclo (min)	min	24.7	26.9
Distancia recorrido Cargado (km)	km	3.6	3.6
Tiempo total Cargado (min)	min	13.4	14.49
Velocidad Cargado (km/h)	km/h	18.5	16.98
Distancia recorrido Vacío (km)	km	3.6	3.6
Tiempo total Vacío (min)	min	10.7	11.80
Velocidad Vacío (km/h)	km/h	26.8	26.03
Consumo de diesel	lit	15.6	17.00

Cálculo de la productividad de explotación

Para los cálculos de la productividad de explotación se utiliza la metodología presentada en el acápite 1.18 de este capítulo 3. Este acápite se determina los siguientes indicadores de la productividad de explotación del transporte automotor, (anexo 11 tablas 5).

- Productividad horaria.
- Productividad pro turno.
- Productividad diaria.

Tabla 15 Productividad de explotación para área 12 - 13 Moa Occidental (Zona A)

Cálculos de la productividad de explotación área 12 - 13 Moa Occidental (Zona A)	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Productividad horaria (Qh)	t/h	46	51
Productividad por turno (Qt)	t/turno	481	530
Productividad diaria (Qd)	min	962	1060

3.10 Cálculo de los índices de consumo

Para determinar los índices de consumo tomamos como punta de partida las mediciones obtenidas mediante la normalización de las operaciones:

1. Consumo
2. Distancia de transportación
3. Número de viajes.
4. Volumen transportado durante la normalización por área.
5. Tiempo de ciclo.

Consumo

Este indicador tiene en cuenta la totalidad de los viajes chequeados en el proceso de normalización de las operaciones realizadas desde los frentes en cada área hasta la plataforma de pulpa.

Tabla 16 consumo de diesel por área durante la normalización

Consumo de diesel	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Área 1 Zona A	lit.	280	296
Área 8 Zona A	lit.	280	300
Área 12-13 Zona A	lit.	290	305
Área 24 Moa Oriental	lit.	320	335
Área 30 Moa Oriental	lit.	325	340
Área 31 Moa Oriental	lit.	325	340

Distancia recorrida por área.

Para el cálculo de este indicador se consideró el total de la distancia recorrida desde los frentes de cada área hasta la plataforma de planta de pulpa, durante el ejercicio de normalización.

Tabla 17 Distancias recorrida por área durante la normalización

Distancia recorrida por área en operaciones.	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Área 1 Zona A	km	79	72
Área 8 Zona A	km	137	156
Área 12-13 Zona A	km	147	136
Área 24 Moa Oriental	km	176	161
Área 30 Moa Oriental	km	167	155
Área 31 Moa Oriental	km	177	166

Cantidad de viaje

Este indicador tiene en cuenta la totalidad de los viajes chequeados en la normalización de las operaciones.

Tabla 18 Número de viajes por área durante la normalización

Número de Viaje	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Área 1 Zona A	unidad	33	30
Área 8 Zona A	unidad	26	24
Área 12-13 Zona A	unidad	20	19
Área 24 Moa Oriental	unidad	13	12
Área 30 Moa Oriental	unidad	12	11

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Área 31 Moa Oriental	unidad	11	10
----------------------	--------	----	----

Volumen transportado durante la normalización por área.

El volumen transportado se determinó a partir del número de viajes de cada área en operación y la capacidad de carga real para cada camión (material suelto húmedo).

Volvo A40D – qh = 22.47 t

Bell B50D - qh = 27.0 t

Tabla 19 volumen de mineral transportado por área durante la normalización

Volumen transportado por área.	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Área 1 Zona A	t	740	810
Área 8 Zona A	t	590	660
Área 12-13 Zona A	t	460	510
Área 24 Moa Oriental	t	300	330
Área 30 Moa Oriental	t	260	290
Área 31 Moa Oriental	t	240	270

Fondo de tiempo

Estos valores se obtienen a partir de las mediciones realizadas durante la normalización de las operaciones.

Tabla 20 Fondo de tiempo utilizado durante la normalización

Fondo de tiempo por área	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Área 1 Zona A	h	10	10
Área 8 Zona A	h	10	10
Área 12-13 Zona A	h	10	10
Área 24 Moa Oriental	h	10	10
Área 30 Moa Oriental	h	10	10
Área 31 Moa Oriental	h	10	10

3.11 Índice de consumo de diesel, litro por tonelada de mineral transportado.

$$C_t = \frac{c_{tr}}{V_t}$$

donde:

C_t - Consumo de diesel por tonelada.

C_{tr} – consumo de diesel durante la trasportación de mineral en el tiempo de normalización.

V_t – volumen de mineral transportado durante el periodo de normalización.

En la **tabla 21** se muestran los resultados obtenidos para cada área en operaciones durante la normalización.

Tabla 21 índice de consumo de diesel por tonelada transportada durante la normalización.

Índice de consumo, litro por tonelada transportada.	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Área 1 Zona A	l/t	0.38	0.37
Área 8 Zona A	l/t	0.47	0.45
Área 12-13 Zona A	l/t	0.63	0.60
Área 24 Moa Oriental	l/t	1.07	1.02
Área 30 Moa Oriental	l/t	1.25	1.17
Área 31 Moa Oriental	l/t	1.35	1.26

3.12 Índice de consumo de diesel kilómetro recorrido por litro.

$$C_{km} = \frac{D_r}{C_{tr}}$$

donde:

$C_{km} \Rightarrow$ índice de consumo kilómetro recorrido por litro (l/km)

$C_{tr} \Rightarrow$ consumo de diesel durante la trasportación de mineral en el tiempo de normalización.

$D_r \Rightarrow$ total de los kilómetros recorridos desde cada área hasta la planta de pulpa

Tabla 22 Índice de consumo kilometro recorrido por litro

Índice de consumo, kilometro recorrido por litro	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Área 1 Zona A	lit/km	0.28	0.24
Área 8 Zona A	lit/km	0.49	0.42
Área 12-13 Zona A	lit/km	0.51	0.45
Área 24 Moa Oriental	lit/km	0.55	0.48
Área 30 Moa Oriental	lit/km	0.55	0.49
Área 31 Moa Oriental	lit/km	0.55	0.49

3.13 Índice de consumo de diesel por hora.

$$C_h = \frac{C_{tr}}{f_t}$$

donde:

$C_{km} \Rightarrow$ índice de consumo litro por kilómetro recorrido (l/km)

$C_{tr} \Rightarrow$ consumo de diesel durante la trasportación de mineral en el tiempo de normalización.

$f_t \Rightarrow$ fondo de tiempo por área utilizado en la normalización.

Tabla 23 Índice de consumo litro por hora.

Índice de consumo, litro por hora.	U/M	Volvo A40D	Bell B50D
Área 1 Zona A	l/t	28.0	30.0
Área 8 Zona A	l/t	28.0	30.0
Área 12-13 Zona A	l/t	29.0	30.5
Área 24 Moa Oriental	l/t	32.0	33.5
Área 30 Moa Oriental	l/t	32.5	34.0
Área 31 Moa Oriental	l/t	32.5	34.0

3.14 Análisis técnico de los resultados

Según las características técnicas de los camiones y las observaciones realizadas durante la normalización de las operaciones podemos concluir que:

- Ambos camiones cumplen con los requerimientos necesarios para operar en las condiciones reales de los yacimientos pertenecientes a la empresa Pedro Sotto Alba. Moa Nickel S.A.
- El confort de los camiones Bell B50D es superior al de los camiones Volvo A40D.
- Ambos camiones poseen una excelente movilidad en el área de carga y descarga.

- Ambos camiones muestran una buena movilidad extravial sin necesidad de un camino con grandes requerimientos constructivos.

3.15 Análisis comparativo de la productividad entre los camiones Volvo A40 D y los camiones Bell B50D.

A partir de los cálculos expuestos en las tablas 5, 7, 9, 11, 13, 15 de los acápite de 3.4, 3.5, 3.6, 3.7, 3.8 y 3.9 se confeccionaron los gráficos que a continuación se muestran.

Fig. 3 Grafico 1, Productividad de explotación por hora.

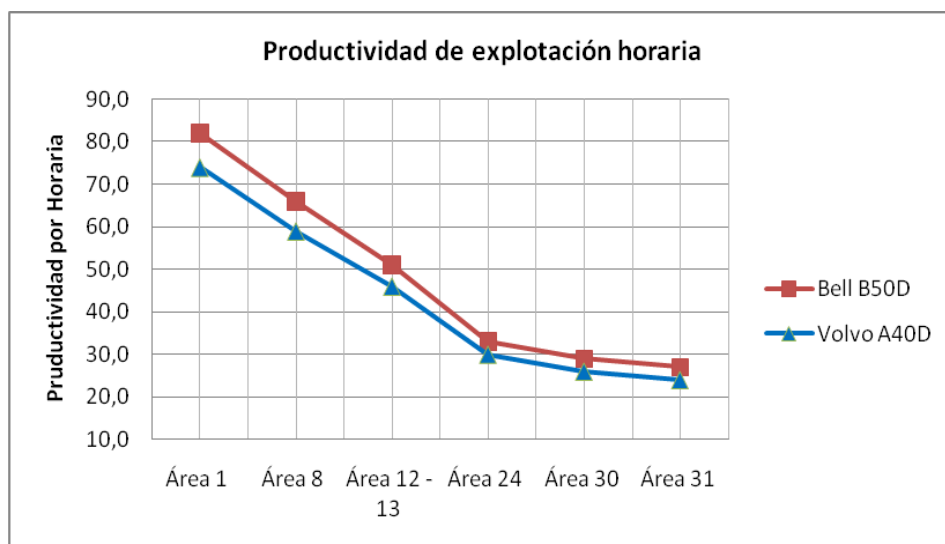


Fig. 4 Grafico 2, Productividad de explotación por turno

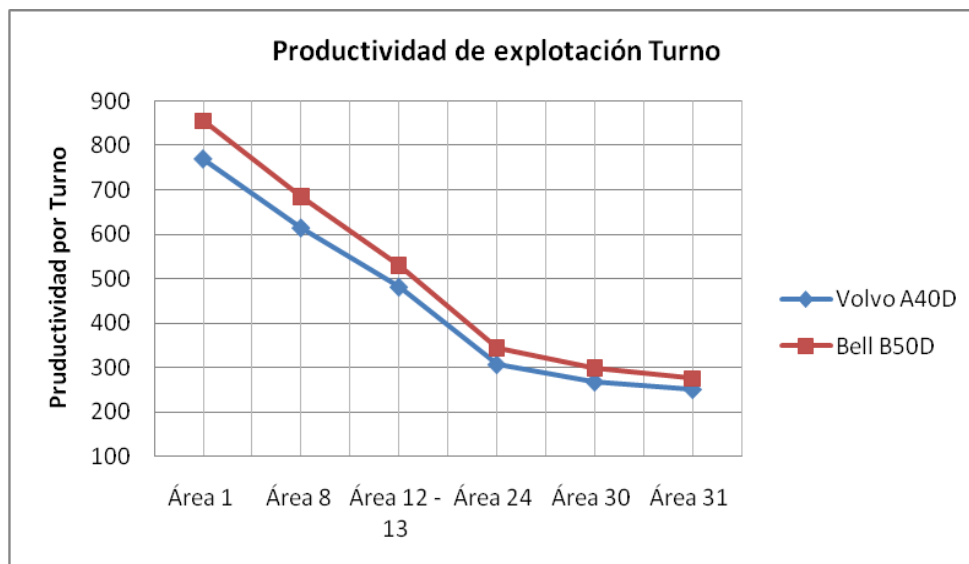
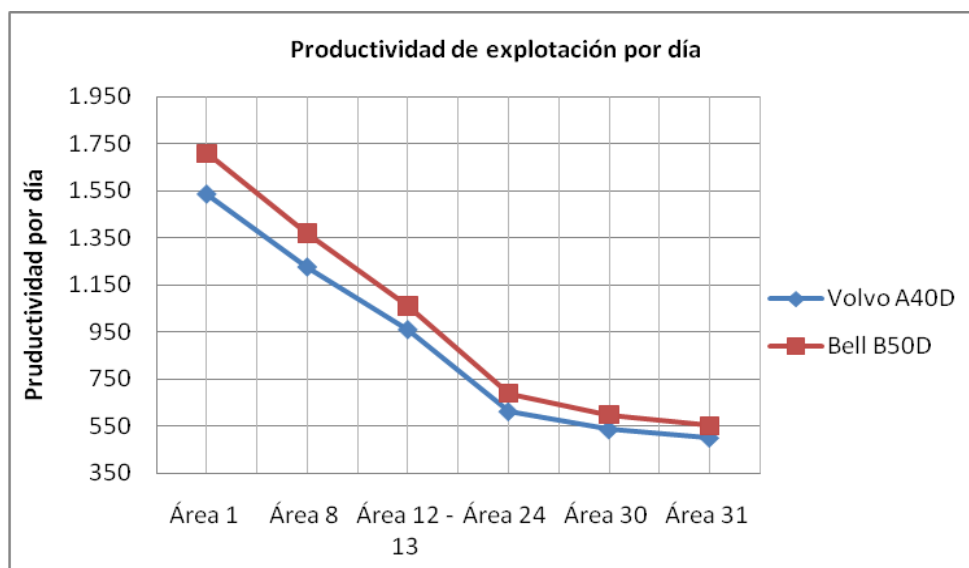


Fig. 5 Grafico 3, Productividad de explotación por día



Analizando los gráficos 1,2 y 3 se observa que el camión Bell B50D es más productivo que el camión volvo A40D, esto se corresponde a su superioridad en la capacidad volumétrica proporcionada por su diseño.

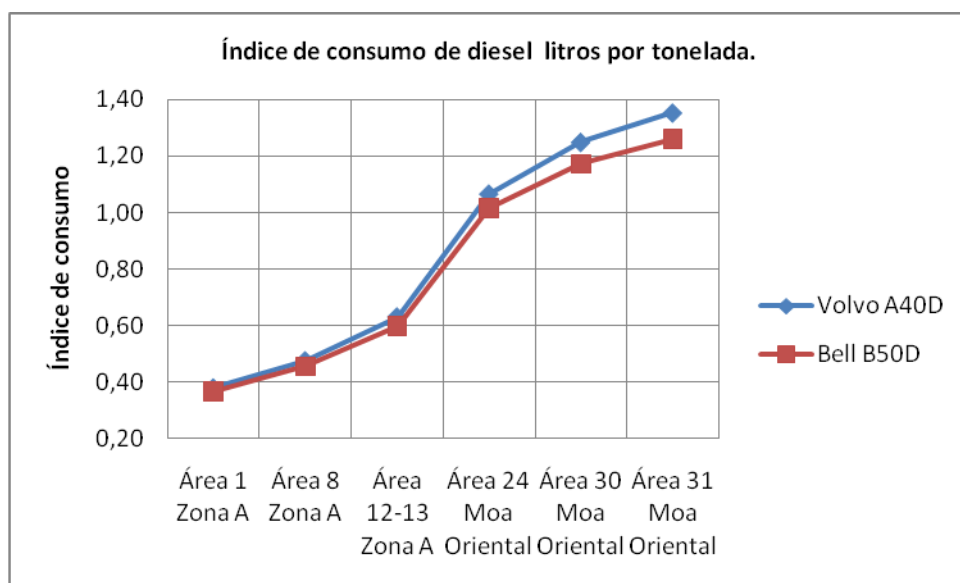
De este análisis se desprende que:

La productividad del Bell B50D es 11% mayor que la productividad del Volvo A40D.

3.16 Análisis comparativo de los índices de consumo entre los camiones Volvo A40 D y los camiones Bell B50D.

A partir de los cálculos expuestos en las tablas 21, 22 y 23 de los acápites de 3.12, 3.13 y 3.14 se confeccionaron los gráficos que a continuación se muestran.

Fig. 6 Grafico 4, índice de consumo de diesel litro por tonelada

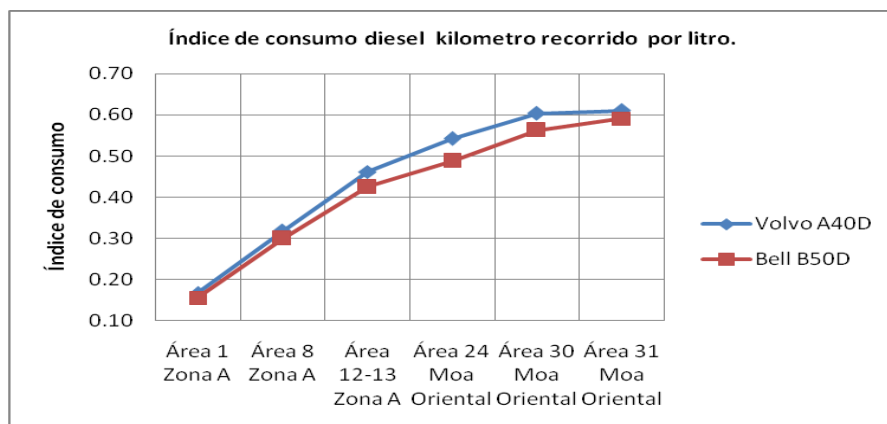


Analizando los gráficos 6 se observa que este indicador favorece al camión Bell B50D, esto se corresponde a su superioridad en la capacidad volumétrica proporcionada por su diseño.

De este análisis se desprende que:

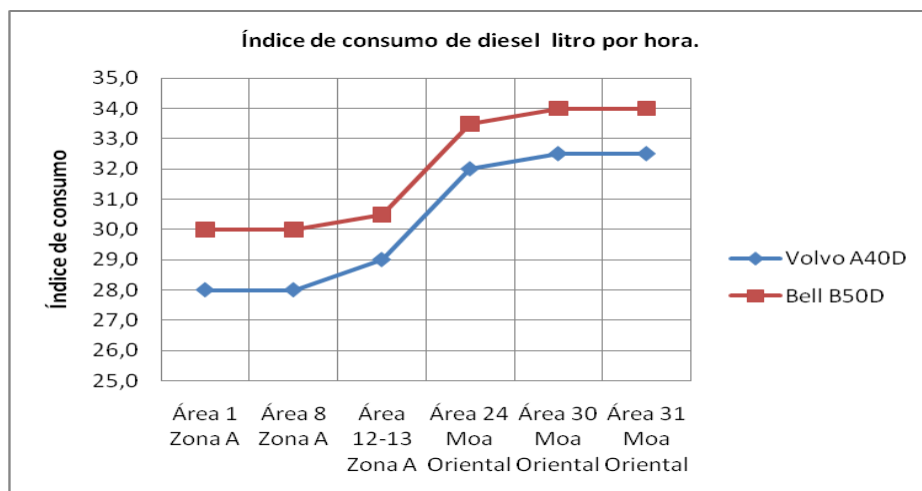
Su consumo de diesel por tonelada transportada sea del entre un 3% a una 8% menor que la del camión Volvo A40D, obteniendo mejores resultados en a mayor distancia de transportación.

Fig. 7 Grafico 5, Índice de consumo de diesel kilometro recorrido por litro



Analizando el gráfico 5 se observa que el camión Volvo A40D recorre mayores distancias que el camión Bell B50D con el mismo consumo, obteniendo un ahorro que oscila entre el 13% y 16%.

Fig. 8 Grafico 6, Índice de consumo de diesel por hora



Analizando el gráficos 6 se observa que el camión Bell B50D es más consumidor que el camión Volvo A40D en un rango que oscila entre 5% y 7%, lo que se debe a que el tiempo promedio de recorrido del camión Bell B50D sea mayor para recorrer las mismas distancias, (menores velocidades de trasportación lo mismo cargado que vacío).

CONCLUSIONES

1. Para las condiciones actuales de operación en la mina perteneciente a la empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A. desde el punto de vista de seguridad industrial, ambos camiones cumplen con todos los requisitos necesarios para proporcionar operaciones seguras.
2. Aunque la velocidad promedio del camión Volvo en el recorrido cargado supera a al camión Bell B50D en un 9%; en cuanto a productividad el camión Bell B50D es superior al camión Volvo A40D en un 11%.
3. En el análisis Índice de consumo de diesel litro por tonelada transportada favorece a los camiones Bell B50D en un rango de 3% al 8% ya que su capacidad de diseño es superior a la del camión Volvo A40D.
4. Según los resultados del estudio del rendimiento técnico productivo entre los camiones articulados Volvo A40D y Bell B50D; es factible utilizar el Bell B50D para garantizar el aumento de productividad deseado por la Subdirección de Minas.

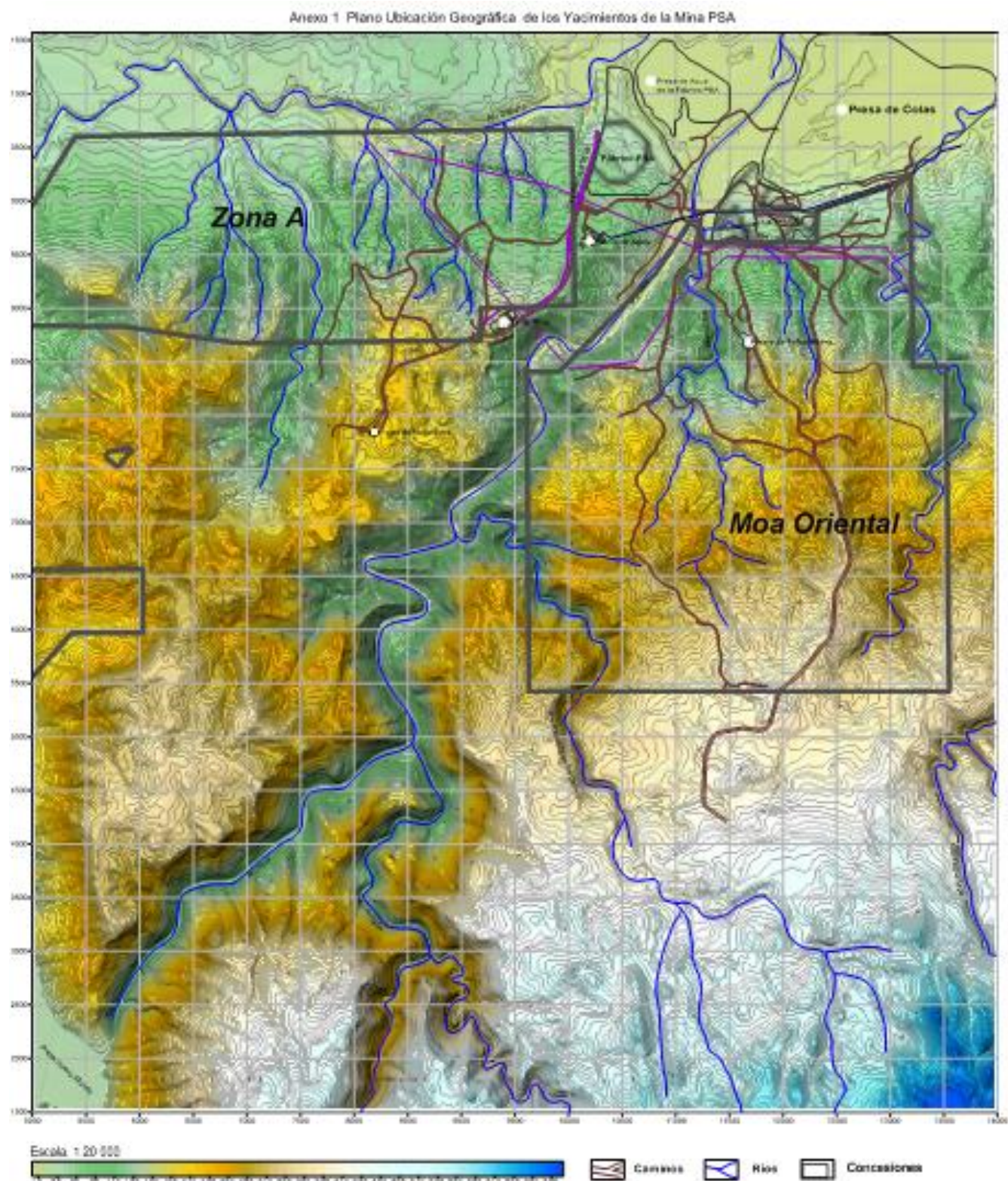
RECOMENDACIONES.

1. Utilizar este trabajo como base para nuevos estudios que proporcionen mayores argumentos y favorezcan la toma de decisiones en el remplazo de la técnica de trasportación.
2. Tomar en cuenta durante la confección de los planes de minería los resultados documentados durante la normalización de las operaciones mineras.

BIBLIOGRAFÍA

1. Torres Rodríguez, Y. E. Análisis técnico - estadístico del comportamiento de los camiones rígidos y articulados en la mina de La Empresa Comandante Pedro Sotto Alba realizado en el año 2001.
2. Rabilero Fernández, L.G. Algoritmo para la toma de decisiones en la explotación del transporte minero. Tesis presentada en opción al Título Académico de Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos, realizada en el año 2004.
3. Lamorú Sánchez Leidanis y María Multan Anaya Caridad Informe de las prácticas laborales investigativa sobre la evaluación del ciclo de trabajo de los equipos de transporte de la Mina PSA. Año 2009.
4. Informe de las prácticas investigativas. Características generales de las principales actividades geólogo-mineras en la Empresa Pedro Sotto Alba. año 2010.
5. Alos Quintero, Solange. Análisis técnico-económico del comportamiento de los camiones rígidos y articulados en la mina de la empresa Pedro Sotto Alba, año 2004.
6. Perez Irons Pedro, Determinación de los Indicadores Técnico – Económico del camión KOMATSU HD 465. Tesis presentada en opción al título de Especialista en Explotación de Yacimientos Lateríticos. 2006
7. <http://www.Moanickel/Moa> plan de minería 2003
8. <http://www.Bell B50D.con>
9. <http://www.Volvo A40D.con>

Anexo 1 Plano de Ubicación Geográfica de los yacimientos pertenecientes a la mina de la de empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.



Anexo 2 Equipamiento que se empleará en la mina perteneciente a la empresa Pedro Sotto Alba Moa Nickel S.A.

Camión VOLVO A40D



Retroexcavadora Liebherr R-984C



**Anexo 2 Equipamiento que se empleará en la mina perteneciente a la empresa Pedro Sotto Alba
Moa Nickel S.A.**

Cargador frontal KOMATSU WA600



Bulldozer KOMATSU D85EX-15



Motoniveladora KOMATSU



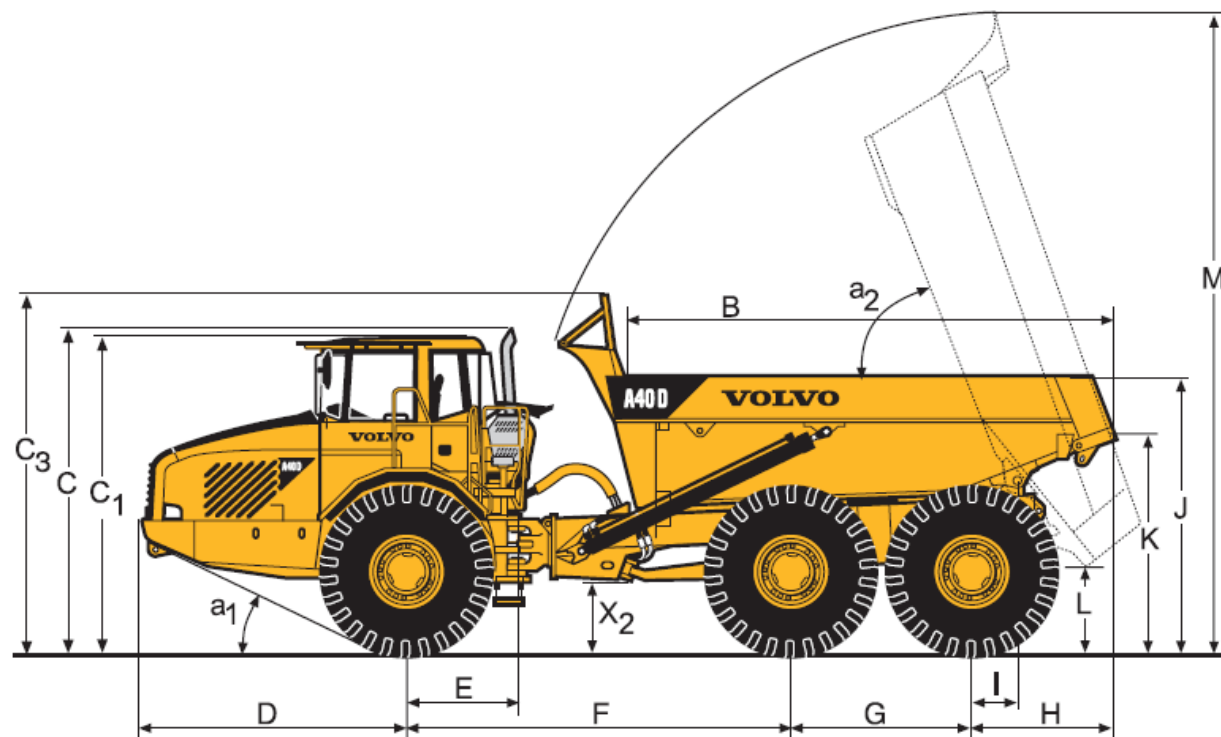
Compactador "Boma G"



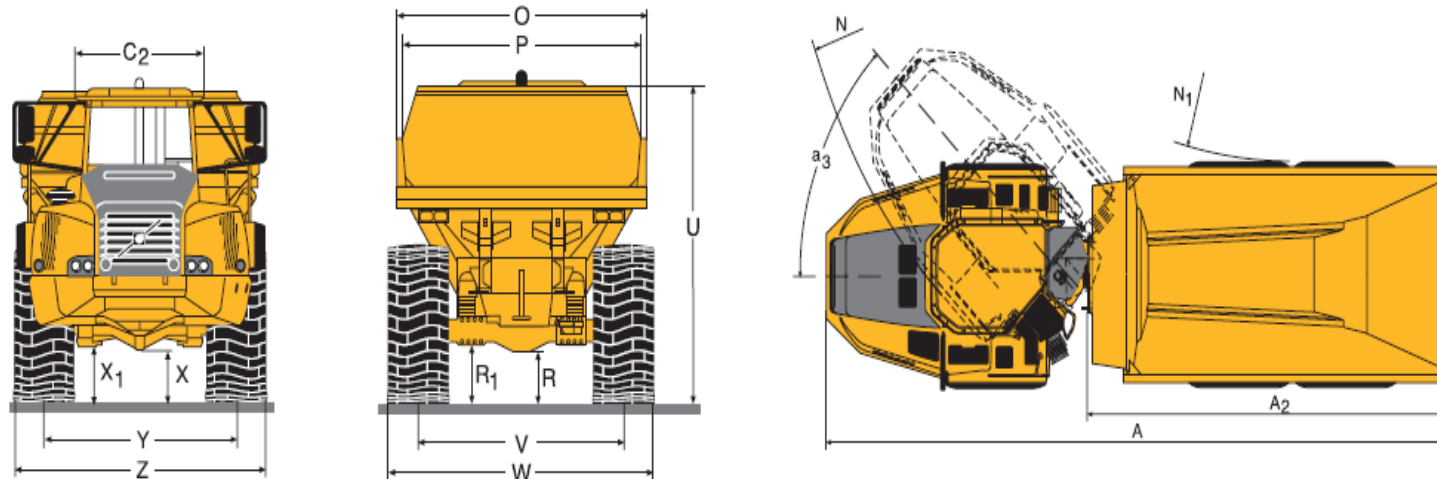
Anexo 3 Cálculo del rendimiento de la retroexcavadora Liebherr 984C.

Datos			
		PSA	PSA
Organización	Turnos por día	2	2
	horas por turno	12	12
Unidades de transporte	Modelo de camión	Volvo A40D	Bell B50D
	Capacidad de carga	40	50
	Capacidad SAE (colmada 2:1)	30	34.5
	Tiempo de maniobras segundos	60	60
Material	Preparación del material	suelto	suelto
	Densidad en banco (t/m3)	1.05	1.05
	Factor de esponjamiento	1.3	1.3
	Densidad suelto (t/m3)	0.81	0.81
Equipo de Carga	Modelo de retroexcavadora	Liebherr 984C	Liebherr 984C
	Longitud del brazo, mm		
	Longitud de pluma, mm		
	Ancho de cubo, mm		
	Capacidad SAE colmado (m3)	6	6
	Factor de llenado	95.0%	95.0%
	Capacidad real (m3)	5.70	5.70
	Capacidad real (t)	4.60	4.60
Factores de eficiencia y disponibilidad	Factor de eficiencia (50min/h)	80.0%	80.0%
	Eficiencia del operador Muy Buena=100%; poco experimentado=70%	95.0%	95.0%
	Disponibilidad mecánica	90.0%	90.0%
	Eficiencia del tráfico de volquetes (90%=5 min espera/50 min)	18.0%	18.0%
	Eficiencia y disponibilidad combinada	12.31%	12.31%
Rendimiento horario	Volumen suelto (m3s/h)	70	72
	Masa (t/h)	57	58
Rendimiento por turnos	Volumen suelto (m3s/t)	561	577
	Masa (t/t)	453	466
Rendimiento por mes	Volumen suelto (m3s/mes)	50,528	51,972
	Masa (t/mes)	40,811	41,977
Rendimiento por año	Volumen suelto (m3s/año)	550,760	566,496
	Masa (t/año)	444,845	457,555

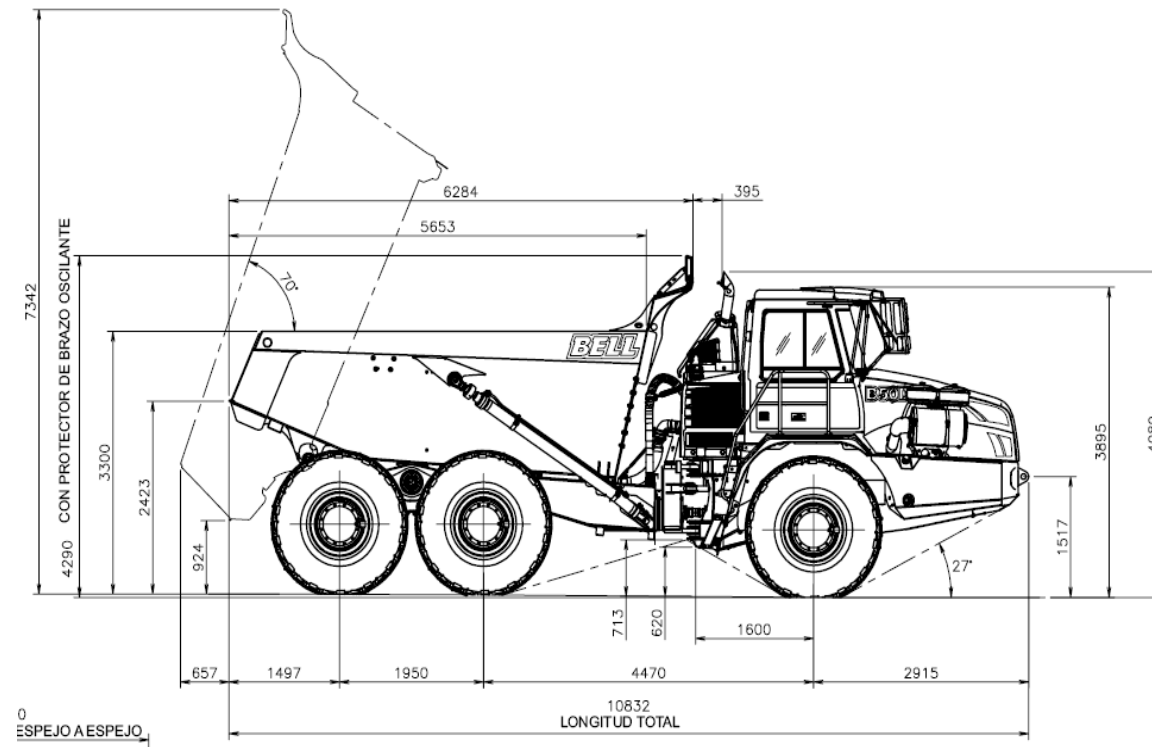
Anexo 4 Dimensiones del camión Volvo A40D.



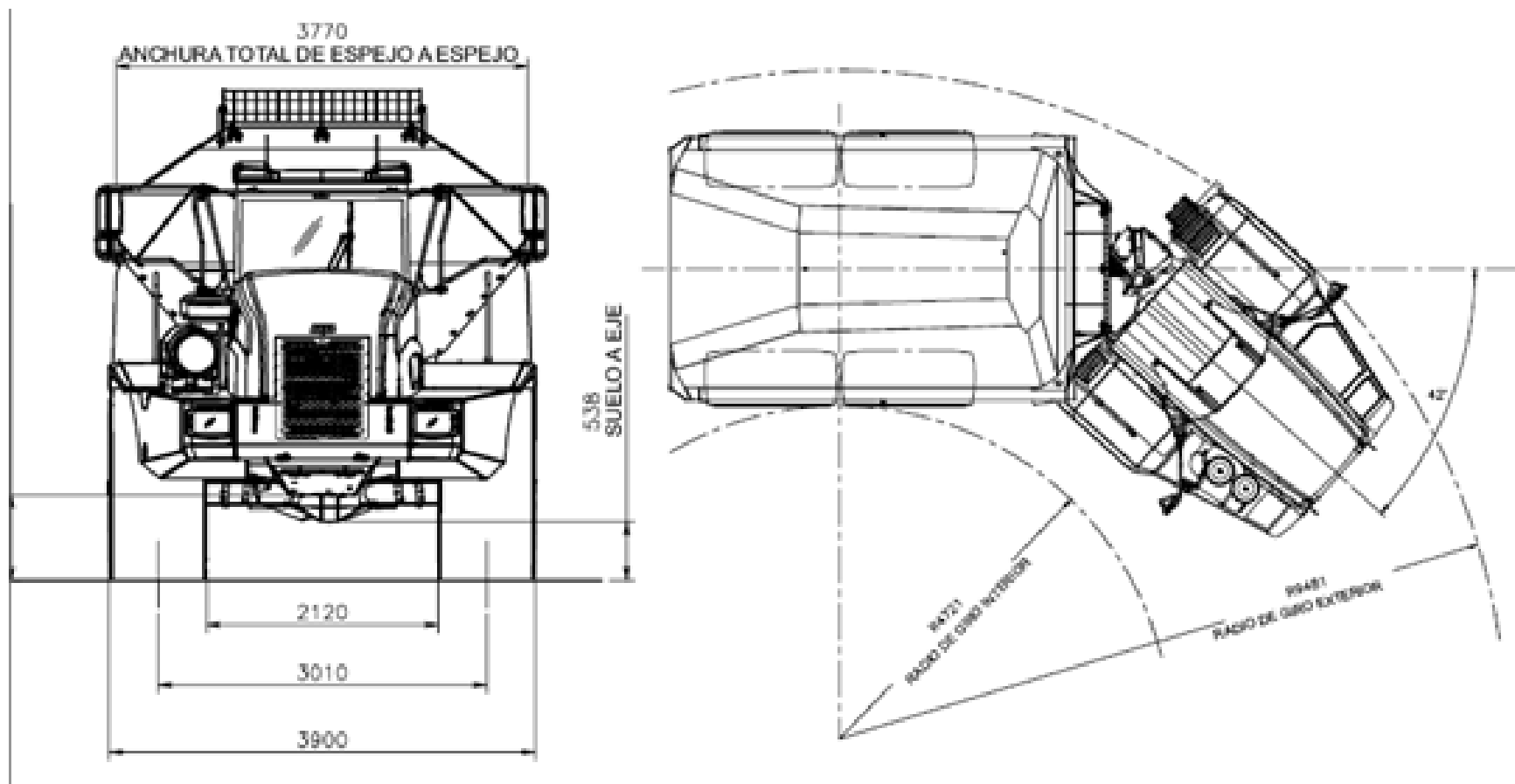
Anexo 4 Dimensiones del camión Volvo A40D.



A	11310 mm	37'1"	F	4451 mm	14'7"	O	3268 mm	10'9"	X ₂	765 mm	2'6"
A ₂	6428 mm	21'1"	G	1940 mm	6'4"	P	3078 mm	10'1"	Y	2636 mm	8'8"
B	5730 mm	18'10"	H	1823 mm	6'0"	R	654 mm	2'2"	Z	3432 mm	11'3"
C	3746 mm	12'3"	I	646 mm	2'1"	R ₁	751 mm	2'6"	Z*	3570 mm	11'8"
C ₁	3626 mm	11'11"	J	3075 mm	10'1"	U	3590 mm	11'9"	a ₁	25°	
C ₂	1768 mm	5'10"	K	2492 mm	8'2"	V	2636 mm	8'8"	a ₂	70°	
C ₃	4093 mm	13'5"	L	906 mm	3'0"	W	3432 mm	11'3"	a ₃	45°	
con protección opcional contra derrames en posición vertical			M	7384 mm	24'3"	W*	3570 mm	11'8"	*) con neumáticos 875/65 R 29		
D	3100 mm	10'2"	N	8863 mm	29'1"	X	617 mm	2'			
E	1279 mm	4'2"	N ₁	4238 mm	13'11"	X ₁	639 mm	2'1"			



Anexo 5 Dimensiones del camión Bell B50D.



**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 5

Tabla 1 Indicadores técnicos, área 24 Moa Oriental

Yacimiento	Moa Oriental													
Actividad	Minería													
Origen	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24
Destino	Planta de pulpa													
Camión	Volvo A40D													
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Unidad medida: min														Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Tiempo de preparación frente y/o ramales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.0
Tiempo de maniobra para carga	0.3	0.4	0.9	0.5	0.6	0.4	0.7	0.6	0.5	1.3	0.5	0.5	0.5	0.6
Tiempo de carga de la excavadora 8(min)	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	2.1	2.1	2.1	2.1
Tiempo de recorrido camion cargado (min)	17.54	18.59	17.95	17.28	17.65	18.45	18.45	18.25	17.65	18.46	17.45	16.80	18.65	17.9
Tiempo de muestreo (min)	0.29	0.31	0.33	0.30	0.28	0.35	0.28	0.35	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.70	0.75	0.72	0.67	0.71	0.65	0.68	0.70	0.70	0.65	0.56	0.65	0.70	0.7
Tiempo de descarga (min)	0.65	0.55	0.60	0.60	0.55	0.63	0.63	0.55	0.60	0.60	0.60	0.60	0.65	0.60
Tiempo de limpieza de cama camion (min)	0.00	0.00	0.00	1.22	0.00	0.00	1.22	0.00	0.00	0.00	0.00	1.22	0.00	0.3
Tiempo de recorrido camion vacio (min)	16.25	16.52	17.00	16.54	16.00	15.40	15.89	16.52	17.17	16.10	16.10	16.41	16.00	16.3
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Ciclo (min)	37.8	39.2	39.6	39.2	37.9	38.0	40.0	39.0	39.0	39.4	38.1	37.8	37.8	38.71
Distancia recorrido Cargado (km)	6.60	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Tiempo total Cargado (min)	19.18	20.20	19.6	18.847	19.19	20.083	20.043	19.85	19.25	20.01	18.91	18.35	20.3	19.5
Velocidad Cargado (km/h)	22.58	21.30	22.06	22.92	22.44	21.46	21.46	21.70	22.44	21.45	22.69	23.57	21.23	22.1
Distancia recorrido Vacio (km)	6.60	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Tiempo total Vacio (min)	18.67	19.02	20.0	19.09	18.7	17.867	18.69	19.18	19.77	19.403	18.74	19.03	18.633	19.0
Velocidad Vacio (km/h)	24.37	23.97	23.29	23.94	24.75	25.71	24.92	23.97	23.06	24.60	24.60	24.13	24.75	24.3
Consumo de diesel	23.879	24.747	24.954	24.706	23.907	23.945	25.209	24.626	24.62	24.868	24.039	23.85	23.85	24.4

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 5

Tabla 2 Indicadores técnicos, área 24 Moa Oriental

Yacimiento	Moa Oriental												
Actividad	Minería												
Origen	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	Área24	
Destino	Planta de pulpa												
Camión	Bell B 50D												
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	R-14	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Unidad medida: min													Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Tiempo de preparación frente y/o ramales	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0.1
Tiempo de maniobra para carga	0.6	0.6	0.9	0.5	0.6	0.4	0.7	0.6	0.5	0.4	0.6	0.5	0.6
Tiempo de carga de la excavadora 8(min)	2.5	2.5	2.5	2.3	2.5	2.3	2.5	2.3	2.4	2.6	2.4	2.3	2.4
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	18.6	19.5	20.0	19.0	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	20.2	19.5
Tiempo de muestreo (min)	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.72
Tiempo de descarga (min)	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.62
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	0.0	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	0.3
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	18.3	18.4	15.5	16.5	15.6	16.1	15.6	16.5	17.9	18.4	15.6	17.3	16.78
Tiempo de espera (min)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Ciclo (min)	41.6	42.6	41.7	39.8	39.9	40.0	40.1	40.5	42.1	42.6	41.0	44.0	41.3
Distancia recorrido Cargado (km)	6.60	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Tiempo total Cargado (min)	20.24	21.13	21.7	20.63	21.2133	21.2433	21.2533	21.2133	21.2533	21.2067	21.2233	21.87	21.2
Velocidad Cargado (km/h)	21.34	20.27	19.76	20.84	20.29	20.29	20.29	20.29	20.29	20.27	20.29	19.60	20.3
Distancia recorrido Vacío (km)	6.60	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6	6.6
Tiempo total Vacío (min)	21.36	21.45	18.8	19.20	18.7	18.7667	18.8	19.31	20.8	21.35	18.6	20.0833	19.77
Velocidad Vacío (km/h)	21.70	21.58	25.61	24.07	25.38	24.60	25.38	24.07	22.12	21.58	25.38	22.96	23.70
Consumo de diesel	27.19	27.83	27.23	26.03	26.09	26.15	26.18	26.48	27.48	27.81	26.81	28.73	27.0

Anexo 6 Tabla 3 Cálculos de la productividad de explotación área 24 Moa Oriental

Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.			Liebherr 984C	
Excavadoras:				
Camiones:			Volvo A40D	Bell B50D
Volumen nominal cubo	E	m3	6	6
Factor de llenado del cubo de la excavadora.	Klle		95%	95%
Volumen real de mineral en el cubo	Vc	m3	5.7	5.7
Masa de mineral en el cubo (suelto húmedo)	qcu	t	4.5	4.5
Capacidad de carga máxima del camión	Cca	t	40	50
Volumen nominal del camión colmado.	Vn	m3	30.0	34.5
Aprovechamiento del volumen del camión	Kv	%	95.0%	99.1%
Aprovechamiento de la capacidad de carga del camión	Kv	%	56.2%	53.9%
Cantidad de cubos (volumen).	Ccu	Und.	5.26	6.05
Cantidad de cubos (masa).	Ccu	Und.	8.90	11.13
Cantidad asumida de cubos	Ccu	Und.	5	6
Volumen real camión	Vr	m3	28.50	34.20
Masa de mineral en el camión (material suelto húmedo)	qh	t	22.47	27.0
Coeficiente de esponjamiento	Ke		1.37	1.37
Humedad natural del mineral	W	%	36	36
Tiempo del ciclo de excavación	tc	seg	30	30
Tiempo de carga	tcarga	min	2.00	2.50
Tiempo de descarga	tdesc.	min	0.6	0.62
DISTANCIA DE TRANSPORTACION	L	km	6.6	6.6
Velocidad del camión cargado	Vcc	km/h	22.1	20.31
Tiempo recorrido cargado	trc	min	17.92	19.50
Velocidad del camión vacío	Vcv	km/h	24.3	23.6
Tiempo de recorrido vacío	trv	min	16.3	16.8
Tiempo de maniobra	tm	min	1.3	1.32
Tiempo perdido (prep.frente, camino malo, etc)	tp	min	0	0
Tiempo de Muestreo de los camiones		min	0.3	0.3
Tiempo de limpieza de la volqueta (c / viaje)		min	0.3	0.3
TIEMPO DE CICLO DEL CAMION	tcc	min	38.71	41.3
PRODUCTIVIDAD HORARIA	Qh	t/h	29.6	33.3
Aprovechamiento del tiempo	KuT		85.00%	85.00%
Duración Turno	tr	h	12	12
Productividad por turno	QT	t/t	307	345
Disponibilidad técnica	Kd		90.00%	90.00%
Coeficiente de utilización del parque	Kup	%	96.00%	96.00%
PRODUCTIVIDAD DIARIA	Qdía	t/d	614	690

Anexo 7

Tabal 1 Indicadores área 30 Moa Oriental

Yacimiento	Moa Oriental												
Actividad	Minería												
Origen	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	
Destino	Planta de pulpa												
Camión	Volvo A40D												
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14			R- 14	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Unidad medida: min													Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	0.6	0.0	0.0	0.7	0.0	0.7	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	0.0	0.2
Tiempo de maniobra para carga (min)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2.0
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	20.2	23.6	24.1	20.1	23.6	22.5	20.2	21.3	22.6	20.0	22.7	20.9	21.8
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.8
Tiempo de descarga (min)	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.7
Tiempo de limpieza de cama camion (min)	1.65	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	1.45	0.00	0.00	1.36	0.00	1.00	0.6
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	16.56	16.56	16.45	17.20	16.45	17.00	17.54	18.00	19.04	19.00	18.00	18.52	17.5
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Ciclo (min)	43.2	44.4	44.8	43.5	44.3	44.4	43.4	43.6	46.3	44.3	44.3	44.7	44.3
Distancia recorrido Cargado (km)	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
Tiempo total Cargado (min)	21.90	25.31	25.9	21.88	25.31	24.2	21.9	23.07	24.33	21.75	21.75	22.67	23.5
Velocidad Cargado (km/h)	21.44	22.10	22.10	21.46	21.00	21.00	21.44	20.26	21.20	21.60	21.60	20.65	21.2
Distancia recorrido Vacío (km)	7.70	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
Tiempo total Vacío (min)	19.06	19.06	19.0	19.70	18.95	19.5	20.04	20.5	21.54	21.02	21.02	21.02	20.0
Velocidad Vacío (km/h)	26.09	26.09	26.26	24.56	26.56	26.45	26.40	26.50	265.00	26.10	2.40	26.50	26.4
Consumo de diesel	25.14	25.81	26.06	25.33	25.75	25.83	25.24	25.35	26.92	25.79	25.79	26.00	25.8

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 7

Tabla 2 Indicadores técnicos, área 30 Moa Oriental

Yacimiento	Moa Oriental											
Actividad	Minería											
Origen	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	Área30	
Destino	Planta de pulpa											
Camión	Bell B 50D											
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	R- 14	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Unidad medida: min												Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.2
Tiempo de maniobra para carga (min)	0.8	0.6	0.7	0.5	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5	0.7	0.5	0.6
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	23.58	23.76	24.85	23.89	24.20	25.45	23.58	21.20	23.45	24.85	22.55	23.76
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.98	1.05	1.10	0.96	0.99	1.10	0.95	1.00	1.06	1.04	1.00	1.02
Tiempo de descarga (min)	0.56	0.65	0.65	0.65	0.71	0.58	0.60	0.70	0.65	0.65	0.64	0.64
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	1.57	0.00	1.75	0.00	0.00	1.75	0.00	0.00	0.00	1.75	0.00	0.62
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	18.00	17.45	18.80	18.00	18.10	18.45	18.75	17.89	17.25	17.56	18.00	18.0
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Ciclo (min)	49.0	46.3	50.7	46.8	47.7	51.3	47.2	44.1	45.7	49.4	46.1	47.6
Distancia recorrido Cargado (km)	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
Tiempo total Cargado (min)	25.42	25.76	26.9	25.8	26.2	27.43	25.43	23.2	25.46	26.8	24.49	25.7
Velocidad Cargado (km/h)	19.59	19.44	18.59	19.34	19.09	18.15	19.59	21.79	19.70	18.59	20.49	19.5
Distancia recorrido Vacío (km)	7.70	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
Tiempo total Vacío (min)	21.30	20.55	22.0	21.00	21.5	21.45	21.75	20.89	20.25	20.8	21	21.1
Velocidad Vacío (km/h)	25.67	26.48	24.57	25.67	25.52	25.04	24.64	25.82	26.78	26.31	25.67	25.65
Consumo de diesel	31.9	30.1	32.9	30.4	31.0	33.4	30.7	28.7	29.7	32.1	30.0	31.0

Anexo 7 Tabla 3 Cálculos de la productividad de explotación área 30 Moa Oriental

Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.			Liebherr 984C	
Excavadoras:				
Camiones:			Volvo A40D	Bell B50D
Volumen nominal cubo	E	m3	6	6
Factor de llenado del cubo de la excavadora.	Klle		95%	95%
Volumen real de mineral en el cubo	Vc	m3	5.7	5.7
Masa de mineral en el cubo (suelto húmedo)	qcu	t	4.5	4.5
Capacidad de carga máxima del camión	Cca	t	40	50
Volumen nominal del camión colmado.	Vn	m3	30.0	34.5
Aprovechamiento del volumen del camión	Kv	%	95.0%	99.1%
Aprovechamiento de la capacidad de carga del camión	Kv	%	56.2%	53.9%
Cantidad de cubos (volumen).	Ccu	Und.	5.26	6.05
Cantidad de cubos (masa).	Ccu	Und.	8.90	11.13
Cantidad asumida de cubos	Ccu	Und.	5	6
Volumen real camión	Vr	m3	28.50	34.20
Masa de mineral en el camión (material suelto húmedo)	qh	t	22.47	26.96
Coeficiente de esponjamiento	Ke		1.37	1.37
Humedad natural del mineral	W	%	36	36
Tiempo del ciclo de excavación	tc	seg	30	30
Tiempo de carga	tcarga	min	2.00	2.50
Tiempo de descarga	tdesc.	min	0.75	0.75
DISTANCIA DE TRANSPORTACION	L	km	7.2	7.2
Velocidad del camión cargado	Vcc	km/h	19.8	18.18
Tiempo recorrido cargado	trc	min	21.82	23.76
Velocidad del camión vacío	Vcv	km/h	24.7	24
Tiempo de recorrido vacío	trv	min	17.5	18.0
Tiempo de maniobra	tm	min	1.3	1.7
Tiempo perdido (prep.frente, camino malo, etc)	tp	min	0	0
Tiempo de Muestreo de los camiones		min	0.3	0.3
Tiempo de limpieza de la volqueta (c / viaje)		min	0.62	0.62
TIEMPO DE CICLO DEL CAMION	tcc	min	44.3	47.6
PRODUCTIVIDAD HORARIA	Qh	t/h	26	29
Aprovechamiento del tiempo	KuT		85.00%	85.00%
Duración Turno	tT	h	12	12
Productividad por turno	QT	t/t	268	299
Disponibilidad técnica	Kd		90.00%	90.00%
Coeficiente de utilización del parque	Kup	%	96.00%	96.00%
Cantidad de turnos por día	CT		2	2
PRODUCTIVIDAD DIARIA	Qdía	t/d	537	599

Anexo 8

Tabal 1 Indicadores área 31 Moa Oriental

Yacimiento	Moa Oriental											
Actividad	Minería											
Origen	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	
Destino	Planta de pulpa											
Camión	Volvo A40D											
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Unidad medida: min												Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	1.0	0.5
Tiempo de maniobra para carga	0.5	0.4	0.6	0.4	0.5	0.6	0.6	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	21.64	23.65	23.56	23.54	23.65	23.17	21.65	21.50	23.56	23.17	22.08	22.8
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.77	0.80	0.67	0.80	0.74	0.80	0.68	0.74	0.80	0.80	0.70	0.75
Tiempo de descarga (min)	0.59	0.66	0.62	0.61	0.66	0.66	0.69	0.59	0.69	0.66	0.69	0.65
Tiempo de limpieza de cama camion (min)	0.85	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.85	0.34
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	18.95	19.89	19.87	17.97	19.50	19.52	18.45	19.56	19.25	19.52	19.44	19.2
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Tiempo ciclo (min)	46.7	47.7	48.7	46.5	48.7	47.0	46.6	45.4	47.5	47.0	47.6	47.3
Distancia recorrido Cargado (km)	8.30	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
Tiempo total Cargado (min)	23.30	25.41	25.16	25.25	25.34	24.93	23.32	23.13	25.35	24.93	23.78	24.6
Velocidad Cargado (km/h)	23.01	21.06	21.14	21.16	21.06	21.49	23.00	23.16	21.14	21.49	22.56	21.8
Distancia recorrido Vacío (km)	8.30	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
Tiempo total Vacío (min)	21.51	22.30	23.57	20.39	22.34	22.08	21.46	22.27	22.19	22.08	22.02	21.9
Velocidad Vacío (km/h)	26.28	25.04	25.06	27.71	25.54	25.51	26.99	25.46	25.87	25.51	25.62	25.9
Consumo de diesel	26.86	27.46	28.05	26.76	28.03	27.06	26.84	26.14	27.37	27.06	27.43	27.2

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 8

Tabla 2 Indicadores técnicos, área 31 Moa Oriental

Yacimiento	Moa Oriental										
Actividad	Minería										
Origen	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	Área31	
Destino	Planta de pulpa										
Camión	Bell B50D										
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-16	R- 16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Unidad medida: min											Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	0.0	2.0	2.3	2	2	2.0	2	0	2.1	2	1.6
Tiempo de maniobra para carga (min)	0.6	0.8	0.7	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	0.7	0.8	0.62
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	24.86	24.51	25.10	24.62	25.10	25.13	24.77	24.65	24.86	25.00	24.86
Tiempo de muestreo m(in)	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.25	0.32	0.28	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.85	0.85	0.85	0.78	0.84	0.79	0.79	0.85	0.79	0.82	0.82
Tiempo de descarga (min)	0.65	0.63	0.60	0.72	0.67	0.65	0.49	0.62	0.60	0.60	0.62
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	0.00	0.00	0.86	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.3
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	21.17	20.40	19.46	19.45	17.58	20.00	19.58	19.45	20.00	20.51	19.76
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Ciclo (min)	50.8	52.0	52.7	50.9	49.6	52.9	50.4	48.9	52.8	52.5	51.4
Distancia recorrido Cargado (km)	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
Tiempo total Cargado (min)	26.56	26.293	26.9	26.417	26.907	26.87	26.3	26.44	26.53	26.72	26.6
Velocidad Cargado (km/h)	20.03	20.32	19.8	20.2	19.8	19.8	20.1	20.2	20.0	19.9	20.0
Distancia recorrido Vacío (km)	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3
Tiempo total Vacío (min)	24.25	23.67	25.0	22.45	20.73	23.06	22.53	22.47	23.2	23.81	23.1
Velocidad Vacío (km/h)	23.52	24.41	25.59	25.60	28.33	24.90	25.43	25.60	24.90	24.28	25.3
Consumo de diesel	31.76	32.48	32.93	31.79	31.03	33.08	31.50	30.57	33.02	32.83	32.10

Anexo 8 Tabla 3 Cálculos de la productividad de explotación área 31 Moa Oriental

Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.			Liebherr 984C	
Excavadoras:				
Camiones:			Volvo A40D	Bell B50D
Volumen nominal cubo	E	m3	6	6
Factor de llenado del cubo de la excavadora.	Klle		95%	95%
Volumen real de mineral en el cubo	Vc	m3	5.7	5.7
Masa de mineral en el cubo (suelto húmedo)	qcu	t	4.5	4.5
Capacidad de carga máxima del camión	Cca	t	40	50
Volumen nominal del camión colmado.	Vn	m3	30.0	34.5
Aprovechamiento del volumen del camión	Kv	%	95.0%	99.1%
Aprovechamiento de la capacidad de carga del camión	Kv	%	56.2%	53.9%
Cantidad de cubos (volumen).	Ccu	Und.	5.26	6.05
Cantidad de cubos (masa).	Ccu	Und.	8.90	11.13
Cantidad asumida de cubos	Ccu	Und.	5	6
Volumen real camión	Vr	m3	28.50	34.20
Masa de mineral en el camión (material suelto húmedo)	qh	t	22.47	26.96
Coeficiente de esponjamiento	Ke		1.37	1.37
Humedad natural del mineral	W	%	36	36
Tiempo del ciclo de excavación	tc	seg	30	30
Tiempo de carga	tcarga	min	2.00	2.50
Tiempo de descarga	tdesc.	min	0.6	0.62
DISTANCIA DE TRANSPORTACION	L	km	8.3	8.3
Velocidad del camión cargado	Vcc	km/h	21.8	20.04
Tiempo recorrido cargado	trc	min	22.84	24.85
Velocidad del camión vacío	Vcv	km/h	26	25.2
Tiempo de recorrido vacío	trv	min	19.2	19.76
Tiempo de maniobra	tm	min	1.3	1.4
Tiempo perdido (prep.frente, camino malo, etc)	tp	min	0.5	1.6
Tiempo de Muestreo de los camiones		min	0.3	0.3
Tiempo de limpieza de la volqueta (c / viaje)		min	0.6	0.62
TIEMPO DE CICLO DEL CAMION	tcc	min	47.30	51.7
PRODUCTIVIDAD HORARIA	Qh	t/h	24	26.6
Aprovechamiento del tiempo	KuT		85.00%	85.00%
Duración Turno	tr	h	12	12
Productividad por turno	Qr	t/t	251	276
Disponibilidad técnica	Kd		90.00%	90.00%
Coeficiente de utilización del parque	Kup	%	96.00%	96.00%
Cantidad de turnos por día	CT		2	2
PRODUCTIVIDAD DIARIA	Qdía	t/d	502	552

Anexo 9

Tabla 1 Indicadores Área 1 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A											
Actividad	Minería											
Origen	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	
Destino	Planta de pulpa											
Camión	Volvo A40D											
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Unidad medida: min												Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Tiempo de maniobra para carga (min)	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.4	2.0	2.0	2.0	2.0	1.5	2.0	2.0
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	5.47	5.50	5.52	5.67	6.10	5.67	6.52	5.84	6.15	5.12	5.12	5.7
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.40	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.71	0.70	0.77	0.70	0.74	0.81	0.75	0.80	0.80	0.80	0.85	0.77
Tiempo de descarga (min)	0.45	0.65	0.55	0.65	0.70	0.65	0.55	0.70	0.72	0.70	0.70	0.64
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	1.10	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	1.62	1.62	0.6
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	3.67	4.10	3.17	4.10	5.20	5.20	3.15	3.00	3.10	3.45	3.45	3.8
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.1
Ciclo (min)	14.6	13.6	12.5	15.0	15.8	15.6	15.3	13.2	13.5	13.8	15.4	14.4
Distancia recorrido Cargado (km)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Cargado (min)	6.93	7.25	7.1	7.32	7.84	7.43	8.12	7.64	7.97	6.62	6.97	7.4
Velocidad Cargado (km/h)	13.16	13.09	13.04	12.70	11.80	12.70	11.04	12.33	11.71	14.06	14.06	12.7
Distancia recorrido Vacío (km)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Vacío (min)	5.92	6.33	5.4	6.43	7.94	7.65	5.8	5.52	5.52	5.68	6.77	6.3
Velocidad Vacío (km/h)	19.62	17.56	22.71	17.56	13.85	13.85	22.86	24.00	23.23	20.87	20.87	19.7
Consumo de diesel	7.7	7.2	6.6	7.9	8.4	8.3	8.1	7.0	7.1	10.0	8.1	7.6

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 9

Tabla 2 Indicadores Área 1 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A											
Actividad	Minería											
Origen	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	
Destino	Planta de pulpa											
Camión	Volvo A40D											
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-10	R-16	
Viaje	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Unidad medida: min												Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.5
Tiempo de preparación frente y/o ramales	0.0	0.0	0.5	0.0	0.7	0.0	1.2	0.0	0.0	0.0	1.1	0.4
Tiempo de maniobra para carga	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.3	0.9	0.7
Tiempo de carga de la excavadora 8(min)	2.0	2.0	2.3	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0	2.1	1.5	2.2	2.2
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	5.12	6.15	7.00	6.54	5.21	5.00	2.15	5.46	6.10	5.12	5.10	5.9
Tiempo de muestreo m(in)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.0
Tiempo de maniobra para descarga (min)	1.03	1.40	0.90	1.30	0.82	1.30	0.93	1.20	1.80	0.50	0.93	1.2
Tiempo de descarga (min)	0.63	0.72	0.70	0.68	0.73	0.68	0.75	0.75	0.75	0.70	0.75	0.8
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.62	0.00	0.2
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	3.45	4.00	5.00	4.56	3.85	3.10	4.62	4.00	5.10	3.45	5.25	4.6
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.0
Ciclo (min)	12.8	14.8	16.6	15.5	13.8	12.4	12.6	14.3	16.8	13.9	16.3	16.0
Distancia recorrido Cargado (km)	1.20	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
Tiempo total Cargado (min)	6.78	8.2667	8.6	8.5233	6.76	6.9833	3.8333	7.41	8.65	6.62	6.7833	7.9
Velocidad Cargado (km/h)	14.06	11.71	10.29	11.01	13.82	14.40	33.49	13.19	11.80	14.06	14.12	13.4
Distancia recorrido Vacío (km)	1.20	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.3
Tiempo total Vacío (min)	6.00	6.5	8.0	7.01	6.35	5.4333	7.5533	6.9333	8.1333	5.68	8.3833	7.6
Velocidad Vacío (km/h)	20.87	18.00	14.40	15.79	18.70	23.23	15.58	18.00	14.12	20.87	13.71	17.1
Consumo de diesel	6.8	7.8263	8.807	8.2327	7.3193	6.5808	6.6709	7.602	8.8952	10.028	8.6213	8.7

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 9

Tabla 3 Indicadores Área 1 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A											
Actividad	Minería											
Origen	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	
Destino	Planta de pulpa											
Camión	Volvo A40D											
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-10	R-16
Viaje	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
Unidad medida: min												Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.5
Tiempo de preparación frente y/o ramales	1.5	0.0	1.5	0.0	1.6	1.5	0.0	1.3	1.7	0.0	1.5	1.0
Tiempo de maniobra para carga	0.3	0.2	0.2	0.3	0.6	0.6	0.4	0.7	0.5	0.3	0.3	0.5
Tiempo de carga de la excavadora (min)	1.9	1.9	2.0	1.8	2.0	2.0	2.1	2.0	2.0	2.0	2.1	2.0
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	5.74	5.75	5.84	5.55	5.25	5.36	5.62	5.68	5.41	5.12	5.86	5.6
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.80	0.77	0.80	0.77	0.78	0.78	0.77	0.78	0.75	0.78	0.70	0.77
Tiempo de descarga (min)	0.65	0.60	0.52	0.50	0.48	0.60	0.58	0.68	0.68	0.70	0.70	0.7
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	1.00	0.00	1.10	0.00	0.00	1.38	0.00	1.10	0.00	1.62	0.00	0.62
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	3.80	3.59	3.86	4.91	3.68	3.45	3.48	3.80	3.98	3.45	3.80	3.8
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	0.00	0.56	0.00	0.00	0.45	0.00	0.1
T ciclo (min)	16.0	13.1	16.1	14.6	14.7	16.0	13.8	16.3	15.3	14.7	15.3	15.3
Distancia recorrido Cargado (km)	1.20	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Cargado (min)	7.49	7.42	7.5	7.12	6.81	7.04	7.27	7.4433	7.1433	6.62	7.56	7.3
Velocidad Cargado (km/h)	12.54	12.52	12.33	12.97	13.71	13.43	12.81	12.68	13.31	14.06	12.29	12.9
Distancia recorrido Vacío (km)	1.20	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Vacío (min)	6.02	5.7233	7.5	7.46	6.26	6.0833	6.49	6.5	6.43	5.68	6.2167	7.0
Velocidad Vacío (km/h)	18.95	20.06	18.65	14.66	19.57	20.87	20.69	18.95	18.09	20.87	18.95	18.9
Consumo de diesel	8.49	24.52	24.52	24.52	24.52	24.52	24.52	24.52	24.52	10.03	24.52	21.74

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 9

Tabla 4 Indicadores técnicos, área 1 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A										
Actividad	Minería										
Origen	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	
Destino	Planta de pulpa										
Camión	Bell B50D										
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Unidad medida: min											Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	2.5	0.0	1.2	0.0	1.4	2.6	0.0	0.0	2.2	0.0	1.0
Tiempo de maniobra para carga (min)	0.4	0.5	0.6	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.7	0.4	0.5
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	6.20	6.32	5.98	5.67	6.10	6.15	6.52	5.98	6.15	6.12	6.1
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.40	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Tiempo de descarga (min)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	1.98	0.00	0.00	1.20	0.00	0.00	1.40	0.00	0.00	1.62	0.6
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	3.67	3.91	3.89	3.72	4.00	3.95	3.91	4.00	4.10	3.95	3.91
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.39	0.00	0.00	0.42	0.00	0.00	0.00	0.29	0.11
T ciclo (min)	19.1	15.1	16.3	15.3	16.2	18.0	16.6	14.7	17.5	16.7	16.5
Distancia recorrido Cargado (km)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Cargado (min)	8.02	8.24	7.8	7.49	7.92	7.97	8.34	7.8	7.97	7.94	7.9
Velocidad Cargado (km/h)	11.61	11.39	12.04	12.70	11.80	11.71	11.04	12.04	11.71	11.76	11.78
Distancia recorrido Vacío (km)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Vacío (min)	6.57	6.86	8.6	6.62	6.9	7.47	6.81	6.9	7.3	7.14	7.1
Velocidad Vacío (km/h)	19.62	18.41	18.51	19.35	18.00	18.23	18.41	18.00	17.56	18.23	18.4
Consumo de diesel	13.4	10.6	11.5	10.8	11.4	12.7	11.6	10.3	12.3	11.7	11.6

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 9

Tabla 5 Indicadores técnicos, área 1 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A										
Actividad	Minería										
Origen	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	
Destino	Planta de pulpa										
Camión	Bell B50D										
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Unidad medida: min											Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales	1.9	0.0	2.0	0.0	2.0	0.0	1.7	0.0	0.0	1.9	1.0
Tiempo de maniobra para carga	0.6	0.5	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	6.12	6.15	5.86	6.54	6.21	6.00	6.85	5.46	6.10	5.68	6.1
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.77	0.85	0.70	0.77	0.75	0.87	0.82	0.74	0.86	0.57	0.77
Tiempo de descarga (min)	0.75	0.72	0.70	0.84	0.73	0.76	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Tiempo de limpieza de cama camion (min)	1.20	0.00	0.00	2.10	0.00	0.00	2.20	0.00	2.10	0.00	0.8
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	4.10	4.00	4.52	4.56	3.85	4.60	4.62	3.45	4.85	0.65	3.92
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.16	0.00	0.00	0.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11
Ciclo (min)	18.2	15.0	17.3	18.1	16.8	16.5	20.3	13.8	18.1	13.0	16.7
Distancia recorrido Cargado (km)	1.20	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Cargado (min)	7.94	8.02	7.56	8.45	7.99	7.93	8.72	7.25	8.01	7.30	7.9
Velocidad Cargado (km/h)	11.76	11.71	12.29	11.01	11.59	12.00	10.51	13.19	11.80	12.68	11.8
Distancia recorrido Vacío (km)	1.20	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Vacío (min)	7.15	7	9.8	7.51	6.85	8.5733	7.72	6.55	7.95	3.75	7.3
Velocidad Vacío (km/h)	17.56	18.00	15.93	15.79	18.70	15.65	15.58	20.87	14.85	110.77	18.4
Consumo de diesel	12.79	10.56	12.19	12.70	11.84	11.60	14.30	9.70	12.70	9.10	11.7

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 9

Tabla 6 Indicadores técnicos, área 1 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A										
Actividad	Minería										
Origen	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	Área1	
Destino	Planta de pulpa										
Camión	Bell B50D										
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	R-18	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Unidad medida: min											Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales	2.2	0.0	1.6	0.0	1.7	1.3	0.9	0.0	1.1	1.0	1.0
Tiempo de maniobra para carga	0.5	0.5	0.6	0.4	0.5	0.6	0.5	0.5	0.7	0.5	0.5
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	6.16	6.24	5.92	6.11	6.16	6.08	6.69	5.72	6.13	5.90	6.1
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.35	0.28	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.77	0.81	0.74	0.77	0.76	0.82	0.80	0.76	0.82	0.67	0.77
Tiempo de descarga (min)	0.75	0.73	0.73	0.80	0.74	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.7
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	1.59	0.00	0.00	1.65	0.00	0.00	1.80	0.00	1.05	0.81	0.7
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	3.89	3.96	4.21	4.14	3.93	4.28	4.27	3.73	4.48	2.30	3.9
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.68	0.00	0.00	0.00	0.15	0.1
T ciclo (min)	18.6	15.1	16.8	16.7	16.5	17.3	18.4	14.3	17.8	14.8	16.6
Distancia recorrido Cargado (km)	1.20	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Cargado (min)	7.98	8.1283	7.7	7.97	7.9567	7.9493	8.53	7.525	7.99	7.62	7.9
Velocidad Cargado (km/h)	11.69	11.55	12.16	11.79	11.70	11.85	10.77	12.59	11.76	12.20	11.77
Distancia recorrido Vacío (km)	1.20	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
Tiempo total Vacío (min)	6.86	6.93	9.2	7.06	6.88	8.0217	7.265	6.725	7.625	5.445	7.2
Velocidad Vacío (km/h)	18.53	18.20	17.12	17.39	18.34	16.84	16.88	19.33	16.09	31.30	18.04
Consumo de diesel	13.09	10.59	11.84	11.73	11.62	12.13	12.97	10.02	12.49	10.42	11.69

Anexo 9 Tabla 7 Cálculos de la productividad de explotación área 1 Moa Occidental (Zona A)

Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.			Liebherr 984C	
Excavadoras:				
Camiones:			Volvo A40D	Bell B50D
Volumen nominal cubo	E	m3	6	6
Factor de llenado del cubo de la excavadora.	Klle		95%	95%
Volumen real de mineral en el cubo	Vc	m3	5.7	5.7
Masa de mineral en el cubo (suelto húmedo)	qcu	t	4.5	4.5
Capacidad de carga máxima del camión	Cca	t	40	50
Volumen nominal del camión colmado.	Vn	m3	30.0	34.5
Aprovechamiento del volumen del camión	Kv	%	95.0%	99.1%
Aprovechamiento de la capacidad de carga del camión	Kv	%	56.2%	53.9%
Cantidad de cubos (volumen).	Ccu	Und.	5.26	6.05
Cantidad de cubos (masa).	Ccu	Und.	8.90	11.13
Cantidad asumida de cubos	Ccu	Und.	5	6
Volumen real camión	Vr	m3	28.50	34.20
Masa de mineral en el camión (material suelto húmedo)	qh	t	22.47	26.96
Coeficiente de esponjamiento	Ke		1.37	1.37
Humedad natural del mineral	W	%	36	36
Tiempo del ciclo de excavación	tc	seg	30	30
Tiempo de carga	tcarga	min	2.00	2.50
Tiempo de descarga	tdesc.	min	0.6	0.67
DISTANCIA DE TRANSPORTACION	L	km	1.2	1.2
Velocidad del camión cargado	Vcc	km/h	12.8	11.77
Tiempo recorrido cargado	trc	min	5.63	6.12
Velocidad del camión vacío	Vcv	km/h	18.9	18.4
Tiempo de recorrido vacío	trv	min	3.8	3.9
Tiempo de maniobra	tm	min	1.2	1.3
Tiempo perdido (prep.frente, camino malo, etc)	tp	min	1.1	1.11
Tiempo de Muestreo de los camiones		min	0.5	0.5
Tiempo de limpieza de la volqueta (c / viaje)		min	0.62	0.62
TIEMPO DE CICLO DEL CAMION	tcc	min	15.5	16.7
PRODUCTIVIDAD HORARIA	Qh	t/h	74	82
Aprovechamiento del tiempo	KuT		85.00%	85.00%
Duración Turno	tr	h	12	12
Productividad por turno	Qt	t/t	769	852
Disponibilidad técnica	Kd		90.00%	90.00%
Coeficiente de utilización del parque	Kup	%	96.00%	96.00%
Cantidad de turnos por día	CT		2	2
PRODUCTIVIDAD DIARIA	Qdía	t/d	1537	1704

Anexo 10

Tabla 1 Indicadores área 8 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A										
Actividad	Minería										
Origen	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	
Destino	Planta de pulpa										
Camión	Volvo A40D										
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	R-10	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Unidad medida: min											Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Tiempo de maniobra para carga (min)	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.5	0.7	0.5	0.4	0.3	0.4
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	8.20	8.71	8.42	8.42	9.00	8.85	8.65	8.85	9.00	8.10	8.62
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.40	0.25	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.75	0.75	0.76	0.79	0.76	0.78	0.79	0.77	0.80	0.80	0.77
Tiempo de descarga (min)	0.45	0.65	0.55	0.65	0.70	0.65	0.55	0.70	0.72	0.70	0.63
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	1.50	0.00	0.00	1.50	0.00	0.00	1.70	0.00	0.00	1.50	0.62
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	5.95	5.65	6.00	5.95	6.00	5.46	5.48	5.50	5.64	5.98	5.8
Tiempo de espera (min)	1.25	0.00	0.55	0.00	0.00	0.42	0.00	0.62	0.00	0.45	0.3
Ciclo (min)	20.7	18.4	18.8	19.9	19.1	19.4	19.3	19.3	18.9	20.2	19.4
Distancia recorrido Cargado (km)	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Tiempo total Cargado (min)	9.70	10.51	10.0	10.16	10.76	10.58	9.5	10.62	10.82	9.9	10.3
Velocidad Cargado (km/h)	19.02	17.91	18.53	18.53	17.33	17.63	18.03	17.63	17.33	19.26	18.1
Distancia recorrido Vacío (km)	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Tiempo total Vacío (min)	9.45	7.88	8.8	8.28	8.32	8.33	8.13	8.64	8.06	8.75	8.5
Velocidad Vacío (km/h)	26.22	27.61	26.00	26.22	26.00	28.57	28.47	28.36	27.66	26.09	26.5
Consumo de diesel	13.6	12.1	12.4	13.2	12.6	12.8	12.8	12.7	12.5	13.3	12.8

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 10

Tabla 2 Indicadores área 8 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A										
Actividad	Minería										
Origen	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	
Destino	Planta de pulpa										
Camión	Volvo A40D										
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	
Viaje	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Unidad medida: min											Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales	0.0	0.0	0.5	0.0	0.7	0.0	1.2	0.0	0.0	1.1	0.4
Tiempo de maniobra para carga	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7
Tiempo de carga de la excavadora 8(min)	2.0	2.0	2.3	2.0	2.0	1.8	2.0	2.0	2.1	2.2	2.0
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	8.62	8.60	8.72	8.45	8.56	8.46	8.45	8.50	9.00	9.10	8.6
Tiempo de muestreo m(in)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Tiempo de maniobra para descarga (min)	1.03	1.40	0.90	1.30	0.82	1.30	0.93	1.20	1.80	0.93	1.2
Tiempo de descarga (min)	0.63	0.72	0.70	0.68	0.73	0.68	0.75	0.75	0.75	0.75	0.7
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	5.65	6.10	5.85	5.95	6.20	5.84	6.20	5.84	5.80	5.80	5.9
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Ciclo (min)	18.5	19.3	19.2	18.8	19.5	18.6	20.5	19.2	20.4	20.8	19.5
Distancia recorrido Cargado (km)	2.60	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Tiempo total Cargado (min)	10.28	10.72	10.3	10.43	10.11	10.44	10.133	10.45	11.55	10.78	10.5
Velocidad Cargado (km/h)	18.10	18.14	17.89	18.46	18.22	18.44	18.46	18.35	17.33	17.14	18.1
Distancia recorrido Vacío (km)	2.60	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Tiempo total Vacío (min)	8.20	8.60	8.87	8.40	8.70	8.17	9.13	8.77	8.83	8.93	8.7
Velocidad Vacío (km/h)	27.61	25.57	26.67	26.22	25.16	26.71	25.16	26.71	26.90	26.90	26.4
Consumo de diesel	12.20	12.75	12.67	12.43	12.88	12.29	13.51	12.69	13.46	13.74	12.9

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 10

Tabla 3 Indicadores área 8 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A						
Actividad	Minería						
Origen	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	
Destino	Planta de pulpa						
Camión	Volvo A40D						
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	R-16	
Viaje	21	22	23	24	25	26	
Unidad medida: min							Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tiempo de maniobra para carga	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	8.56	8.95	8.85	8.62	8.65	8.45	8.68
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.78	0.75	0.79	0.73	0.79	0.77	0.77
Tiempo de descarga (min)	0.76	0.74	0.76	0.75	0.74	0.72	0.75
Tiempo de limpieza de cama camion (min)	1.23	0.00	0.00	1.42	0.00	1.30	0.7
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	5.98	6.00	5.89	5.80	5.75	5.86	5.88
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
T ciclo (min)	20.1	19.2	19.1	20.1	18.7	19.9	19.5
Distancia recorrido Cargado (km)	2.60	1.2	2.6	2.6	2.6	2.6	2.4
Tiempo total Cargado (min)	10.40	10.74	10.7	10.4	10.48	10.24	10.5
Velocidad Cargado (km/h)	18.22	8.04	17.63	18.10	18.03	18.46	16
Distancia recorrido Vacío (km)	2.60	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Tiempo total Vacío (min)	8.48	8.5	8.4	8.30	8.25	8.36	8.4
Velocidad Vacío (km/h)	26.09	26.00	26.49	26.90	27.13	26.62	27
Consumo de diesel	13.28	12.75	12.67	12.43	12.88	12.29	12.72

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 10

Tabla 5 Indicadores técnicos, área 8 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A										
Actividad	Minería										
Origen	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	
Destino	Planta de pulpa										
Camión	Bell B50D										
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-8	R-8	R-8	R-8	R-8	R-8	R-8	R-8	R-8	R-8	
Viaje	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
Unidad medida: min											Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tiempo de maniobra para carga	0.6	0.5	0.3	0.5	0.5	0.5	0.9	0.9	0.9	0.9	0.7
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	9.10	9.95	9.64	9.10	9.10	9.95	9.45	9.10	9.49	9.12	9.4
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.73	0.74	0.76	0.84	0.82	0.74	0.76	0.85	0.74	0.72	0.77
Tiempo de descarga (min)	0.80	0.72	0.70	0.68	0.73	0.87	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	1.10	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	1.05	0.00	0.00	0.3
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	6.00	6.12	6.10	5.95	6.06	5.90	6.12	5.90	6.15	6.20	6.05
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Ciclo (min)	21.1	20.8	20.3	21.0	20.0	20.8	20.8	21.4	20.9	20.5	20.8
Distancia recorrido Cargado (km)	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.60	2.6
Tiempo total Cargado (min)	10.93	11.71	11.4	10.92	10.95	11.86	11.26	11	11.28	10.89	11.2
Velocidad Cargado (km/h)	17.14	15.68	16.18	17.14	17.14	15.68	16.51	17.14	16.44	17.11	16.6
Distancia recorrido Vacío (km)	2.60	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
Tiempo total Vacío (min)	9.05	9.12	8.87	8.90	9.06	8.93	9.55	9.33	9.58	9.63	9.2
Velocidad Vacío (km/h)	26.00	25.49	25.57	26.22	25.74	26.44	25.49	26.44	25.37	25.16	25.8
Consumo de diesel	14.726	14.547	14.16	14.691	13.977	14.521	14.538	14.936	14.573	14.335	14.5

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 10

Tabla 6 Indicadores técnicos, área 8 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A				
Actividad	Minería				
Origen	Área 8	Área 8	Área 8	Área 8	
Destino	Planta de pulpa				
Camión	Bell B50D				
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R-8	R-8	R-8	R-8	
Viaje	21	22	23	24	
Unidad medida: min					Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tiempo de maniobra para carga	0.3	0.6	0.7	0.3	0.5
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	9.10	10.00	9.25	9.10	9.4
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.78	0.79	0.80	0.70	0.77
Tiempo de descarga (min)	0.75	0.74	0.72	0.79	0.75
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	1.50	0.00	0.98	0.00	0.62
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	5.92	6.10	6.20	5.98	6.05
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
T ciclo (min)	21.2	21.0	21.5	19.7	20.8
Distancia recorrido Cargado (km)	2.60	2.6	2.6	2.6	2.6
Tiempo total Cargado (min)	10.93	11.83	11.1	10.89	11.2
Velocidad Cargado (km/h)	17.14	15.60	16.86	17.14	16.60
Distancia recorrido Vacío (km)	2.60	2.6	2.6	2.6	2.6
Tiempo total Vacío (min)	8.75	9.2	9.4	8.78	9.0
Velocidad Vacío (km/h)	26.35	25.57	25.16	26.09	25.77
Consumo de diesel	14.64	14.54	14.83	13.60	14.40

Anexo 10 Tabla 7 Cálculos de la productividad de explotación área 8 Moa Occidental (Zona A)

Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.			Liebherr 984C	
Excavadoras:			Volvo A40D	Bell B50D
Camiones:				
Volumen nominal cubo	E	m3	6	6
Factor de llenado del cubo de la excavadora.	Klle		95%	95%
Volumen real de mineral en el cubo	Vc	m3	5.7	5.7
Masa de mineral en el cubo (suelto húmedo)	qcu	t	4.5	4.5
Capacidad de carga máxima del camión	Cca	t	40	50
Volumen nominal del camión colmado.	Vn	m3	30.0	34.5
Aprovechamiento del volumen del camión	Kv	%	95.0%	99.1%
Aprovechamiento de la capacidad de carga del camión	Kv	%	56.2%	53.9%
Cantidad de cubos (volumen).	Ccu	Und.	5.26	6.05
Cantidad de cubos (masa).	Ccu	Und.	8.90	11.13
Cantidad asumida de cubos	Ccu	Und.	5	6
Volumen real camión	Vr	m3	28.50	34.20
Masa de mineral en el camión (material suelto húmedo)	qh	t	22.47	26.96
Coeficiente de esponjamiento	Ke		1.37	1.37
Humedad natural del mineral	W	%	36	36
Tiempo del ciclo de excavación	tc	seg	30	30
Tiempo de carga	tcarga	min	2.00	2.50
Tiempo de descarga	tdesc.	min	0.75	0.75
DISTANCIA DE TRANSPORTACION	L	km	2.6	2.6
Velocidad del camión cargado	Vcc	km/h	18.1	16.6
Tiempo recorrido cargado	trc	min	8.62	9.40
Velocidad del camión vacío	Vcv	km/h	26.5	25.77
Tiempo de recorrido vacío	trv	min	5.9	6.1
Tiempo de maniobra	tm	min	1.2	1.2
Tiempo perdido (prep.frente, camino malo, etc)	tp	min	0	0
Tiempo de Muestreo de los camiones		min	0.3	0.3
Tiempo de limpieza de la volqueta (c / viaje)		min	0.62	0.62
TIEMPO DE CICLO DEL CAMION	tcc	min	19.4	20.8
PRODUCTIVIDAD HORARIA	Qh	t/h	59	66
Aprovechamiento del tiempo	KuT		85.00%	85.00%
Duración Turno	tr	h	12	12
Productividad por turno	QT	t/t	614	685
Disponibilidad técnica	Kd		90.00%	90.00%
Coeficiente de utilización del parque	Kup	%	96.00%	96.00%
Cantidad de turnos por día	CT		2	2
PRODUCTIVIDAD DIARIA	QDÍA	t/d	1228	1369

Anexo 11

Tabla 1 de Indicadores área 12-13 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A										
Actividad	Minería										
Origen	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	
Destino	Planta de pulpa										
Camión	Volvo A40D										
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Unidad medida: min											Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0.0
Tiempo de maniobra para carga (min)	0.6	0.4	0.7	0.5	0.7	0.6	0.5	0.5	0.7	0.8	0.6
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	11.52	11.62	11.42	11.65	11.62	11.52	12.00	11.85	11.50	12.00	11.67
Tiempo de muestreo m(in)	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.25	0.32	0.28	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.68	0.68	0.65	0.76	0.75	0.74	0.72	0.70	0.78	0.71	0.72
Tiempo de descarga (min)	0.85	0.70	0.72	0.75	0.78	0.83	0.71	0.72	0.71	0.73	0.75
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	1.23	0.00	0.00	0.68	0.00	0.3
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	8.10	8.10	7.65	7.95	8.00	8.10	8.95	8.40	8.20	9.00	8.2
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
T ciclo (min)	23.9	23.8	24.6	23.9	24.1	25.3	25.1	24.5	24.9	25.5	24.6
Distancia recorrido Cargado (km)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tiempo total Cargado (min)	13.3	13.3	13.1	13.5	13.5	13.4	13.7	13.6	13.3	13.7	13.4
Velocidad Cargado (km/h)	18.75	18.59	18.9	18.5	18.6	18.8	18.0	18.2	18.8	18.0	18.5
Distancia recorrido Vacío (km)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tiempo total Vacío (min)	10.7	10.5	10.3	10.5	10.7	10.7	11.4	10.9	10.9	11.8	10.8
Velocidad Vacío (km/h)	26.67	26.67	28.24	27.17	27.00	26.67	24.13	25.71	26.34	24.00	26.3
Consumo de diesel	15.27	15.16	15.72	15.26	15.38	16.13	16.00	15.64	15.86	16.30	15.7

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 11

Tabla 2 de Indicadores área 12-13 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A									
Actividad	Minería									
Origen	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13
Destino	Planta de pulpa									
Camión	Volva A40D									
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8	R- 8
Viaje	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Unidad medida: min										Promedio
Cantidad de cubos	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tiempo de maniobra para carga	0.5	0.6	0.5	0.7	0.5	0.4	0.8	0.5	0.8	0.6
Tiempo de carga de la excavadora 8(min)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	11.45	12.00	11.65	12.10	11.89	11.10	11.20	11.79	12.00	11.52
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.74	0.77	0.75	0.80	0.75	0.85	0.75	0.89	0.85	0.71
Tiempo de descarga (min)	0.62	0.58	0.52	0.60	0.54	0.62	0.58	0.65	0.68	0.6
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.52	0.00
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	8.10	8.90	9.00	6.83	8.50	9.00	8.60	8.70	8.40	8.4
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Ciclo (min)	23.7	25.3	25.7	23.3	24.5	25.3	24.2	24.8	26.6	24.6
Distancia recorrido Cargado (km)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tiempo total Cargado (min)	13.11	13.75	13.2	13.8	13.48	12.87	12.83	13.63	13.83	13.23
Velocidad Cargado (km/h)	18.86	18.00	18.54	17.85	18.17	19.46	19.29	18.32	18.00	18.75
Distancia recorrido Vacío (km)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tiempo total Vacío (min)	10.60	11.5	11.5	9.53	11.00	11.4	11.4	11.2	11.2	11.4
Velocidad Vacío (km/h)	26.67	24.27	24.00	31.63	25.41	24.00	25.12	24.83	25.71	25.71
Consumo de diesel	15.13	16.11	16.41	14.89	15.62	16.12	15.46	15.84	16.94	15.72

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 11

Tabla 3 Indicadores técnicos, área 12-13 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A										
Actividad	Minería										
Origen	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	Área12-13	
Destino	Planta de pulpa										
Camión	Volvo A40D										
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	
Viaje	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Unidad medida: min											Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales (min)	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0	0	0.0	0	0.0
Tiempo de maniobra para carga (min)	0.9	1.1	1.0	1.1	1.0	1.1	0.8	0.9	1.0	1.0	1.0
Tiempo de carga de la excavadora (min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.6	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	12.11	13.00	12.86	13.12	12.75	12.56	13.02	12.66	12.85	12.27	12.72
Tiempo de muestreo m(in)	0.20	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.25	0.32	0.28	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.74	0.76	0.75	0.72	0.75	0.74	0.63	0.70	0.71	0.70	0.72
Tiempo de descarga (min)	0.74	0.71	0.76	0.72	0.75	0.79	0.76	0.74	0.76	0.78	0.75
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.89	0.00	0.00	0.89	0.00	0.3
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	8.20	8.65	8.45	8.45	8.10	8.20	8.64	8.45	8.32	8.45	8.4
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Ciclo (min)	25.3	27.0	27.5	26.9	26.1	27.1	26.7	26.2	27.3	26.0	26.9
Distancia recorrido Cargado (km)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tiempo total Cargado (min)	13.8	14.8	14.7	14.9	14.6	14.4	14.7	14.4	14.6	14.1	14.48
Velocidad Cargado (km/h)	17.84	16.62	16.8	16.5	16.9	17.2	16.6	17.1	16.8	17.6	17.0
Distancia recorrido Vacío (km)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tiempo total Vacío (min)	11.6	12.3	12.0	12.1	11.5	11.8	12.0	11.8	11.8	12.0	11.9
Velocidad Vacío (km/h)	26.34	24.97	25.56	25.56	26.67	26.34	25.00	25.56	25.96	25.56	26
Consumo de diesel	16.19	17.26	17.57	17.20	16.66	17.30	17.05	16.72	17.44	16.61	17.0

**Estudio comparativo del rendimiento técnico – productivo entre los camiones Volvo A40D y los
Bell A50D en los yacimientos lateríticos de Moa Nickel S.A**

Anexo 11

Tabla 4 Indicadores técnicos, área 12-13 Moa Occidental Zona A

Yacimiento	Moa Occidental Zona A									
Actividad	Minería									
Origen	Área 12-13	Área 12-13	Área 12-13	Área 12-13	Área 12-13	Área 12-13	Área 12-13	Área 12-13	Área 12-13	
Destino	Planta de pulpa									
Camión	Volva A40D									
Retroexcavadora LIEBHERR 984C	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	R- 10	
Viaje	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Unidad medida: min										Promedio
Cantidad de cubos	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6.0
Tiempo de preparación frente y/o ramales	0.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Tiempo de maniobra para carga	1.2	1.0	1.2	1.5	0.9	0.9	0.8	0.8	1.2	1.0
Tiempo de carga de la excavadora 8(min)	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
Tiempo de recorrido camión cargado (min)	12.45	13.00	11.89	13.24	12.10	12.01	13.52	12.45	12.45	12.7
Tiempo de muestreo m(in)	0.30	0.40	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.3
Tiempo de maniobra para descarga (min)	0.60	0.60	0.75	0.80	0.75	0.85	0.75	0.89	0.85	0.78
Tiempo de descarga (min)	0.62	0.75	0.72	0.71	0.79	0.78	0.79	0.84	0.75	0.75
Tiempo de limpieza de cama camión (min)	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.3
Tiempo de recorrido camión vacío (min)	8.65	8.45	8.60	8.30	8.20	8.20	8.20	8.20	8.20	8.3
Tiempo de espera (min)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Ciclo (min)	26.3	26.7	27.5	27.4	25.5	26.5	26.9	26.0	27.3	26.9
Distancia recorrido Cargado (km)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tiempo total Cargado (min)	13.97	14.75	13.7	15.05	13.94	13.94	15.36	14.48	14.35	14.6
Velocidad Cargado (km/h)	17.35	16.62	18.17	16.31	17.85	17.99	15.98	17.35	17.35	17.0
Distancia recorrido Vacío (km)	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
Tiempo total Vacío (min)	12.35	11.95	12.8	12.30	11.59	11.59	11.5	11.48	11.9	11.9
Velocidad Vacío (km/h)	24.97	25.56	25.12	26.02	26.34	26.34	26.34	26.34	26.34	26.0
Consumo de diesel	16.81	17.05	17.54	17.47	16.31	16.95	17.16	16.58	17.41	17.1

Anexo 11 Tabla 6 Cálculos de la productividad de explotación área 12-13 Moa Occidental (Zona A)

Pedro Sotto Alba - Moa Nickel S.A.			Liebherr 984C	
Excavadoras:				
Camiones:			Volvo A40D	Bell B50D
Volumen nominal cubo	E	m3	6	6
Factor de llenado del cubo de la excavadora.	Klle		95%	95%
Volumen real de mineral en el cubo	Vc	m3	5.7	5.7
Masa de mineral en el cubo (suelto húmedo)	qcu	t	4.5	4.5
Capacidad de carga máxima del camión	Cca	t	40	50
Volumen nominal del camión colmado.	Vn	m3	30.0	34.5
Aprovechamiento del volumen del camión	Kv	%	95.0%	99.1%
Aprovechamiento de la capacidad de carga del camión	Kv	%	56.2%	53.9%
Cantidad de cubos (volumen).	Ccu	Und.	5.26	6.05
Cantidad de cubos (masa).	Ccu	Und.	8.90	11.13
Cantidad asumida de cubos	Ccu	Und.	5	6
Volumen real camión	Vr	m3	28.50	34.20
Masa de mineral en el camión (material suelto húmedo)	qh	t	22.47	26.96
Coeficiente de esponjamiento	Ke		1.37	1.37
Humedad natural del mineral	W	%	36	36
Tiempo del ciclo de excavación	tc	seg	30	30
Tiempo de carga	tcarga	min	2.00	2.50
Tiempo de descarga	tdesc.	min	0.75	0.75
DISTANCIA DE TRANSPORTACION	L	km	3.6	3.6
Velocidad del camión cargado	Vcc	km/h	18.5	16.98
Tiempo recorrido cargado	trc	min	11.68	12.72
Velocidad del camión vacío	Vcv	km/h	26.8	26.03
Tiempo de recorrido vacío	trv	min	8.1	8.3
Tiempo de maniobra	tm	min	1.1	1.5
Tiempo perdido (prep.frente, camino malo, etc)	tp	min	0	0
Tiempo de Muestreo de los camiones		min	0.5	0.5
Tiempo de limpieza de la volqueta (c / viaje)		min	0.62	0.62
TIEMPO DE CICLO DEL CAMION	tcc	min	24.70	26.9
PRODUCTIVIDAD HORARIA	Qh	t/h	46	51
Aprovechamiento del tiempo	KuT		85.00%	85.00%
Duración Turno	tr	h	12	12
Productividad por turno	QT	t/t	481	530
Disponibilidad técnica	Kd		90.00%	90.00%
Coeficiente de utilización del parque	Kup	%	96.00%	96.00%
Cantidad de turnos por día	CT		2	2
Días laborales al mes	D	Und.	30	30
PRODUCTIVIDAD DIARIA	Qdía	t/d	962	1060