

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FÍSICA DE LOS EQUIPOS
MINEROS QUE OPERAN A CIELO ABIERTO MEDIANTE EL
USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD
OPERACIONAL DURANTE EL AÑO 2011, EN EL ESTADO
ARAGUA.**

Presentado ante la Ilustre.
Universidad Central de Venezuela
Por Morales F, Juan L
Para optar al título de:
Ingeniero de Minas

Caracas 2012

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FÍSICA DE LOS EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN A CIELO ABIERTO MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL DURANTE EL AÑO 2011, EN EL ESTADO ARAGUA

TUTORA ACADÉMICA: Profa. Aurora Piña

CO-TUTORA ACADÉMICA: Profa. Katherine Silva

TUTOR INDUSTRIAL: Ing. José Yazawa

Presentado ante la Ilustre.
Universidad Central de Venezuela
Por Morales F., Juan L
Para optar al título de:
Ingeniero de Minas

Caracas, 20 de junio de 2012

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Juan Luis Morales Fuentes titulado:

“ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FÍSICA DE LOS EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN A CIELO ABIERTO MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL DURANTE EL AÑO 2011, EN EL ESTADO ARAGUA.”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Minas, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por los autores, lo declaran APROBADO.

Profa. María Torrealba
Jurado

Prof. Omar Márquez
Jurado

Profa. Aurora Piña
Tutora Académica-Jurado

Ing. José Yazawa
Tutor Industrial

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios ante todas las cosas por darme la vida, fuerza e inteligencia para seguir siempre adelante, por permitirme tener a mi gran familia, novia y por darme los mejores profesores, profesoras y amigos que alguien pudiese tener.

Agradezco a la Universidad Central de Venezuela, “La Casa que vence las Sombras” por ser hogar de tantos recuerdos y lecciones aprendidas, donde me he formado como profesional y ser humano con el fin de contribuir en el progreso del país.

Un muy especial agradecimiento a la profesora Aurora Piña, tutora de esta obra la cual siempre dio su amistad, apoyo, guía y conocimiento en pro de lograr el mejor trabajo posible cumpliendo a cabalidad cada uno de sus objetivos, a la profesora Katherine Silva co-tutora que siempre dispuesta a atenderme sin importar la hora, el día ni el momento.

Agradezco a Cristian Sánchez, Adrián Zambrano y a la empresa Minera Lomas de Níquel los cuales me permitieron recabar la información necesaria para la realizar este trabajo.

A mi familia, mi novia, mis compadres y a mis amigos que siempre me apoyaron y me impulsaron para dar lo mejor de mí, estando en las buenas y en las malas e incluso ayudándome a levantar cuando me sentía decaído recordándome que “SE PUEDE” y que “la diferencia entre lo posible y lo imposible es la determinación”.

Morales F, Juan L.

**ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN FÍSICA DE LOS EQUIPOS
MINEROS QUE OPERAN A CIELO ABIERTO MEDIANTE EL
USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD
OPERACIONAL DURANTE EL AÑO 2011, EN EL ESTADO
ARAGUA**

Tutora Académica: Profesora Aurora Piña.
Cotutora Académica: Profesora Katherine Silva
Tutor Industrial: Ingeniero José Yazawa.

Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2012, 86 páginas.

Palabras claves: equipos mineros-evaluación técnica, Aragua (estado), análisis causa raíz, análisis de criticidad, MINARSA, INVECEM, Minera Loma de Níquel.

El objetivo de este trabajo es realizar un diagnóstico del estado en que se encuentran el parque de máquinas mineras en el estado Aragua. Para llevar a cabo el análisis de la situación física de los equipos mineros que operan en la entidad, se encuestaron a las tres principales empresas mineras con la finalidad de recolectar los datos de cantidad, marca, modelo, pertenencia, año de compra, características del mantenimiento que ejecutan y las fallas más comunes que estas máquinas presentan.

Seguidamente se analizó la información teniendo en cuenta las composiciones de flotas, el estatus de operatividad y para finalizar se emplearon las herramientas de Confiabilidad Operacional (Causa – raíz, Análisis de Criticidad y Confiabilidad Humana) en la determinación de las causas y consecuencias de lo encontrado del estado de las máquinas mineras en este estado. Gracias a esto, se conoce que existen un total de 86 unidades que operan en la actividad minera de los cuales 64 manipulan minerales no metálicos y 22 minerales metálicos.

Se determinó que la mayoría de los equipos inoperativos presentan fallas de prioridad media con alta repetitividad debido a que se encuentran en el período final de su vida útil y que estas averías se encuentran altamente relacionadas con los mantenimientos, las condiciones de trabajo y con los operadores que las manejan. La principal recomendación es continuar con esta línea de investigación y con sus posibles derivaciones en las áreas de minería y ambiente y seguridad minera

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	2
FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. OBJETIVOS	3
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
1.3. JUSTIFICACIÓN	4
1.4. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (ARAGUA)	6
2.1.1. Formación Guárico – Miembro Morro del Faro	7
2.1.2 Formación Tiara – Complejo Ofiolítico Loma De Hierro	7
2.2. MINERÍA	7
2.3. MINERÍA A CIELO ABIERTO	7
2.4. ETAPAS DE UNA MINA	8
2.4.1. Prospección	8
2.4.2. Exploración	8

2.4.3. Desarrollo	8
2.4.4. Explotación	9
2.4.5. Cierre de Mina	9
2.5. OPERACIONES EN MINERÍA	9
2.5.1. Operaciones unitarias	10
2.5.2. Operaciones Auxiliares	10
2.6. EQUIPOS USADOS EN MINERÍA A CIELO ABIERTO EN VENEZUELA	10
2.6.1. Camiones o roqueros	10
2.6.2. Excavadoras retro o retroexcavadoras	11
2.6.4. Equipos de Perforación	12
2.6.5. Motoniveladora o Patrol	12
2.6.6. Tractores	12
2.6.7 Camiones de Agua o Cisterna	13
2.7. MANTENIMIENTO	13
2.7.1. Mantenimiento Correctivo.	13
2.7.2. Mantenimiento Programado	14
2.7.2.1. Mantenimiento preventivo.	14
2.7.2.2. Mantenimiento predictivo	14
2.8. PERÍODO DE VIDA DE UN EQUIPO.	15

2.9. CONFIABILIDAD OPERACIONAL	16
2.10. ANÁLISIS CAUSA – RAÍZ (MÉTODO DE ISHIKAWA)	17
2.11. ANÁLISIS DE CRITICIDAD.	17
2.12. BASE LEGAL DE LA TENENCIA Y DESINCORPORACIÓN DE LOS BIENES VINCULADOS A LOS DERECHOS MINEROS.	18
2.13. ENCUESTA	19
2.13. CUESTIONARIO	20
CAPITULO III	22
MARCO METODOLÓGICO	22
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	22
3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	22
3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA	22
3.4. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN	23
3.5. ANÁLISIS DE DATOS	23
3.6. LIMITACIONES	23
CAPITULO IV	25
RESULTADOS	25
4.1. MINAS DE ARAGUA S.A. (MINARSA)	25
4.1.1. Cantera Agua Viva 2	26
4.1.2. Cantera El Carmen	28

4.1.3. Cantera Quebrada Honda	-----29
4.1.4. Arenera El Paito	-----31
4.1.5. Cantera El Samán	-----32
4.1.6. Cantera Chupadero	-----33
4.1.7. Cantera El Pardillal	-----35
4.2. INDUSTRIA VENEZOLANA DEL CEMENTO (INVECEM)	-----36
4.3. MINERA LOMA DE NÍQUEL (MLDN)	-----38
DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	-----41
1. NO METÁLICOS.	-----41
1.1. PERFORADORAS	-----42
1.2. RETROEXCAVADORAS Y CARGADORES FRONTALES	-----44
1.3. CAMIONES	-----46
1.4. EQUIPOS AUXILIARES	-----49
1.5. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LOS EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN CON MINERALES NO METÁLICOS EN EL ESTADO ARAGUA	51
1.5.1. De los equipos	-----51
1.5.2. Del estatus de los equipos	-----53
2. MINERALES METÁLICOS	-----56
2.1. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN DE LOS EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN CON MINERALES METÁLICOS EN EL ESTADO ARAGUA	-----58
2.1.1. De los equipos	-----58

2.1.2. Del estatus de los equipos-----	59
3. SITUACIÓN DE LOS EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN EN EL ESTADO ARAGUA UTILIZANDO LOS CRITERIOS CONFIABILIDAD OPERACIONAL. -----	60
3.1. ANÁLISIS CAUSA – RAÍZ-----	60
3.1.1. De las perforadoras. -----	60
3.1.2. De los equipos de carga. -----	62
3.1.3. De los camiones -----	67
3.1.4. De los tractores -----	70
3.2. ANÁLISIS DE CRITICIDAD. -----	74
3.3. CONFIABILIDAD HUMANA -----	76
CONCLUSIONES -----	80
RECOMENDACIONES -----	83
BIBLIOGRAFÍA-----	85
ANEXOS -----	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción de los equipos que operan en la cantera Agua Viva 2.	26
Tabla 2. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Carmen. ..	28
Tabla 3. Descripción de los equipos que operan en la cantera Quebrada Honda.	30
Tabla 4. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Paito.	31
Tabla 5. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Samán....	32
Tabla 6. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Chupadero – MINARSA	33
Tabla 7. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Pardillal. .	35
Tabla 8. Descripción de los equipos que operan en la cantera San Sebastián.	37
Tabla 9. Descripción de los equipos que operan en la empresa Minera Loma de Níquel	39
Tabla 10. Capacidades de los equipos de carga.	45
Tabla 11. Porcentaje de operatividad de los equipos que operan en la extracción de no metálicos.	53
Tabla 12. Período de compra de los equipos que operan en el estado Aragua.	55
Tabla 13. Fallas ocurridas en la perforadora.	61
Tabla 14. Fallas que mantienen a los equipos de carga inoperativos.	63
Tabla 15. Fallas que mantienen a los equipos de acarreo inoperativos en el estado Aragua.	67
Tabla 16. Fallas que mantienen a los tractores inoperativos.	71

Tabla 17. Cálculo de criticidad de las fallas que mantienen a los equipos inoperativos.

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Relación equipos nuevos y usados pertenecientes a la cantera Agua Viva 2.....	27
Gráfico 2. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera Agua Viva 2.	27
Gráfico 3. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera El Carmen.	29
Gráfico 4. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera Quebrada Honda	30
Gráfico 5. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera El Paito...	31
Gráfico 6. Relación equipos nuevos y usados pertenecientes a la cantera Chupadero.	34
Gráfico 7. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera Chupadero.	34
Gráfico 8. Relación equipos nuevos y usados pertenecientes a la cantera El Pardillal.	36
Gráfico 9. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera San Sebastián.	38
Gráfico 10. Relación equipos operativos e inoperativos de la empresa Minera Loma de Níquel.....	40
Gráfico 11. Número de equipos utilizados en la extracción de minerales no metálicos	42
Gráfico 12. Marcas de equipos de perforación presentes en el estado Aragua ..	42
Gráfico 13. Relación porcentual de perforadoras operativas e inoperativas ...	43
Gráfico 14. Marcas de retroexcavadoras y cargadores frontales presentes en el estado Aragua.....	44
Gráfico 15. Relación de los equipos de carga según su estatus operativo.....	45
Gráfico 16. Relación de equipos de carga comprados nuevos y usados.....	46

Gráfico 17. Porcentaje de equipos según su fecha de compra.....	46
Gráfico 18. Marcas de camiones presentes en el estado Aragua.	47
Gráfico 19. Distribución de los camiones según su capacidad en toneladas.....	47
Gráfica 20. Relación de camiones operativos e inoperativos.....	48
Gráfica 21. Agrupación de los camiones según su fecha de adquisición.....	48
Gráfico 22. Relación de equipos auxiliares operativos e inoperativos.....	50
Gráfico 23. Años de adquisición de los equipos auxiliares.....	50
Gráfico 24. Cantidad de equipos inoperativos según el tipo de mantenimiento que se les aplica	54
Gráfico 25. Distribución por equipo en MLDN	56
Gráfico 26. Distribución porcentual de equipos por estatus operativo.....	57
Gráfica 27. Distribución porcentual de los equipos según sus años en servicio.	58
Gráfico 28. Relación hipotética entre carga mental y rendimiento.	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del estado Aragua	6
Figura 2. Curva de la Bañera	15
Figura 3. Frentes de la confiabilidad operacional.....	16
Figura 4. Análisis causa – raíz para falla de perforadora.....	61
Figura 5. Análisis causa – raíz para fallas en los equipos de carga.	64
Figura 6. Análisis causa – raíz para fallas en los equipos de acarreo.....	68
Figura 7. Análisis causa – raíz para fallas en los tractores.	72

INTRODUCCIÓN

La presente investigación persigue el estudio de la situación física de los equipos mineros que operan en las minas y canteras del estado Aragua. Este trabajo es realizado debido a la necesidad de desarrollo y diversificación de las actividades económicas del país, ya que al atender este tema minero, se incluye al sector primario de la economía y se llenará un vacío en la información que permite el ajuste de la planificación para lograr metas a corto, mediano y largo plazo para el sector minero que satisface la necesidad de materiales industriales y de construcción

La investigación (Capítulo I) es del tipo exploratoria de campo debido a que es un tema innovador el cual recogerá la información directamente en cada una de las minas y canteras que permitan el acceso a la información requerida. El diseño de la investigación es no experimental, sólo transaccional debido a que la recolección de la información sólo se realizará en un período de tiempo sin que se le de seguimiento posterior a los sujetos. En el Capítulo II se desarrollan las bases teóricas que permitirán entender este trabajo, mientras que en el tercer Capítulo se expone el Marco Metodológico.

Los datos recaudados en las diferentes empresas del estado Aragua se reflejan en el Capítulo IV para luego ser analizados según el tipo de mineral que éstas extraen y aplicando las herramientas de Confiabilidad Operacional definiendo entonces el estatus de los equipos que trabajan en minería en la región.

CAPITULO I

FUNDAMENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente en el país requiere una base datos económica-minera acerca de los equipos que operan en minas a cielo abierto, antes de realizar este estudio se visitaron los entes gubernamentales que procesan esta información y se mostraron altamente interesados en este estudio ya que les permitiría disponer de una sistematización de la misma.

Estos datos son de suma importancia debido a que al obtener y manejar información acerca de los equipos mineros, el país podrá planificar la producción minera de materia prima para la cadena industrial y para el sector de la construcción. Un ejemplo de ello, de prolongarse el problema de la falta de información acerca de los equipos mineros que operan en canteras que extraen calizas para luego ser procesadas y comercializar cemento, el país pudiese corre el riesgo de no responder de forma debida ante la actual y gran demanda de viviendas existente.

En el estado Aragua existen diversas empresas públicas encargadas de la extracción de los recursos minerales industriales necesarios principalmente en el sector de la construcción, sector que actualmente necesita ser impulsado de forma rápida y eficientemente.

Pensando en lo anterior, es pertinente realizar la siguiente pregunta, ¿cuál es el estatus del parque de maquinarias utilizadas en la minería a cielo abierto en el estado Aragua y en qué condiciones se encuentra?

1.2. OBJETIVOS

Objetivo General

- Analizar la situación física de los equipos mineros que operan a cielo abierto mediante el uso de herramientas de confiabilidad operacional en el estado Aragua.

Objetivos Específicos

- Delimitar las minas y canteras ubicadas en el estado Aragua.
- Realizar una revisión sobre los tipos de encuestas aplicados en la actividad minera.
- Realizar una revisión legislativa acerca de la tenencia de los equipos mineros.
- Elaborar un instrumento para recolectar la información acerca de los equipos a cielo abierto en el estado Aragua.
- Recolectar la información con el instrumento en las empresas mineras del estado Aragua.
- Procesar la información recolectada que permita conocer el estado físico de los equipos mineros.
- Aplicar las herramientas de confiabilidad operacional para el análisis de los equipos mineros que operan en el estado Aragua.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La necesidad de este estudio se aprecia en muchas de nuestras minas y canteras, ya que, durante las visitas técnicas se evidencian problemas con las maquinarias que trabajan en las operaciones básicas y auxiliares, muchas veces por falta de repuestos para estos equipos.

Hay que resaltar la importancia de conocer el número y el estado actual de los equipos de mineros que operan a cielo abierto, ya que la minería es una actividad del sector primario de la economía capaz de impulsar el desarrollo del país; y el conocimiento de estos datos permitirá mejorar la planificación estratégica y el establecimiento de metas reales por parte del Estado venezolano. La Academia puede aprovechar esta información en líneas de investigación para el mejoramiento de la capacidad productiva del país.

El estudio permite además una mejor planificación de las actividades regionales, permitirá plantear metas próximas a la realidad y establecer prioridades en la compra de repuestos y reposición de maquinaria entre otras cosas.

Por eso al desarrollar esta investigación se pretende establecer la situación de los equipos de minería que operan a cielo abierto en el estado Aragua debido a que en este estado y en el país el conocimiento acerca del estado de los mismos es escaso o nulo, además; el estado Aragua se extraen minerales necesarios en la industria de la construcción, actividad que actualmente necesita mucha materia prima y que requiere mantener una capacidad productiva constante y creciente que pueda dar respuesta a las necesidades de la sociedad venezolana.

1.4. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

- Jiménez M., María A. (2009). Paleontología sistemática, paleoecología y catalogación en base de datos con software interactivo (Caso colección de foraminíferos del Dr. Pedro Joaquín Bermúdez. Edad cenozoico, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela)

Resumen: El objetivo general de este trabajo consistió en realizar la Paleontología Sistemática, Paleoecología y Catalogación en base de Datos con Software Interactivo, de una parte de la Colección de Referencia UCV, del “Dr. Pedro Joaquín Bermúdez”, con el fin de dar a conocer la importancia de aquellos grupos fósiles más significativos de la región en estudio

- Mago Klenyis. (2006). Diagnóstico de falla a los equipos pesados de la gerencia de materiales de la empresa Orinoco Iron. S.C.S.

Resumen: El objetivo general de este diagnostico es realizar un diagnostico de fallas a los equipos pesados de la gerencia de materiales, que garantice la continuidad de las operaciones de producción de la empresa Orinoco Iron.

- Minería Chilena. (2011). Catastro de operaciones mineras en Chile.

Resumen: El catastro de operaciones mineras de Chile realizado por la revista Minería Chilena posee la información de relevante de las actividades mineras en Chile, además de los números de contactos, producción y capacidades de los equipos y distintas etapas extractivas y procesos de tratamiento.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO (ARAGUA)

El estado Aragua está localizado en el norte central de Venezuela. Limita al norte con el mar Caribe, al este con los estados Miranda y Vargas, mientras que la parte sur del estado está incrustado en el estado Guárico y al oeste limita con el estado Carabobo. (ver figura 1).



Figura 1. Ubicación del estado Aragua

El estado tiene un área de 7.014 km², y su terreno es mayormente montañoso y representa el 0,76% del territorio venezolano. La costa marítima del estado se extiende desde la bahía de Turiamo por el oeste hasta Puerto Maya por el este correspondiendo al tramo central de la cordillera de la Costa. La zona sur del estado corre desde las tierras de piedemonte sur de la cordillera caribeña, pasando por la curva del nivel de los 100 metros que separa los Llanos Altos de los Llanos Bajos hasta la depresión del río Unare y el río San Carlos que lo separa de los Llanos Altos Occidentales.

2.1.1. Formación Guárico – Miembro Morro del Faro

Según el léxico estatigráfico de PDVSA, la ubicación de la Formación Guárico va desde la Puerta aguas abajo hasta un punto 500 m aguas arriba de la boca del río San Juan, dentro de esta formación se encuentran diferentes miembros, pero las empresas MINARSA e INVECEM realizan sus actividades en el Miembro Morro del Faro. El miembro se compone de calizas arrecifales extremadamente masivas (hasta 700 m), notablemente desarrolladas en el área de San Juan de Los Morros, que aparentan haberse formado dentro de la facies "peri-arrecifal" del Miembro Caramacate.

2.1.2 Formación Tiara – Complejo Ofiolítico Loma de Hierro

La Formación Tiara se ubica en el área norte de Tiara, en el distrito Ricaurte, en esta formación se encuentra el complejo ofiolítico Loma de Hierro, ubicado a unos 20 km al sur de Tejerías entre los estados Aragua y Miranda.

2.2. MINERÍA

La minería es el arte y la ciencia de la obtención de forma selectiva de minerales y de otros materiales que se encuentren en de la corteza terrestre con el fin de obtener un beneficio ya sea social o económico tratando de minimizar el daño al medio ambiente.

2.3. MINERÍA A CIELO ABIERTO

La minería a cielo abierto es aquella que realiza un corte en la superficie de la corteza terrestre con el propósito de extraer una mena que se encuentre a poca profundidad, está asociada a grandes movimientos de estéril. El objetivo en cualquier operación de minado es explotar el mineral al menor costo posible buscando maximizar los beneficios lo cual se logra con el uso de grandes maquinarias y la aplicación de métodos de alta recuperación.

2.4. ETAPAS DE UNA MINA

La secuencia general de las actividades envueltas en la minería pueden agruparse en correspondencia con las cinco (5) etapas en la vida de una mina: prospección, exploración, desarrollo, explotación y cierre de mina.

2.4.1. Prospección

Es la actividad precursora de la minería en la cual se realiza la búsqueda del yacimiento mediante diversos métodos ya sean por apreciación geológica, métodos geofísicos o geoquímicos.

2.4.2. Exploración

Durante la exploración se detallan los cuerpos minerales tanto en su morfología, mineralogía, geomecánica y química con el fin de realizar un informe de factibilidad donde se encuentren reflejadas la calidad de la mena (tenor), cantidad de mena (tonelaje) y la evaluación del proceso extractivo clasificándolo en beneficioso o contraproducente. La exploración no se realiza únicamente al comienzo del proceso de extracción ya que incluso durante esta actividad debe continuar la exploración con el fin de ubicar nuevas reservas minerales para ser estudiadas.

2.4.3. Desarrollo

La etapa de desarrollo se refiere a los trabajos de apertura del depósito, la preparación y accesos al mismo, a los fines de crear las condiciones que permitan la explotación propiamente tal; entre ellos se pueden mencionar la apertura de vías, construcción de infraestructuras, compra de equipos de carga y acarreo, construcción de planta de procesamiento (cuando es necesaria), búsqueda de personal, etc.

2.4.4. Explotación

La explotación se refiere a las actividades de extracción del mineral haciendo énfasis en la producción propiamente. Los métodos de minería seleccionados para la explotación son escogidos principalmente por las características de los depósitos minerales y los límites impuestos por la seguridad, tecnología, ambiente y factores económicos. Las condiciones geológicas, tales como profundidad y forma, resistencia del mineral y de la roca encajadora, juegan un papel fundamental en la selección del método.

2.4.5. Cierre de Mina

La legislación moderna impone como actividades finales de la explotación minera diversas labores de cierre de minas a fin de recuperar ambientalmente los terrenos intervenidos, para otorgarle el mismo o mayor valor que el original, y permitir nuevos usos del espacio esto es debido a la creciente preocupación por los problemas ambientales, en relación con la afectación de los recursos naturales renovables, y las tendencias mundiales de crecimiento exponencial de materias primas, que tienden al agotamiento de recursos naturales no renovables.

De modo que en definitiva, los proyectos mineros no solo deben asegurar la viabilidad técnica y económica, sino de manera muy importante también deben asegurar su viabilidad ambiental en el sentido de garantizar su sustentabilidad ambiental.

2.5. OPERACIONES EN MINERÍA

Las actividades de desarrollo y explotación de minas requiere la ejecución de un conjunto de tareas y pasos fundamentales que son denominadas operaciones unitarias de minería, clasificadas en: operaciones básicas y operaciones auxiliares

2.5.1. Operaciones unitarias

Las operaciones unitarias u operaciones de producción son aquellas actividades que contribuyen directamente a la extracción del mineral; entre éstas tenemos:

- Arranque (arranque directo, perforación y voladuras)
- Carga (excavación y carga misma)
- Transporte (acarreo, extracción)

2.5.2. Operaciones Auxiliares

Son aquellas actividades que dan soporte para la realización de las operaciones básicas, pero generalmente no son parte directa de ellas, aunque son esenciales para permitir la explotación minera de un modo eficiente y seguro; entre éstas tenemos:

- Salud y Seguridad
- Control Ambiental
- Suministro de energía
- Drenaje
- Manejo de Escombros
- Alumbrado
- Comunicaciones
- Transporte de personal
- Construcción
- Suministros Materiales

2.6. EQUIPOS USADOS EN MINERÍA A CIELO ABIERTO EN VENEZUELA

López (1995) establece lo que a continuación se describe acerca de los equipos que operan en minas a cielo abierto:

2.6.1. Camiones o roqueros

Son los equipos que realizan el acarreo de la mena disgregada y son los camiones extra-viales más usado en el movimiento de tierras y, fundamentalmente, en la minería a cielo abierto. Están constituidos por una caja que se apoya sobre el chasis y que se bascula hacia atrás para la descarga, mediante unos cilindros hidráulicos.

Este tipo de unidades no puede usarse en carretera ya que sus dimensiones y pesos superan los límites establecidos. Normalmente, estos vehículos son de dos ejes, uno de dirección y otro motriz con ruedas gemelas, aunque en el caso de los volquetes de 350tons.se dispone de tres ejes, de los cuales los traseros son motrices

Los equipos de acarreo pueden realizar la descarga de diferentes formas, entre las cuales se tienen:

- Camiones
- Con descarga Lateral
- Con descarga de Fondo
- Articulados

2.6.2. Excavadoras retro o retroexcavadoras

La máquina hunde sobre el terreno una cuchara con la que arranca los materiales que arrastra y deposita en su interior. El chasis puede estar montado sobre orugas o bien sobre neumáticos. En este último caso están provistas de gatos hidráulicos para fijar la máquina al suelo.

La retroexcavadora, a diferencia de la excavadora frontal, incide sobre el terreno excavando de arriba hacia abajo. Es utilizada para trabajar el movimiento de tierras a nivel inferior al plano de apoyo, o un poco superior a éste.

2.6.3. Cargadores frontales

Los cargadores frontales son máquinas autopropulsadas sobre neumáticos, que excava terrenos, carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción del balde. La característica principal es su forma de vaciar el material por encima del equipo.

2.6.4. Equipos de Perforación

La perforadora genera fuerzas que son transmitidas a través de las barras de perforación hasta la broca y de allí a la superficie de la roca. La fuerza aplicada es obtenida por la acción percutiva de un martillo, la acción de giro del varillaje o una combinación de ambos. De acuerdo al tipo de aplicación de la fuerza, las perforadoras pueden clasificarse en percutivas, de rotación o de roto-percusión. Estas perforadoras básicamente transforman la energía suministrada por diferentes medios (electricidad, neumática, hidráulica o de motores de combustión) en fuerza de trabajo para lograr la penetración de la roca.

2.6.5. Motoniveladora o *Patrol*

Es un equipo de apoyo en las labores de mantenimiento de las vías de acarreo, se utiliza en la nivelación de vías en obras mineras y civiles, entre otras actividades.

La motoniveladora cuenta con una larga hoja metálica empleada para nivelar terrenos y generalmente presenta tres ejes: la cabina y el motor se encuentran situados en la parte posterior sobre los dos ejes tractores y el tercer eje se localiza en la parte frontal de la máquina, estando localizada la hoja niveladora entre el eje frontal y los dos ejes traseros.

2.6.6. Tractores

Los tractores se utilizan principalmente para el movimiento de tierras y empuje de otras máquinas. Aunque la cuchilla permite un movimiento vertical de elevación, con esta máquina no es posible cargar materiales sobre camiones o tolvas, por lo que el movimiento de tierras lo realiza por arrastre.

Existen dos tipos de tractores: de ruedas y de orugas. Estos últimos, son los más conocidos y empleados como unidades de producción en operaciones de arranque y empuje, tanto en minería como en obras públicas.

Los tractores de ruedas se diferencian bastante en su diseño con respecto a los de oruga; además del distinto tren de rodaje, los de orugas tienen un chasis rígido frente al articulado de los de ruedas. La diferencia operativa principal es la fuerza que pueden ejercer para la excavación y empuje, su disponibilidad para maniobrar en terrenos en malas condiciones.

2.6.7 Camiones de Agua o Cisterna

Es un camión con un depósito de agua que efectúa un riego a su paso para reducir el levantamiento de tierra al pasar los equipos pesados mejorando de esta manera el ambiente en la mina y disminuyendo el particulado sólido que entra en las corrientes de aire.

2.7. MANTENIMIENTO

Herrera (2009) en su libro *Introducción al Mantenimiento Minero* opina del tema lo siguiente:

El mantenimiento es una solución planificada o no para disminuir las horas de parada en el taller o en el campo y para conseguir prevenir las averías mediante un sistema de mantenimiento, esto se logra sacrificando unas horas programando paradas rutinarias para evitar una o más paradas incontroladas.

Los tipos de mantenimientos o filosofías de mantenimiento existentes son:

2.7.1. Mantenimiento Correctivo.

Con esta clase de mantenimiento, la máquina está en servicio hasta que no pueda desempeñar su trabajo normal por causa de una avería, una vez corregido el problema que produjo su parada no se la volverá a prestar atención hasta que no se produzca otro fallo.

Existen algunos casos en los que este procedimiento puede estar justificado, como es el caso de las pequeñas canteras y obras públicas de corta duración, pero en general

resulta caro y comprometido por no poder garantizarse, a medio plazo, ni las producciones ni los costos horarios por tonelada de una mina mediana o grande.

2.7.2. Mantenimiento Programado

Consiste en la vigilancia e inspección de los puntos más débiles en unos períodos de tiempo predefinidos y que si no se realizan pueden dar lugar a una avería. Entre los diferentes tipos de mantenimientos programados destacan el preventivo y el predictivo.

2.7.2.1. Mantenimiento preventivo.

Por medio de unas inspecciones periódicas se conoce el estado de la máquina y se programan las correcciones necesarias para ser realizadas en los momentos más oportunos y antes de que se lleguen a producir las averías.

2.7.2.2. Mantenimiento predictivo

Es esencialmente un refinamiento del mantenimiento preventivo. Está basado en unas técnicas de inspección o de reconocimiento no destructivo que miden el progreso de los desgastes a lo largo del tiempo y, a través de extrapolaciones realizadas automáticamente por los ordenadores, predice el punto y momento del fallo de una forma más precisa y correcta que una fijación estadística del momento de sustitución, como ocurre en los programas normales de mantenimiento preventivo.

Básicamente se realizan por el control con grandes programas de ordenador que no solo prevén los momentos y los elementos necesarios, sino que también coordinan con los almacenes y suministradores de piezas para lograr una perfecta coincidencia en tiempo de las operaciones de sustitución de conjuntos.

2.8. PERÍODO DE VIDA DE UN EQUIPO.

La vida útil de un está dividida en tres períodos separados, los cuales se definen en función del comportamiento de la rata de fallas. (Nava, 2001) Los períodos de fallas se pueden observar y ubicar en la Curva de la Bañera

La Curva de la Bañera busca describir mediante una función de riesgo el comportamiento de fallos de dispositivos. La idea de la Curva de la Bañera es que la función de riesgo para una muestra de dispositivos evoluciona como se muestra a continuación en la Figura 2.

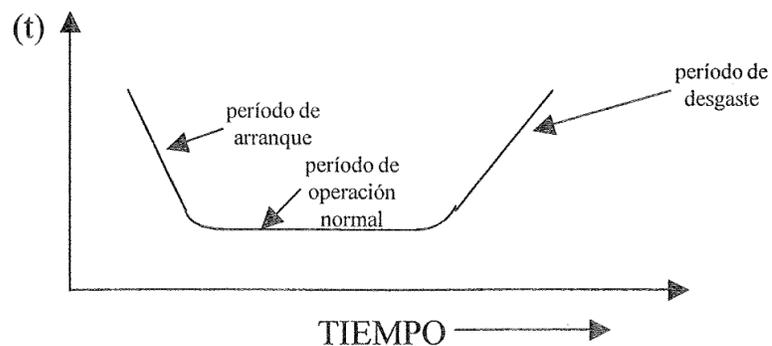


Figura 2. Curva de la Bañera

Según Nachlas en su obra Fiabilidad expresa: En concreto, al principio de la vida de los dispositivos, los más débiles fallan a una tasa relativamente alta como consecuencia de un fenómeno de «mortalidad infantil», quizá debido a una fabricación defectuosa. Como los primeros fallos retiran de la muestra las copias débiles de los dispositivos, la tasa de riesgo decrece. De un modo parecido, al final de la vida de los dispositivos, los supervivientes fallan como consecuencia del «desgaste», de modo que aumenta la tasa de riesgo. En el intervalo transcurrido entre estos dos comportamientos, la muestra de dispositivos exhibe un riesgo relativamente bajo y aproximadamente constante. Este intervalo se denomina frecuentemente como la vida funcional del dispositivo o período de operación normal. De hecho, la idea de la Curva de la Bañera forma la base conceptual para gran parte de los estudios de confiabilidad.

2.9. CONFIABILIDAD OPERACIONAL

La confiabilidad operacional tiene como objetivos, desarrollar metodologías para optimizar la productividad industrial, buscan aprovechar el historial de falla para convertirlo en oportunidades de mejora e involucra a las personas en los procesos y el uso adecuado de los equipos para crear un sentido común hacia la excelencia.

Como se aprecia en la figura 3 a continuación, la confiabilidad se fundamenta en 4 puntos o ideologías.



Figura 3. Frentes de la Confiabilidad Operacional. Espinosa (s/f)

La confiabilidad humana se define como la probabilidad de desempeño eficiente y eficaz de las personas en todos los procesos, sin cometer errores o fallas derivados del conocimiento y actuar humano durante su competencia laboral, dentro de un entorno organizacional específico. El sistema de confiabilidad humana incluye varios elementos de proyección personal, que permiten optimizar los conocimientos, habilidades y destrezas de los miembros de una organización.

La confiabilidad de la mantenibilidad de los equipos se basa en las características de diseño e instalación, expresada como la probabilidad de que un elemento sea recuperado a una condición especificada, a lo largo de un período dado del tiempo empleado en el mantenimiento, cuando éste se realiza de acuerdo con los procedimientos y recursos prescritos. El parámetro fundamental para calcular la mantenibilidad lo constituye el tiempo promedio de reparación de falla

La confiabilidad de los procesos busca estudiar y evaluar el desarrollo de los procesos, generando operaciones que se encuentren entre los parámetros de la empresa (seguridad, ambiental, económico, etc)

La confiabilidad de un sistema o equipo, es la probabilidad de que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función.

2.10. ANÁLISIS CAUSA – RAÍZ (MÉTODO DE ISHIKAWA)

Según Espinosa Solanilla en su libro Confiabilidad Operacional de equipos: metodologías y herramientas establece que el diagrama de Ishikawa es un método gráfico para el análisis de causa raíz. Documentado por primera vez por Kaoru Ishikawa, se utiliza hoy en día como una piedra angular de la mejora continua del servicio. Debido a su forma, también es conocido como el diagrama de espina de pescado. Otro nombre para esta técnica es de diagramación causa y efecto. Los diagramas de Ishikawa son aparentemente simples, pero no hay que dejar que eso detenga un análisis. Usando esta técnica se puede ver todas las posibles causas de un resultado (un problema, por ejemplo), y descubrir la causa raíz de fallas.

Un diagrama de Ishikawa completo en algo se asemeja a una espina de pescado, y por lo tanto el apodo de "Diagrama de espina de pescado". Siguiendo con la analogía de los peces, la "cabeza" debe contener una descripción del problema. De la cabeza se origina la "columna vertebral" del diagrama. De la columna vertebral, "costillas" indican el área de los principales que pueden causar el problema descrito

2.11. ANÁLISIS DE CRITICIDAD.

“El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer la jerarquía o prioridades de procesos, sistemas y equipos, creando una estructura que facilita la toma de decisiones acertadas y efectivas, direccionando el esfuerzo y los recursos en áreas donde sea más importante y/o necesario mejorar la confiabilidad operacional, basado en la realidad del momento” (<http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/> . visitado 05/06/2012).

El análisis de criticidad busca dar prioridad a las fallas o problemas para que estos puedan ser solucionados lo más pronto posible. Este estudio genera una lista ponderada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico, diferenciando tres zonas de clasificación: alta criticidad, mediana criticidad y baja criticidad.

Cuando se identifica en que zona de criticidad se encuentran las fallas, las directrices pueden diseñar planes de mantenimiento que ataquen los problemas dependiendo de su influencia para lograr una mejora en la confiabilidad operacional.

Los criterios para realizar un análisis de criticidad están asociados con: seguridad, ambiente, producción, costos de operación y mantenimiento, rata de fallas y tiempo de reparación principalmente. Estos criterios se deben relacionar en una ecuación matemática, que genera una puntuación para cada elemento evaluado para de esta forma poder establecer prioridades, y focalizar los esfuerzos de forma en que se garantice el éxito maximizando la rentabilidad.

2.12. BASE LEGAL DE LA TENENCIA Y DESINCORPORACIÓN DE LOS BIENES VINCULADOS A LOS DERECHOS MINEROS.

Con la ayuda de la abogada Khatyuska Galvis, de la Dirección General de Planificación y Economía Minera del Ministerio para el Poder Popular de Petróleo y Minería se logró recopilar las bases legales que regulan el proceso de desincorporación de los equipos o maquinarias pesadas que operan en minería las cuales se listan a continuación:

Bases legales:

- Artículos N° 12, 112, 113, 156 numerales 12 y 16, y 311 de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, G.O. N° 5.453 del 24-03-2000.
- Artículo N° 12, Decreto N° 6.732 sobre Organización y Funcionamiento de la Administración Pública Nacional, publicado en G.O. N° 9.202 del 17-06-2009.

- Artículo 4, Decreto N° 8.683, mediante el cual se hace la transferencia de las competencias relacionadas con la minería al Ministerio del Poder Popular de Energía y Petróleo, ahora denominado Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería.
- Artículo 102: Las tierras, obras permanentes, incluyendo las instalaciones, accesorios y equipos que formen parte integral de ellas así como cualesquiera otros bienes muebles o inmuebles, tangibles e intangibles, adquiridos con destino a las actividades mineras, deben ser mantenidos y conservados por el titular en comprobadas condiciones de buen funcionamiento según los adelantos y principios técnicos aplicables, durante todo el término de duración de los derechos mineros y de todo el término de duración de los derechos mineros y de su posible prórroga, y pasarán en plena propiedad a la República libres de gravámenes y cargas, sin indemnización alguna, a extinción de dichos derechos, cualquiera sea la causa de misma
- Artículo 103: El titular de derechos mineros deberá presentar al Ministerio de Energía y Minas un inventario detallado de todos los bienes adquiridos, con destino a las actividades mineras que realice, afectos a ellas, bienes de los cuales podrá disponer en forma alguna sin la previa autorización Ministerio de Energía y Minas, dada por escrito.
- Art. 33 numeral 2, artículos 48, 49 y siguientes del Decreto 1.234 Reglamento General de la Ley de Minas, publicado G.O. N° 37.155 del 09-03-2001, Capítulo IV Sobre las obligaciones del Concesionario y otros.
- Artículo 49, Ley Orgánica de Procedimientos Administrativos.
- Arts. 31, 32 numeral 8 de la Ley de Timbre Fiscal, G.O. 5.416 del 22-11-1999.

2.13. ENCUESTA

Una encuesta es un método de obtener información de una muestra de individuos, esta muestra es usualmente sólo una fracción de la población bajo estudio; a

diferencia de un censo, donde todos los miembros de la población son estudiados, las encuestas recogen información de una porción de la población de interés, dependiendo el tamaño de la muestra en el propósito del estudio

La información es recogida usando procedimientos estandarizados de manera que a cada individuo se le hace las mismas preguntas de la misma manera. La intención de la encuesta no es describir los individuos particulares sino obtener un perfil compuesto de la población.

Las encuestas pueden ser clasificadas según su tamaño y tipo de muestra o por su método de recolección de datos (encuestas por correo, por entrevistas telefónicas y entrevistas personales)

2.13. CUESTIONARIO

Es el documento básico para obtener la información en la gran mayoría de las investigaciones y estudios de mercado. El cuestionario es un documento formado por un conjunto de preguntas que deben estar redactadas de forma coherente, y organizadas, secuenciadas y estructuradas de acuerdo con una determinada planificación, con el fin de que sus respuestas nos puedan ofrecer toda la información que se precisa

Un cuestionario deberá incluir preguntas de distintos tipos y en función del planteamiento del tema a investigar, así puede haber varios tipos de preguntas:

Preguntas abiertas: Son preguntas en las que se permite al encuestado responder cualquier cosa según la pregunta. Con estas preguntas puede obtenerse una mayor riqueza de detalle en las contestaciones, pero tienen el inconveniente de ser difíciles de tabular las respuestas.

Preguntas cerradas: Son preguntas en las que sólo se permite contestar mediante una serie cerrada de alternativas. Con estas preguntas puede perderse riqueza en la información pero su cuantificación es fácil.

Preguntas semi-abiertas (o semi-cerradas): Son preguntas de características intermedias entre los dos tipos anteriores, que intentan no perder nunca mucha riqueza de información a costa de perder algo de facilidad en la tabulación de las respuestas.

Preguntas en batería: Son aquellas que se planifican para realizarlas secuencialmente en función de la respuesta dada a la pregunta de la secuencia anterior. Su objetivo es profundizar en una información siguiendo el hilo de las sucesivas repuestas.

Preguntas de evaluación: Son preguntas dirigidas a obtener del entrevistado información sobre cómo valora una serie de cosas o aspectos. Pueden proporcionar una valoración de carácter numérico o una valoración de carácter cualitativo.

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es del tipo EXPLORATORIA-DE CAMPO. El estudio es exploratorio porque es novedoso y busca recabar la información acerca del estado y situación en que se encuentran los equipos de minería a cielo abierto ubicados en el estado Aragua. La investigación se clasifica de campo debido a que la información será recabada en cada una de las minas y canteras que nos faciliten el acceso a sus instalaciones.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es NO EXPERIMENTAL- TRANSACCIONAL ya que durante la misma, se tomarán en cuenta los factores que intervienen en el estado de los equipos de minería a cielo abierto sin generar alguna situación específica y mediante la aplicación de un instrumento de recolección de datos se investigaran las variables que han llevado al equipo a su estado físico actual. Ya que la recolección de datos se llevará a cabo una única vez, la investigación se diseña como transaccional.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

El estudio se realizará tomando como población o universo todos los equipos de las minas y canteras a cielo abierto que realicen sus explotaciones en el estado Aragua.

Se tomará como muestra todos aquellos equipos que trabajan en operaciones unitarias de minas y canteras que nos permitan el acceso a la información acerca de la maquinaria con la cual operan.

3.4. INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información se recabó mediante observación y encuestas apoyadas en el uso de cuestionarios. Los cuestionarios se realizaron con preguntas abiertas y cerradas con el fin de determinar la disponibilidad física de los equipos, su estatus operativo, horas de uso, horas de mantenimientos, entre otras variables importantes para el estudio. El instrumento utilizado se encuentra en el anexo 1.

3.5. ANÁLISIS DE DATOS

Para analizar los datos obtenidos con el instrumento, se desarrollará una serie de tablas en hoja de cálculos para agrupar y estructurar los datos de forma que su procesamiento sea lo más sencillo posible.

Usando la hoja de cálculo, se recurrirá a las técnicas de la estadística descriptiva para determinar el estado físico general de los equipos ubicados en el estado Aragua así como las variables más influyentes en su estado y situación actual. Se utilizaron las herramientas causa – raíz y análisis de criticidad para determinar la situación física de los equipos inoperativos del estado. Además se uso el criterio de confiabilidad humana y su influencia en el estatus de los equipos.

3.6. LIMITACIONES

Antes de aplicar las encuestas a las empresas mineras del estado Aragua, hubo un proceso de adquisición de información y establecimiento de contactos con concertación de citas para realizar las visitas técnicas con la finalidad de recaudar los datos necesarios para esta investigación.

Este proceso de colecta de información dio inicio ante el Ministerio de Industrias Básicas y Minería (actual Ministerio de Petróleo y Minería), específicamente en la

Dirección General de Fiscalización y Control Minero, la cual proporcionó el listado de derechos mineros existentes en el estado Aragua, luego que se solicitara este por medio de un oficio. Este registro se encontraba desactualizado en cuanto a las personas encargadas y número telefónico de contactos de las empresas por lo cual se requirió el empleo de métodos alternativos para acceder a la información. A través de la red (internet) y el servicio de llamadas (113 de la empresa telefónica estatal venezolana CANTV, se pudo realizar el contacto con algunas de las empresas mineras del estado Aragua, sin embargo a través de estos métodos no se consiguieron convenir las visitas técnicas. Las mismas se pudieron realizar gracias a que la tutora académica contactó a colegas y conocidos suyos que laboran o laboraban en las distintas empresas de la entidad (MINARSA, INVECEM y Minera Loma de Níquel). La gran limitación de este proyecto se presentó al momento de ejecutar las visitas técnicas debido a que no se logró el acceso completo a las instalaciones de las canteras y mucha de la información fue imposible corroborarla en campo con inspecciones visuales o registros fotográficos.

CAPITULO IV

RESULTADOS

La información que a continuación se presenta es el resultado de las visitas y entrevistas realizadas en las diferentes empresas ubicadas en el estado Aragua.

4.1. MINAS DE ARAGUA S.A. (MINARSA)

MINARSA es una empresa del Estado venezolano, formada a partir del año 2009 la cual efectúa las actividades de exploración, explotación, comercialización y aprovechamiento de los minerales no metálicos en el estado Aragua. La misma permitió el acceso a ocho de sus canteras ubicadas al sur de este estado en el eje vial que San Casimiro - San Juan de Los Morros.

Sus actividades están enfocadas sobre la Formación Guárico, específicamente en las calizas arrecifales del Miembro Morro del Faro, por ello los principales artículos de comercialización son la roca meta-caliza en sus diferentes tamaños (polvillo, piedra $\frac{3}{4}$, piedra #1, Piedra #2, arrocillo, malla-20 y malla-200). Estos productos son extraídos de las canteras Agua Viva 2, El Carmen, Quebrada Honda, El Samán, Chupadero y El Pardillal.

También es importante mencionar que la arena lavada y gravilla conforma parte significativa de los beneficios de la empresa, y son extraídos de la cantera El Paito.

Las diferentes canteras poseen un único turno de trabajo en un horario de 7 a.m. a 4 p.m. y toman una hora para almorzar, en base a lo anterior, el entrevistado declaró que la mayoría de los equipos operan aproximadamente 7 horas diarias cinco días a la semana (de lunes a viernes).

MINARSA posee talleres en la mayoría de sus canteras y tienen como norma general realizar mantenimiento a los equipos cada 250 horas de trabajo, no recurre a servicios técnicos externos a su empresa sin embargo el entrevistado expresó dificultad para conseguir refacciones siendo este el factor que más retrasa las reparaciones: “Los repuestos pueden encontrarse en un período de una semana o más”

Para realizar la exploración, explotación y comercialización de los no metálicos del estado Aragua, la empresa Minas de Aragua S.A. busca personal con experiencia en el manejo de los equipos. Tiene como norma diseñar vías dentro de las canteras con una pendiente del 15% y clasifican su política de mantenimiento “como preventivo”, sin embargo se declaró que la mayoría de estos se basan en la limpieza de los equipos, cambios de aceites y filtros básicos para la operación y revisión de partes móviles; el entrevistado no comentó nada acerca de seguimiento a la maquinaria, su operación ni de sus componentes.

A continuación se describen las canteras manejadas por la empresa MINARSA, los equipos que poseen, nombran y enumeran las fallas más comunes que estos presentan.

4.1.1. Cantera Agua Viva 2

La empresa define a la cantera Agua Viva 2 como la más importante y la de mayor producción (aproximadamente 800.000m³/mes). La cantera posee ocho equipos pesados y consta de taller propio para las tareas de mantenimiento. En la tabla 1. se muestra la descripción de las máquinas con los cuales la cantera realiza la explotación.

Tipo de máquina	Marca	Modelo	Cant.	Cap.	Ope. / Inope.	Propio / Alquilado (P/A)	Nuevo /Usado (N/U)	Año de Adq.
Perforadora	Atlas Copco	403	1	-	1	P	N	2005
Retroexcavadora	Caterpillar	330 BL	1	1,8 m ³	1	P	U	2007
Cargador Frontal	Caterpillar	966 D	1	2,5 m ³	1	P	U	2006
Cargador Frontal	Caterpillar	988 B	2	4 m ³	1/1	P	U	2003
Camión	Terex	25	1	25 T	1	P	U	2001
Camión	Terex	30	1	31 T	1	P	U	2003
Tractor	Caterpillar	D8	1	-	1	P	U	2003

Tabla 1. Descripción de los equipos que operan en la cantera Agua Viva 2.

Es importante resaltar que en cuanto al año de adquisición la empresa compró los equipos antes del año que comenzó la operación (gráfico 1), mientras que el 87,5% de los mismos fueron obtenidos de segunda mano o usados y se encuentran operativos (gráfico 2).

Gráfico 1. Relación equipos nuevos y usados pertenecientes a la cantera Agua Viva 2.

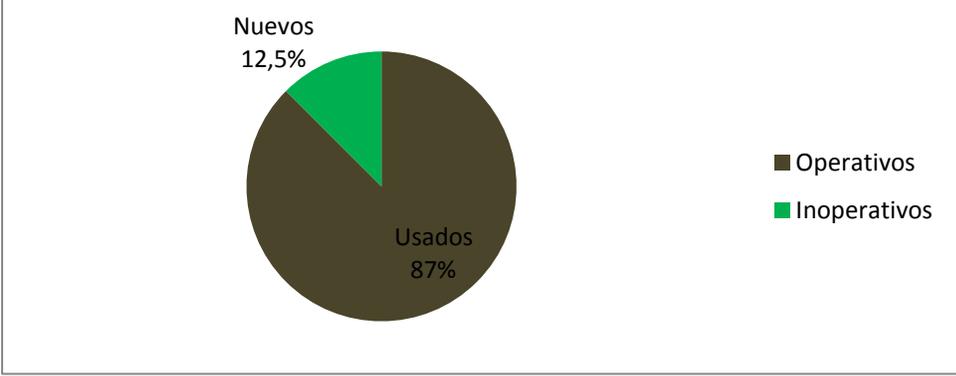
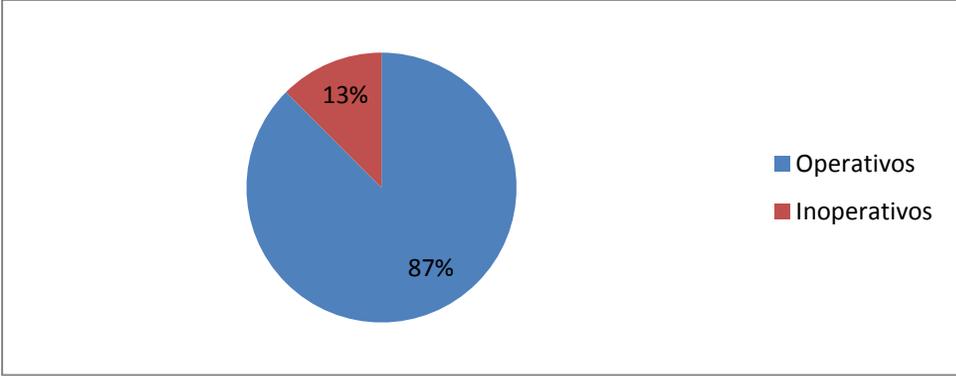


Gráfico 2. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera Agua Viva 2.



Entre las fallas más comunes que presentan los equipos de esta cantera tenemos:

- Sistema hidráulico: perforadora, retroexcavadora, cargadores frontales y camiones presentan problemas continuos con los sellos, bombas y especialmente en las mangueras.

- Trabajos de tornería: La empresa soluciona la poca disponibilidad de repuestos mediante el uso de tornos con los cuales pulen, copian, alisan o crean partes necesarias para mantener operativa la perforadora.
- Las correas: Para retroexcavadora y cargadores se expresaron fallas recurrentes en las correas que mantienen en funcionamiento a los motores
- Sistema de frenado: Los camiones sufren constantemente problemas con el sistema de frenado.
- Cauchos: Los equipos de la cantera tienen insuficiencias tanto en la disponibilidad para conseguir, como el estado de los cauchos actual de los cauchos.
- Sistema de traslación del tractor: Los tornillos que mantienen unida la oruga presentan desgaste y dificultad para su adquisición.

4.1.2. Cantera El Carmen

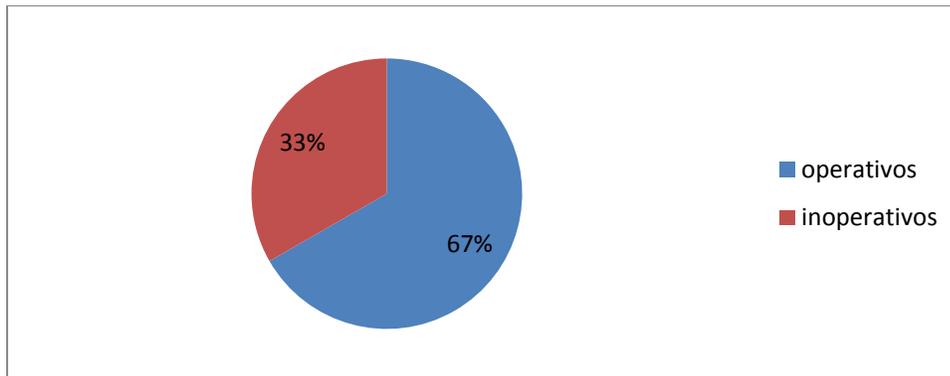
La cantera El Carmen es la segunda a nivel de producción de 800.000m³/mes con tres equipos. En la tabla 2 se resume la información acerca de los equipos de esta cantera.

Tipo de máquina	Marca	Modelo	Cant.	Cap.	Ope. / Inope.	Propio / Alquilado (P/A)	Nuevo /Usado (N/U)	Año de Adq.
Cargador Frontal	Caterpillar	950 F	2	2,5	1/1	P	U	90's XX
Camión	Caterpillar	769 C	1	36,4 T	1	P	U	90's XX

Tabla 2. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Carmen.

Es destacable que el 100% de los equipos de esta cantera fueron comprados usados hace 20 años y que el 66,7% de éstos se encuentran operativos. La relación máquinas operativas e inoperativas se está expuesta de forma visual en el gráfico a continuación.

Gráfico 3. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera El Carmen.



Además, La empresa MINARSA hace una excepción a su regla de las 250 horas de trabajo para el mantenimiento de los equipos de esta cantera. El cargador frontal recibe mantenimiento cada 300 horas y el camión por su parte cada 200 horas; esto es gracias a que la misma posee taller propio.

Las fallas más frecuentes que presentan estos equipos son:

- Sistema hidráulico: Los cargadores frontales sufren continuas averías causadas por fallas en los sellos, bombas y más común en las mangueras.
- Sistema de frenado: El camión encargado de desplazar la roca, presenta problemas constantes con el sistema de frenado.
- Cauchos: Los cauchos presentan alto desgaste más no poseen refacciones para realizar los cambios.

4.1.3. Cantera Quebrada Honda

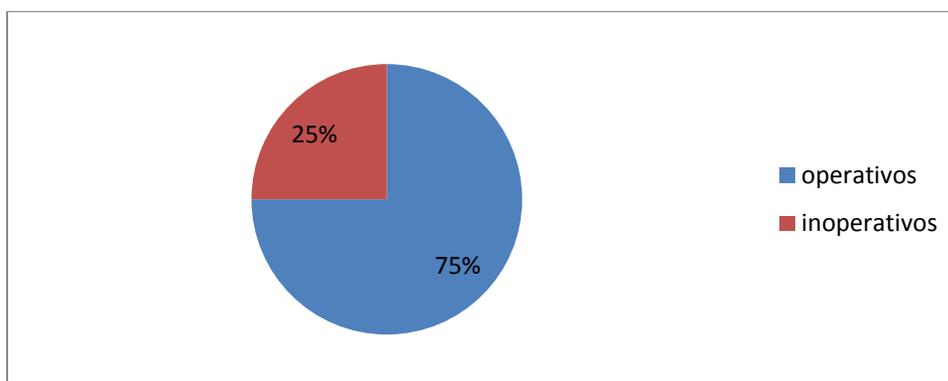
La cantera posee cuatro equipos pesados con los cuales logra una producción cercana a los 700.000m³/mes. En la tabla 3. se muestra la descripción de los equipos de la cantera.

Tipo de máquina	Marca	Modelo	Cant.	Cap.	Ope. / Inope.	Propio / Alquilado (P/A)	Nuevo / Usado (N/U)	Año de Adq.
Retroexcavadora	Caterpillar	330 C	1	1,8	0/1	P	U	2005
Retroexcavadora	Caterpillar	330 D	1	1,8	1	P	U	2005
Cargador Frontal	Caterpillar	980 G	1	4	1	P	U	2003
Camión	Caterpillar	250 E	1	21,6 T	1	P	U	2005

Tabla 3. Descripción de los equipos que operan en la cantera Quebrada Honda.

El total de los equipos que realizan la explotación en la cantera Quebrada Honda son comprados de segunda mano, de éstos el 75% de los equipos se encuentran operativos (gráfico 4).

Gráfico 4. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera Quebrada Honda



A continuación se mencionan las averías más comunes que presentan los equipos que operan en la cantera Quebrada Honda.

- Sistema hidráulico: Las retroexcavadoras y los camiones presentan problemas con los sellos, las bombas y con mangueras.
- Sistema de frenado: Los camiones sufren continuas fallas en los componentes del sistema de frenado.
- Cauchos: Los camiones y cargadores frontales presentan problemas en los cauchos tanto para la compra como en los que utilizan en la actualidad.

4.1.4. Arenera El Paito

El punto de extracción conocido como El Paito es la encargada de la producción de arena lavada. La arenera posee taller propio para ejecutar las tareas de mantenimiento a sus siete equipos pesados con los cuales alcanza una producción de 700.000m³/mes. En la tabla 4. se detallan los equipos que operan en esta cantera.

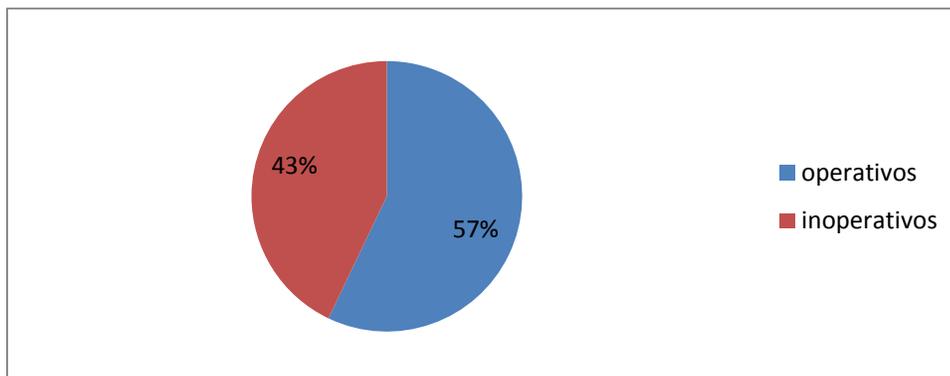
Tipo de máquina	Marca	Modelo	Cant.	Cap.	Ope. / Inope.	Propio / Alquilado (P/A)	Nuevo /Usado (N/U)	Año de Adq.
Retroexcavadora	Caterpillar	235	1	1,5	1	P	U	90's XX
Retroexcavadora	Caterpillar	245	1	1,7	0/1	P	U	90's XX
Cargador Frontal	Kawasaki	s/i	1	3,5	0/1	P	U	90's XX
Camión	Caterpillar	300	2	30 T	1/1	P	U	2003
Camión	Caterpillar	400	1	37 T	1	P	U	2005
Motoniveladora	Champion	720	1	-	1	P	U	s/i

s/i sin información

Tabla 4. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Paito.

Al igual que en la cantera El Carmen, en ésta se encuentran tres equipos con más de 20 años de vida útil, fueron adquiridos usados con horas de servicio. En la tabla 4, la totalidad de estas máquinas se compraron de segunda mano y el 57,1% se encuentran operativos (gráfico 5).

Gráfico 5. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera El Paito.



Los equipos de esta cantera adolecen problemas con:

- Sistema hidráulico: Los componentes del sistema hidráulico se encuentran fallando continuamente en los equipos de carga y acarreo (retroexcavadoras, cargadores frontales y camiones).
- Los cauchos: Los camiones, cargadores frontales y la motoniveladora presentan problemas en los cauchos tanto en la existencia en el almacén como para la compra.
- Partes móviles: La motoniveladora exhibe constantes problemas con sus partes móviles. Las partes móviles son aquellas que le permiten atravesar y nivelar el terreno.

4.1.5. Cantera El Samán

La cantera El Samán es la única del grupo MINARSA que opera con ocho equipos alquilados. Por este motivo gran parte de la información acerca de los equipos y sus fallas no fueron revelados durante la entrevista. En la tabla 5 se muestra la relación de los equipos con los cuales la cantera efectúa la explotación.

Tipo de máquina	Marca	Modelo	Cant.	Cap.	Ope. / Inope.	Propio / Alquilado (P/A)	Nuevo /Usado (N/U)	Año de Adq.
Perforadora	Ingersoll Rand	340	1	s/i	1/0	A	s/i	s/i
Retroexcavadora	Caterpillar	345	1	s/i	1/0	A	s/i	s/i
Cargador Frontal	Caterpillar	980	2	s/i	2/0	A	s/i	s/i
Camión	Caterpillar	740	2	s/i	2/0	A	s/i	s/i
Camión	Caterpillar	730	1	s/i	1/0	A	s/i	s/i
Tractor	Caterpillar	D8R	1	s/i	1/0	A	s/i	s/i

s/i: sin información

Tabla 5. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Samán

4.1.6. Cantera Chupadero

La cantera Chupadero genera una producción aproximada a los 130.000m³ gracias a sus ocho equipos pesados y a su taller en el cual se le obran los servicios de mantenimiento. En la tabla 6 se hace un resumen con la descripción de los mismos.

Tipo de máquina	Marca	Modelo	Cant.	Cap.	Ope. / Inope.	Propio / Alquilado (P/A)	Nuevo / Usado (N/U)	Año de Adq.
Perforadora	TamRock	700	1	-	1	P	N	2006
Retroexcavadora	Caterpillar	330B	2	1,5 - 2,5	2	P	U	2001
Cargador Frontal	Caterpillar	980	1	3,5	1	P	U	90's XX
Camión	Caterpillar	769	2	17	1/1	P	U	90's XX
Tractor	Caterpillar	D9G	2	-	1/1	P	U	90's XX

Tabla 6. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Chupadero – MINARSA

De forma similar que la perforadora que se localiza en la cantera Agua Viva 2, la perforadora en esta cantera también asiste a otras explotaciones que no poseen esta maquinaria entre sus equipos propios.

El 87,5% de las máquinas de esta mina fueron adquiridos de segunda mano y 5 de ellos se compraron hace ya 20 años. De estos ocho equipos, seis se encuentran operativos lo cual representa el 75% del total de la cantera. Los datos anteriores se reflejan en los gráficos 6 y 7.

Gráfico 6. Relación equipos nuevos y usados pertenecientes a la cantera Chupadero.

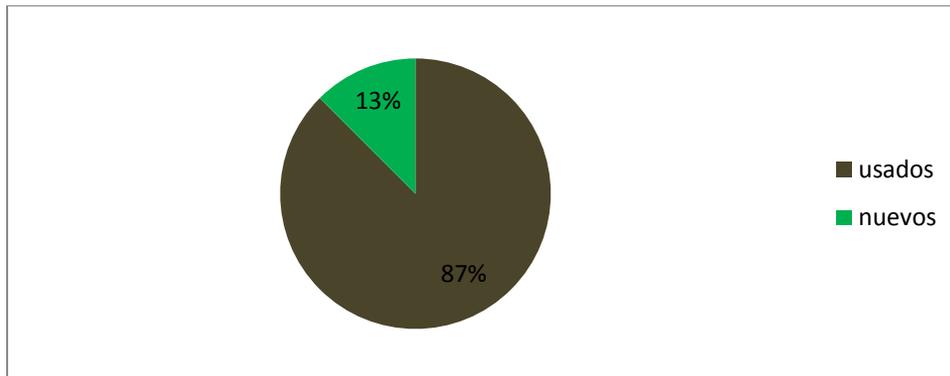
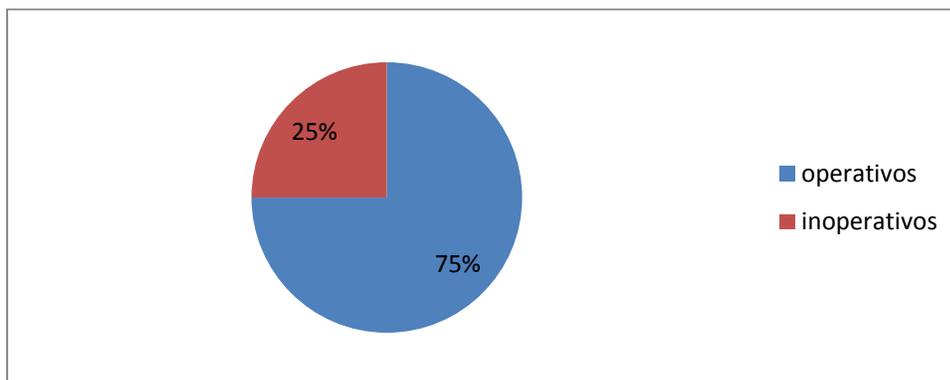


Gráfico 7. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera Chupadero.



Las fallas más comunes entre los equipos de la cantera Chupadero son:

- Sistema Hidráulico: Recurrentes en los sellos, bombas y mangueras se presentan en las retroexcavadoras, cargadores frontales y camiones de la cantera, la perforadora también presenta estos problemas, específicamente con el conducto que transmite la presión para la perforación.
- Trabajos de tornería: La empresa soluciona la poca disponibilidad de repuestos mediante el uso de tornos con los cuales pulen, copian, alisan o crean partes necesarias para mantener operativa la perforadora, retroexcavadora y camiones.
- Sistema de escape: Los camiones y el cargador frontal muestran fallas recurrentes con el sistema de expulsión de gases de la combustión.
- Transmisión: El camión que se encuentra inoperativo debido a falta de repuestos para la transmisión.

- Sistema de frenos: Los equipos de mayor tránsito interno de la cantera (camiones) presentan frecuente problemas con el sistema de frenado.
- Los Cauchos: Los camiones, cargadores frontales y la motoniveladora presentan problemas en los cauchos tanto en la existencia para la compra como en los que utilizan actualmente.

4.1.7. Cantera El Pardillal

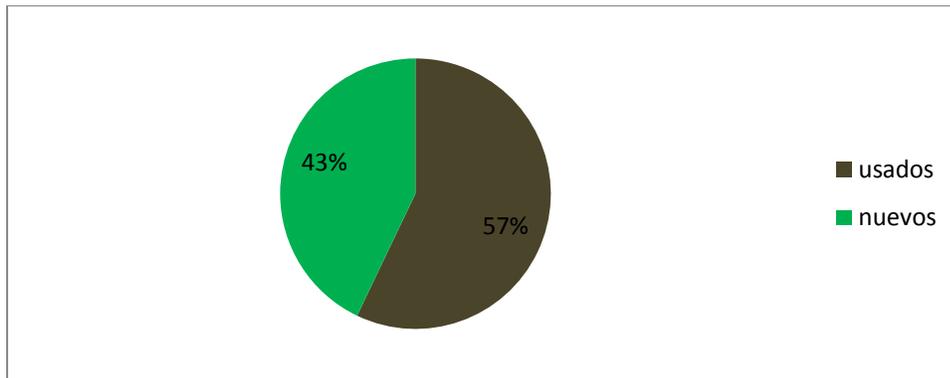
La cantera El Pardillal genera una producción que alcanza a los 110.000m³/mes. En la tabla 7 a continuación se detallan los siete equipos con los cuales la cantera efectúa la explotación de meta-calizas.

Tipo de máquina	Marca	Modelo	Cant.	Cap.	Ope. / Inope.	Propio / Alquilado (P/A)	Nuevo /Usado (N/U)	Año de Adq.
Retroexcavadora	Caterpillar	330	2	1,8	2	P	U	90's XX
Cargador Frontal	Caterpillar	966	1	2,5	1	P	U	2000
Cargador Frontal	Caterpillar	980	1	4	1	P	U	2000
Camión	Terex	A30	2	31 T	2	P	N	2006
Camión	Caterpillar	769	1	17 T	1	P	N	90's XX

Tabla 7. Descripción de los equipos que operan en la cantera El Pardillal.

Se puede apreciar en el gráfico 8 que el 57,1% de los equipos de esta cantera se compraron nuevos y que en su totalidad se encuentran operativos.

Gráfico 8. Relación equipos nuevos y usados pertenecientes a la cantera El Pardillal.



Las fallas más recurrentes que presentan los equipos de la cantera El Pardillal son:

- Sistema hidráulico: Las retroexcavadoras y cargadores frontales sufren paradas continuas por desperfectos con los sellos, bombas y mangueras del sistema.
- Sistema de frenado: La flota encargada de realizar el acarreo (camiones) tienen problemas con el sistema de frenado.
- Sistema de escape: Los camiones y el cargador frontal muestran averías recurrentes con el sistema de expulsión de gases de la combustión.

4.2. INDUSTRIA VENEZOLANA DEL CEMENTO (INVECEM)

INVECEM es una empresa del sector público creada en el año 2009 la cual busca proveer cemento, concreto, agregados y materiales de construcción en general a lo largo del país. En el estado Aragua poseen una cantera y una planta procesadora de cemento. San Sebastián se encuentra ubicada al sur del estado en el eje vial San Casimiro - San Juan de Los Morros.

La cantera San Sebastián ubica sus actividades en la Formación Guárico, Miembro Morro del Faro. Formación geológica que se caracteriza por la presencia de meta-calizas arrecifales. En sus instalaciones cuentan con yacimientos de arcillas necesarias para la creación del cemento, esto les permitió la instalación de una planta procesadora de cemento con la cual alcanza una producción aproximada de 250.000m³/mes.

INVECEM en sus diferentes canteras al igual que MINARSA, opera en un horario de 7 a.m. a 4 p.m. y toman una hora al medio día para almorzar, con un uso aproximado a las siete horas diarias para los equipos. Dentro de la cantera San Sebastián, la empresa posee un taller en el cual se realiza el mantenimiento menor de los equipos cada 250 horas; también cuentan con el servicio técnico especializado de la empresa VENEQUIP para reparaciones mayores.

“Escases de repuestos para los equipos de perforación” y “sin problemas con los repuestos de retroexcavadoras, cargadores, camiones y tractores” fue el comentario acerca de la disponibilidad de los accesorios que la empresa expresó durante la entrevista.

Aunque la empresa no permitió el acceso a sus instalaciones, la misma accedió a responder la mayoría de las preguntas de la encuesta permitiendo complementar el estudio que se está realizando.

La empresa posee 19 equipos los cuales son descritos en el resumen de la tabla 8.

Tipo de máquina	Marca	Modelo	Cant.	Cap.	Ope. / Inope.	Propio / Alquilado (P/A)	Nuevo /Usado (N/U)	Año de Adq.
Perforadora	Atlas Copco	ROC L6	1	-	0/1	P	N	2006
Perforadora	Atlas Copco	ROC F6	1	-	1	P	N	2010
Perforadora	AC	Wagon Drill	1	-	1	A	s/i	s/i
Retroexcavadora	SANY	420 Y	1	1,19	0/1	P	N	2010
Retroexcavadora	Caterpillar	325	1	2,3	1	A	s/i	s/i
Retroexcavadora	Caterpillar	345	1	3,5	1	A	s/i	s/i
Retroexcavadora	Caterpillar	330 BL	1	martillo	1	P	N	2006
Cargador Frontal	Caterpillar	988 H	2	6,3	2	P	N	2006
Camión	Caterpillar	771D	5	34,3 T	4/1	P	N	2006
Tractor	Caterpillar	D8T	1	-	0/1	P	N	2006
Tractor	Caterpillar	D8L	1	-	1	A	s/i	2006
Motoniveladora	Caterpillar	120 H	1	-	1	P	N	2006
Cisterna	Iveco	-	1	8000 L	1	P	N	2006
Camión de Explosivos	Iveco	-	1	s/i	0/1	P	N	2006

s/i: sin información

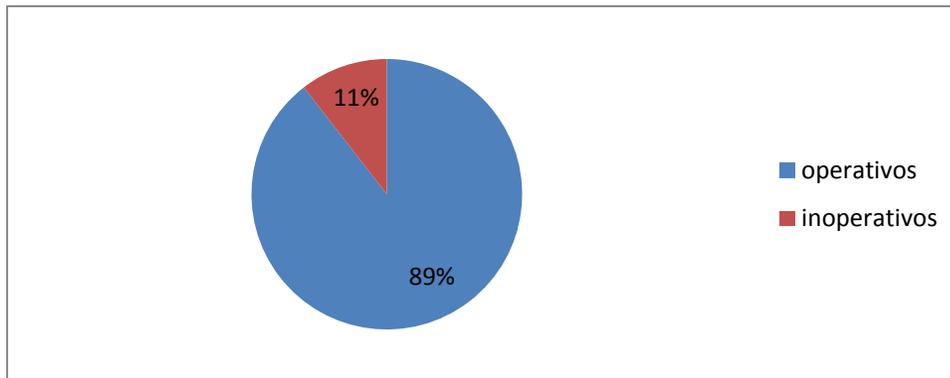
Tabla 8. Descripción de los equipos que operan en la cantera San Sebastián.

La retroexcavadora de marca SANY presenta un caso de mortalidad infantil (según el criterio de la Curva de la Bañera) ya que el equipo fue declarado como “inutilizable” por fallas mecánicas sin haber cumplido las 500 horas de uso. Se desconoce si contaba con garantía de compra y que sea la causa de que no esté operativa.

“Este año se renovará la flora” fue comentario emitido durante la entrevista, sin embargo no se especificó que el destino de los equipos que operan en la actualidad en la cantera.

Como es apreciable en la tabla 8, la totalidad de los equipos fueron comprados nuevos y 89,5% se encuentran operativos, esta información se refleja en el gráfico 9.

Gráfico 9. Relación equipos operativos e inoperativos de la cantera San Sebastián.



En cuanto a las fallas comunes de los equipos de la empresa se tienen:

- Sistema hidráulico: Los equipos de perforación, carga (retroexcavadoras y cargadores frontales) presentan averías en sellos, bombas y mangueras, partes del sistema hidráulico de la maquinaria.
- Cauchos. La empresa manifestó problemas para adquirir y remplazar cauchos.
- Compresor. La perforadora se encuentra inoperativa ya que el compresor de la misma no funciona.

4.3. MINERA LOMA DE NÍQUEL (MLDN)

MLDN es una empresa del sector privado que a partir del año 1992 realiza la exploración, extracción y procesamiento del ferroníquel. La empresa se ubica a unos 80 km al suroeste de Caracas a 5 km de la población de Tiara.

“La Formación Tiara en su complejo Loma de Hierro, posee lateritas níquelíferas y gruesas capas de moco de hierro” (<http://www.pdv.com/lexico/l882w.htm>. visitado el 25/05/2012) los cuales son aprovechados por la empresa para generar su producto final.

MLDN opera las 24 horas del día mediante 3 turnos de 8 horas, poseen taller para realizar sus mantenimientos tanto menores como mayores y no utilizan ningún tipo de asistencia técnica externa. Estas labores a la flota de equipos se hacen cada 250 horas operativas.

Es importante destacar que la organización cumple con un seguimiento detallado a las actividades de los equipos, sus averías y tiempos de mantenimiento, sin embargo esta información no fue concedida para la investigación.

Los 22 equipos los que cuenta la empresa para sus operaciones son detallados en la tabla 9.

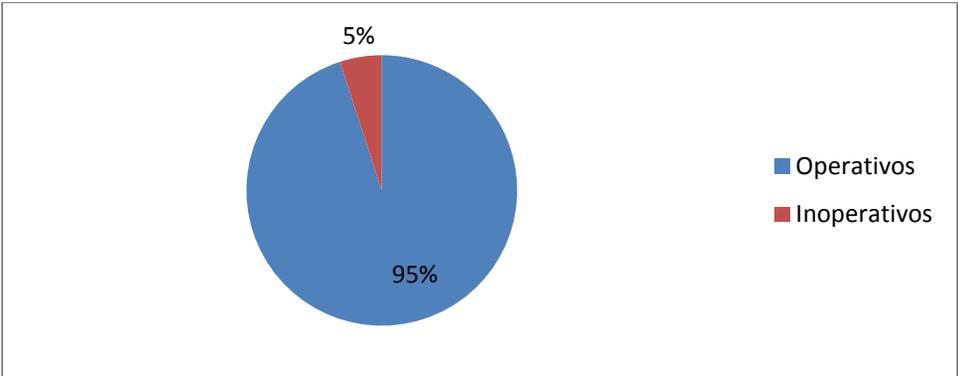
Tipo de máquina	Marca	Modelo	Cant.	Cap.	Ope. / Inope.	Propio / Alquilado (P/A)	Nuevo /Usado (N/U)	Año de Adq.
Retroexcavadora	Komatsu	PC - 750 - SE	3	4	3	P	N	2000
Cargador Frontal	Komatsu	WN - 700	1	s/i	1	P	N	2000
Camión	Komatsu	HD - 465	11	61	10/1	P	8N/3U	7-2000 1-2005 3-2010
Tractor	Komatsu	DissAX-5	3	-	3	P	2N/1U	2-2000 1-2010
Motoniveladora	Komatsu	GD675-3A	1	-	1	P	N	2009
Motoniveladora	Komatsu	GD704-4	1	-	1	P	N	2000
Cisterna	Komatsu	hd465-5	1	s/i	1	P	N	2000
Cisterna	Volvo	s/i	1	s/i	1	P	N	2000

s/i: sin información

Tabla 9. Descripción de los equipos que operan en la empresa Minera Loma de Níquel

El 95,5% de sus equipos se encuentran operativos y el 100% de estos fueron comprados nuevos (gráficos 10).

Gráfico 10. Relación equipos operativos e inoperativos de la empresa Minera Loma de Níquel



En cuanto a las fallas, el entrevistado no hizo referencia a problemas recurrentes, esto lo atribuyen a un sistema de mantenimiento predictivo según el cual realizan compras y cambios de piezas de forma preventiva, sin embargo, las mangueras y sellos del sistema hidráulico de los equipos de extracción/carga ceden de forma fortuita.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En base a la información obtenida y expuesta en tablas y gráficos, a continuación se plasma el análisis con el cual se establece la situación física de los equipos mineros que operan a cielo abierto en el estado Aragua para el año 2011.

Para ello se divide la información según el tipo de mineral con el que trabajan los equipos (metálicos y no metálicos). Se efectúa esta diferenciación basándose en que la maquinaria se somete a esfuerzos similares según el rubro con el que trabaje; las labores necesarias para que opere una unidad de equipo pesado pueden variar según el tipo de mineral que manipule.

Este análisis toma en cuenta el tipo de equipos, las marcas presentes en el estado, el modelo o capacidad que más se presenta, estatus operativo y la edad de los equipos, con ello se asumirá la relación de equipos nuevos y usados, la vida útil de los equipos desde el punto de vista del fabricante y según las fallas que exhiben para ubicarlas en un período dentro de la Curva de la Bañera como criterio para estipular su condición.

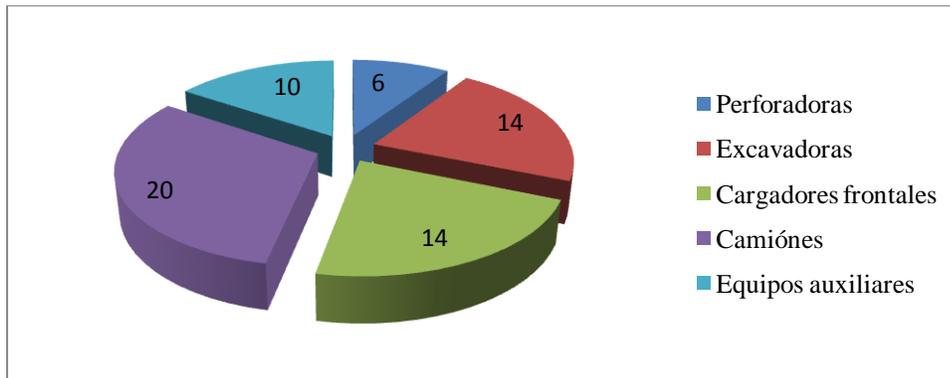
Para finalizar el análisis, se estudiarán más a detalle las averías más comunes que presentan los equipos que trabajan tanto en operadoras que extraen minerales metálicos como no metálicos bajo la perspectiva y apoyo de herramientas de Confiabilidad Operacional.

1. NO METÁLICOS.

Las empresas que extraen minerales no metálicos en el estado Aragua son MINARSA e INVECEM, ambas son del sector público y concentran sus actividades principalmente en la exploración, extracción y procesamiento de las meta-calizas arrecifales y de las arenas de la Formación Guárico.

Teniendo en cuenta los cuadros 1 al 8, se puede totalizar 64 equipos que operan en las empresas antes mencionadas. Seis de las 64 unidades se encargan de realizar la extracción de la roca, 28 se ocupan de cargar y remanear el material (14 retroexcavadoras y 14 cargadores frontales), 20 unidades para el acarreo y un total de 10 equipos en actividades de apoyo. Esta información se puede apreciar en el gráfico 11.

Gráfico 11. Número de equipos utilizados en la extracción de minerales no metálicos



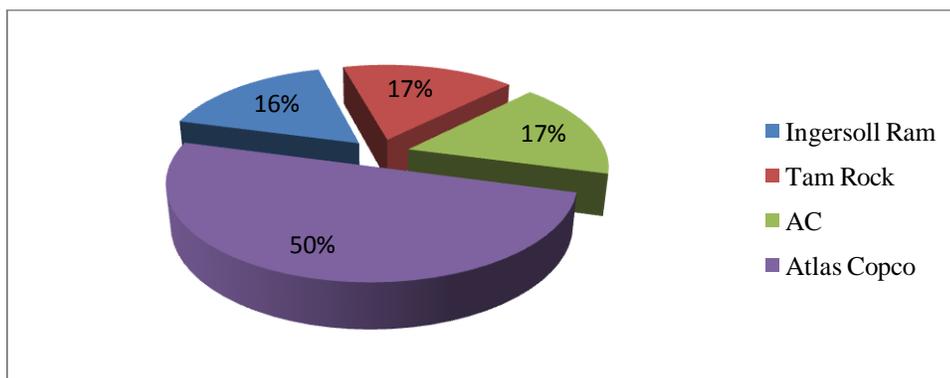
A continuación se agrupa la información de los equipos para poder realizar el análisis final.

1.1. Perforadoras

Debido a la dureza de roca meta-caliza la extracción mecánica o directa no se hace posible por lo que precisa ejecutar perforación y voladura para el arranque del mineral y para ello se emplean perforadoras para la elaboración de barrenos que posteriormente son cargados con explosivos.

En el gráfico 12 se genera con la información de las tablas 1 a la 8 permitiendo identificar la marca de perforadoras con mayor presencia en el estado Aragua.

Gráfico 12. Marcas de equipos de perforación presentes en el estado Aragua



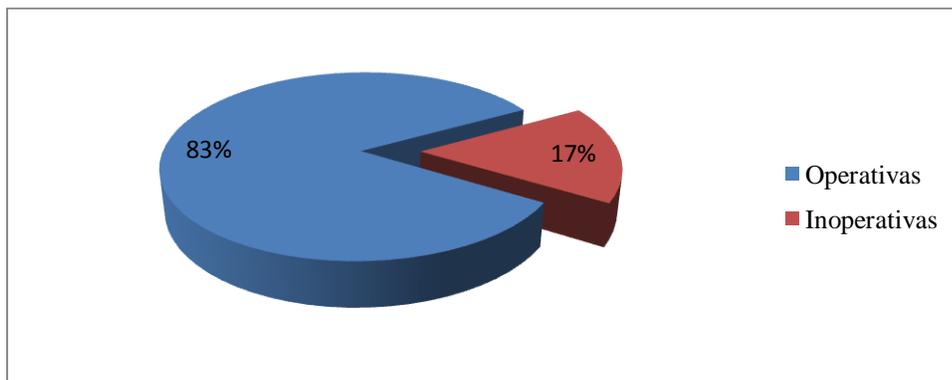
Como se aprecia en el gráfico 12 la marca con mayor cantidad es Atlas Copco siendo el 50% de las perforadoras pertenecientes a esta marca. Las marcas Ingersoll Rand,

TamRock y AC también están presentes, sin embargo no poseen una fuerte representación en la zona.

Aunque los equipos de perforación varían según el fabricante, el modelo más común, en todos los casos del estado Aragua, es el *Vagon Drill* pues este permite trasladar tanto maquinas convencionales como pesadas.

En las canteras que extraen minerales no metálicos en el estado Aragua hay un total de seis perforadoras, sin embargo solo cinco de ellas se encuentran operativas lo cual representa según se observa en el gráfico 13 un 83% del total de los equipos.

Gráfico 13. Relación porcentual de perforadoras operativas e inoperativas



El 17% corresponde a un equipo ubicado en la cantera San Sebastián perteneciente a la empresa INVECEM el cual se encuentra inoperativo debido a fallas en el compresor. La avería específica no fue informada, sin embargo será tomada en cuenta para un análisis posterior.

De los seis equipos, dos son alquilados y la información acerca de ellos no fue otorgada por los entrevistados. Los otros cuatro equipos se adquirieron entre los años 2006 (tres equipos) y 2010 (un equipo) ambos casos nuevos.

Las fallas más frecuentes que presentan los equipos de perforación (ver canteras Agua Viva 2, El Chupadero y San Sebastián) son:

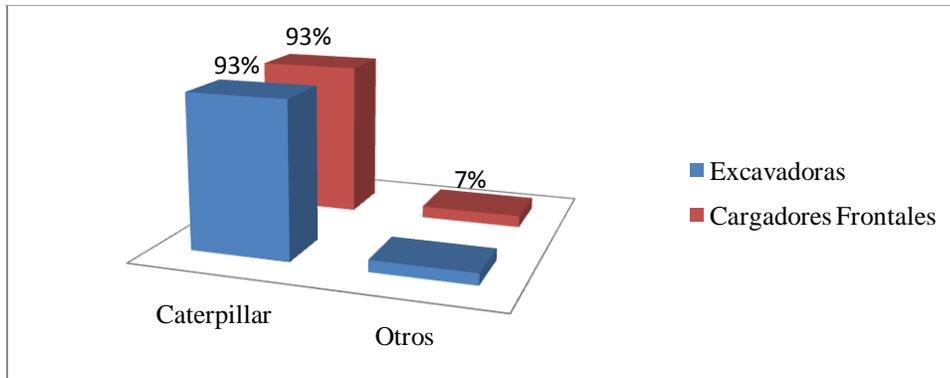
- Problemas con el sistema hidráulico y
- Compresor dañado.

1.2. Retroexcavadoras y cargadores frontales

Dentro de las máquinas de excavación y carga existe una gran variedad, sin embargo en el estado Aragua solamente encontramos retroexcavadoras y cargadores frontales. Estos equipos se agrupan debido a que ejecutan una función en común, cargar la roca ya sea del frente volado al equipo de acarreo (retroexcavadora o cargador frontal asistido por tractor) o en una pila de almacenamiento o patio de remanejo (cargador frontal).

En esta entidad existen 13 retroexcavadoras y 14 cargadores frontales utilizados para la carga de material y como se aprecia en el gráfico 14, la marca con mayor presencia es Caterpillar, ya que un 93% de cada uno de los equipos anteriormente mencionados pertenecen a esta marca. El 7% restante son marca SANY en el caso de las retroexcavadoras y Kawasaki para los cargadores frontales.

Gráfico 14. Marcas de retroexcavadoras y cargadores frontales presentes en el estado Aragua



Aunque en el gráfico 14 se muestran 14 retroexcavadoras, una de ellas fue adaptada para funcionar como martillo percutor con el fin de romper el sobretamaño de las voladuras (tabla 8)

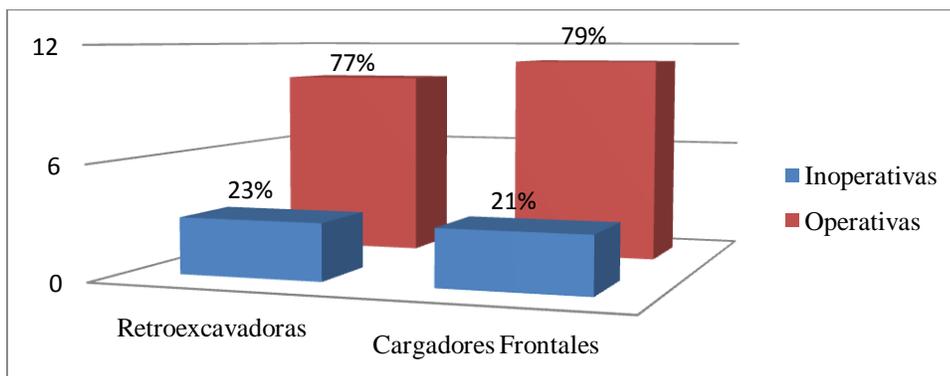
Tanto las retroexcavadoras como cargadores frontales presentan una gran variedad de modelos, sin embargo para este tipo de equipo es importante resaltar la capacidad de carga que tienen pues de ello depende el tipo de trabajo y el material con el que operan. (Solanilla, 2003). A continuación en la tabla 10. se compilan resumidas las capacidades de estos equipos.

Retroexcavadoras	Capacidad (m ³)	Cantidad	Cargadores Frontales	Capacidad (m ³)	Cantidad
	0,75 - 2,5	11		2 - 3,9	9
2,6 - 5	2	4 - 6,9	5		

Tabla 10. Capacidades de los equipos de carga.

Como se mencionó anteriormente, en totalidad se hallan en el estado Aragua 27 equipos de carga de los cuales hay 3 retroexcavadoras y 3 cargadores frontales inoperativos, estos representan un 23% y 21% de la totalidad. Esta información se puntualiza en el gráfico en seguida.

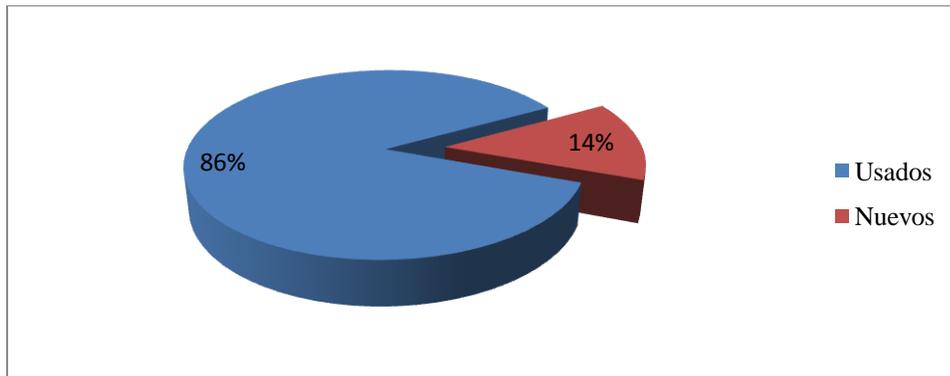
Gráfico 15. Relación de los equipos de carga según su estatus operativo



Las retroexcavadoras que se encuentran inoperativas pertenecen dos a MINARSA y una a INVECEM. La razón se le atribuyó a problemas con los gatos hidráulicos y falla del brazo.

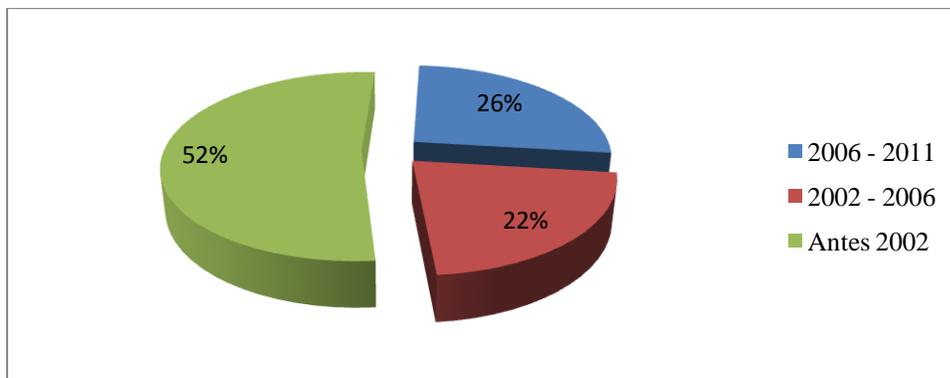
En las tablas 1 al 8 se puede ver que la totalidad de los equipos de carga de MINARSA se compraron usados, mientras que los de INVECEM fueron adquiridos nuevos. El grupo de máquinas de las que se desconoce la información son equipos alquilados.

Grafico 16. Relación de equipos de carga comprados nuevos y usados.



En el gráfico a continuación se agrupan porcentualmente los equipos según su fecha de compra.

Gráfico 17. Porcentaje de equipos según su fecha de compra



Las fallas más recurrentes en los equipos de cargas son:

- Problemas con el sistema hidráulico (mangueras, sellos, bombas y gatos) de ambos equipos.
- En cargadores frontales solamente: sistema de transmisión, motor y cauchos.

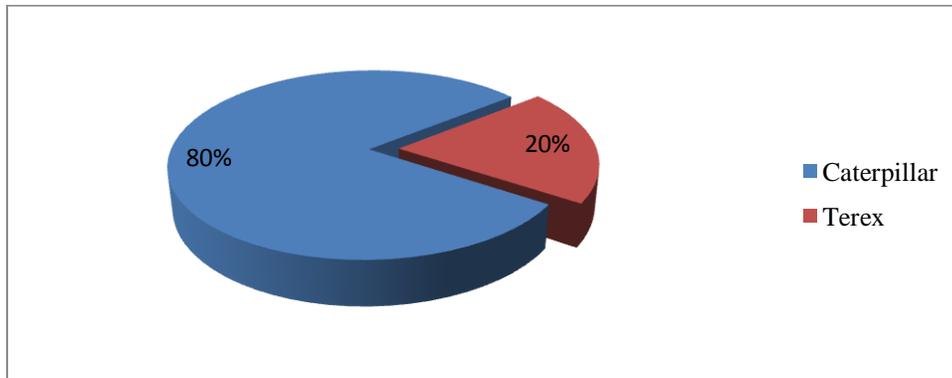
1.3. Camiones

Los camiones roqueros son maquinarias de gran capacidad y potencia los cuales permiten el traslado de importantes cantidades de rocas a su destino final, ya sea una pila de almacenamiento, una tolva en planta o una escombrera/botadero.

Para el año 2011, en el estado Aragua existen 20 equipos destinados al acarreo de minerales no metálicos de los cuales, 85% pertenecen a las empresas MINARSA e INVECEM y el resto son alquilados.

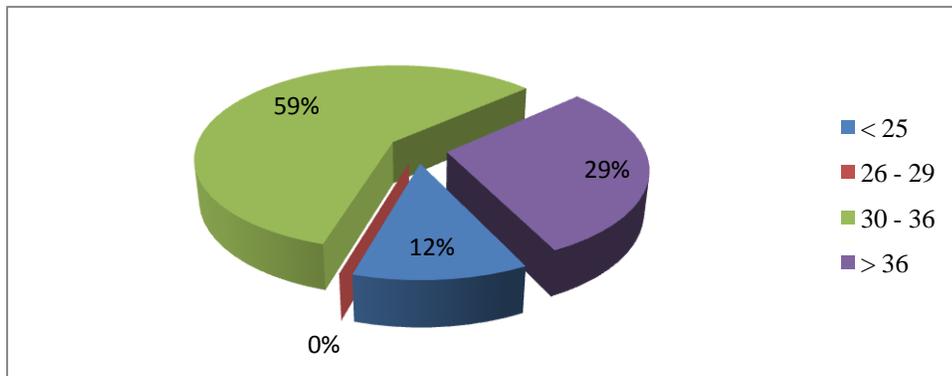
La muestra de camiones que operan para las empresas MINARSA e INVECEM son de marcas TEREX y Caterpillar siendo como se muestra en el gráfico 18. Caterpillar es la marca con mayor presencia en el sector no metálico en el estado con un 80% del total de los equipos de acarreo.

Gráfico 18. Marcas de camiones presentes en el estado Aragua.



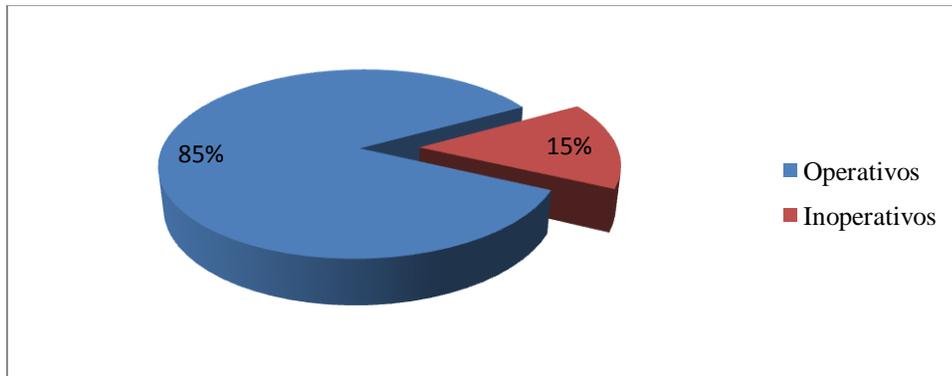
Al igual que las retroexcavadoras y cargadores frontales, los camiones presentan una gran variedad en sus modelos, pero más importante es resaltar la capacidad que poseen. En el gráfico 19 encontraremos la distribución porcentual de los equipos que según el rango de capacidad.

Gráfico 19. Distribución de los camiones según su capacidad en toneladas



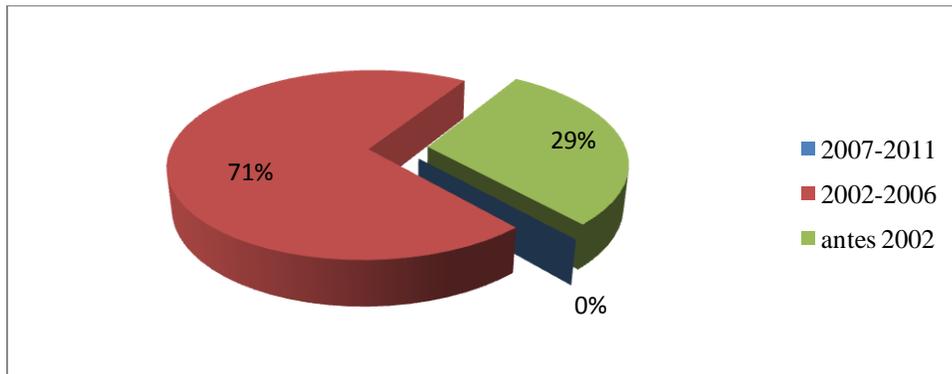
Como se observa en la gráfica 20, de los 20 camiones que operan con minerales no metálicos, 17 se encuentran operativos, representando un 85% del total de estos equipos.

Gráfica 20. Relación de camiones operativos e inoperativos



Los camiones que se encuentran inoperativos pertenecen dos a MINARSA y uno a INVECEM, estos presentan problemas con el sistema de transmisión, sistema de escape de gases y por falta de repuestos (correa única).

En el gráfico 21 se agrupan los camiones según su fecha de adquisición.



Teniendo en cuenta que solo el 47% de los equipos fueron comprados nuevos y que el 71% fueron adquiridos entre los años 2002 y el 2006; la mayoría de los equipos de acarreo poseen entre seis y diez años de uso (grafico anterior).

Entre las fallas más recurrentes que presentan las unidades de acarreo se tienen:

- En las correas únicas

- Sistema de frenado-frenos
- Sistema de escape
- Transmisión
- Sensores eléctricos

1.4. Equipos auxiliares

Los equipos auxiliares son aquellos que aunque no intervienen en el proceso productivo son esenciales para permitir la explotación minera de un modo eficiente y seguro (Hartman, 2002). Estos equipos son los tractores, motoniveladoras, camiones cisterna y en algunos camiones de explosivos.

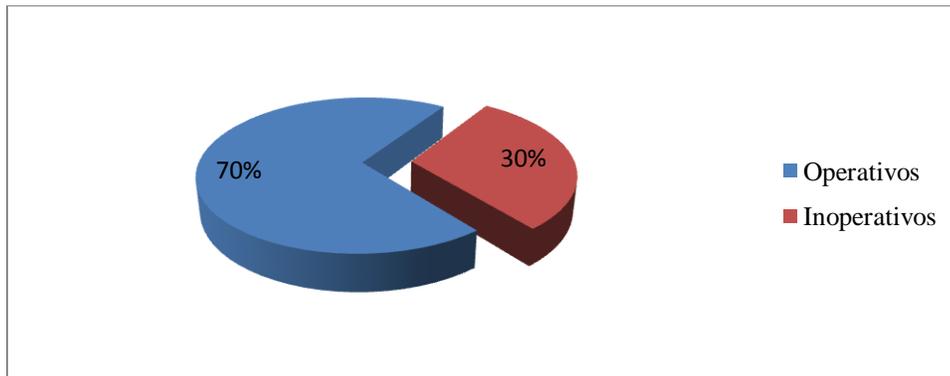
Los tractores son utilizados para el movimiento de tierra por arrastre, deforestación, apertura de vías, construcción de escombreras y varias actividades más. Las motoniveladoras son empleadas para realizar el mantenimiento y nivelación de las vías de acarreo. Los camiones cisterna se usan para ejecutar un riego controlado en la mina con la finalidad de nivelar los niveles de polvo en el ambiente.

En el estado Aragua para el 2011 existen 10 equipos auxiliares, seis son tractores de oruga, dos motoniveladoras, un camión cisterna y un camión de explosivos.

Las marcas que predominan en el estado son: Caterpillar para tractores, Iveco para camiones cisterna y camión de explosivos. No existe una marca líder de motoniveladoras debido a que se encuentran la misma cantidad de maquinaria Caterpillar como Champion.

El gráfico a continuación muestra la proporción de equipos auxiliares según su estatus operativo o inoperativo.

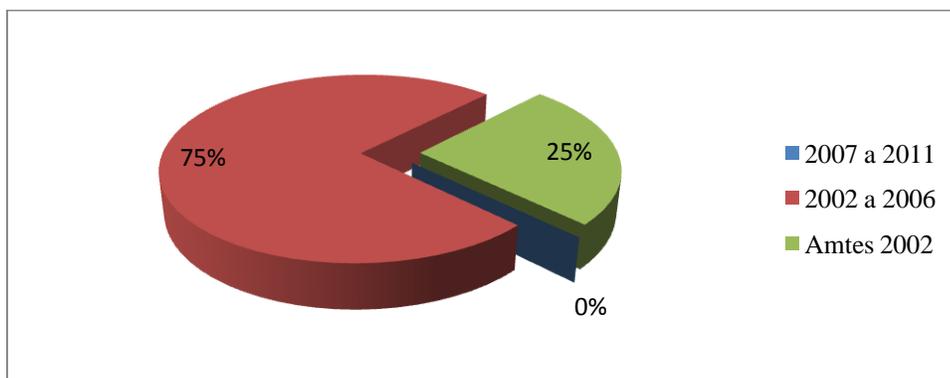
Gráfico 22. Relación de equipos auxiliares operativos e inoperativos



El 30% de los equipos inoperativos representan a dos tractores de la empresa MINARSA y al camión de explosivos de la empresa INVECEM. Los tractores están inoperativos debido a problemas con el tren de rodaje y tornillos de la oruga, repuestos que no han logrado conseguir. El camión de explosivos se encuentra fuera de servicio por falta de repuestos, por ello la cantera ha optado a la carga de explosivos de forma manual.

Como se muestra en la gráfica 23, el 75% de los equipos auxiliares se compraron entre los años 2002 y 2006 lo cual indica que éstos han sido utilizados durante un periodo de cinco a diez años.

Gráfico 23. Años de adquisición de los equipos auxiliares



Las fallas comunes que presentan estos equipos se listan a continuación:

- Sistema de traslación (tren de rodaje y tornillos de las orugas).
- Partes móviles de la motoniveladora (Punta de eje, transmisión).

- Ruptura de mangueras del sistema hidráulico.
- Sistema de inyección.

1.5. Análisis de la situación de los equipos mineros que operan con minerales no metálicos en el estado Aragua

1.5.1. De los equipos

En esta parte del análisis se expondrá la situación de los equipos presentes para el año 2011 en el estado Aragua y su efecto en el proceso productivo.

Aunque en el estado Aragua se consiguen perforadoras de diferentes marcas, el modelo más común es el *Vagon Drill* y son aquellas que se desplazan sobre orugas, poseen el equipo perforador adherido al chasis y el compresor se encuentra independiente al anterior.

Debido a que MINARSA no posee suficientes equipos de perforación, las maquinas realizan una rotación en las canteras para hacer los barrenos para las voladuras. Este tipo de actividad conlleva a un mayor desgaste de los equipos debido a que éstos se movilizan sobre orugas y no están diseñados para hacer traslados largos.

Con respecto a las retroexcavadoras y los cargadores frontales, todos los equipos que operan en esta entidad y en este rubro se consideran adecuados para trabajar con roca meta-caliza ya que su capacidad de balde se encuentra por encima de los tres cuartos siendo lo recomendado para excavar en materiales rocosos duros (Díaz del Río, 2007).

Entre los equipos de carga y acarreo debe existir una relación entre las capacidades ya que un camión debe ser llenado con una cantidad de pases que va de tres a seis para que sea económicamente viable. Lo que quiere decir que siendo la capacidad de balde de las retroexcavadoras de $0,75 \text{ m}^3$ a $2,5 \text{ m}^3$ la más común en el estado, el tonelaje de los camiones debe ser entre 10 y 25 toneladas (tomando en cuenta una densidad de $1,54 \text{ ton/m}^3$ para rocas fragmentadas) para mantener el criterio de carga entre 3 pases como mínimo y 6 en lo máximo. Sin embargo, el 59% de los camiones poseen una capacidad que va de 30 a 35 toneladas obligando a las retroexcavadoras a ejecutar

entre 8 y 9 pases para realizar la carga de los camiones, siendo considerado desde el punto de vista técnico-económico como inviable.

En el caso de la relación entre cargadores frontales y los camiones, el 59% de la maquinaria de acarreo que opera con minerales no metálicos en el estado Aragua son adecuados para trabajar con el 64% de los cargadores frontales debido a que esta proporción de cargadores frontales poseen una capacidad que va de 2 a 4 m³ lo que equivaldría a cargar los camiones de los que hablamos en la sección anterior con cinco o seis pases.

Algo que parece ser destacado en la región es la función de los equipos auxiliares, ya que la cantidad de estas maquinarias no es suficiente para atender a las demandas operativas de las canteras de la región. El hecho de que existan menos tractores que canteras implica que algunos de los equipos pueden estar siendo utilizados incorrectamente. No es extraño encontrar empresas que le asignan a cargadores frontales operaciones que deben ser ejecutadas por tractores, lo cual implica un mayor desgaste y probabilidad de fallas en los primeros por estar realizando actividades para los cuales no fueron diseñados.

Otro ejemplo, son las retroexcavadoras que frecuentemente deben acondicionar su lugar de trabajo antes de comenzar operaciones, al ocurrir esto, la producción se ve castigada puesto que el tiempo en el que estos equipos acomodan el área pudiese ser empleado para cargar material, en este caso se recomendaría prever el uso de un equipo auxiliar para el arreglo de frente como lo sería un tractor de cauchos, de orugas o una motoniveladora.

Ya que los cargadores frontales deben realizar la operación de carga asistidos por tractores, se infiere que los primeros están siendo mal utilizados, pues la cantidad de éstos sobrepasan por más del doble a la cantidad de tractores.

Aún en mayor proporción que en los tractores, el número de canteras sobrepasa por cuatro a la cantidad de motoniveladoras existentes en Aragua en no metálicos, por lo que se deduce que debido a esto el mantenimiento de las vías no es el adecuado y se ha traducido en averías en los equipos de acarreo. El estado de las vías de las canteras tiene una gran influencia sobre los esfuerzos que un equipo debe realizar para

trasladarse, por lo cual tiene una influencia directa en fallas del sistema móvil de los mismos.

En cuanto a los camiones cisternas, sólo conseguimos uno en una muestra de ocho canteras que operan con minerales no metálicos. Y aunque las leyes no exigen el uso de camiones cisterna para la minería, en el Decreto 638 Normas sobre la calidad del aire y control de la contaminación atmosférica; se establecen los parámetros que deben cumplirse en este tipo de actividad, donde estos equipos juegan un papel de coadyuvar a paliar las afectaciones de la actividad minera.

Aunque las condiciones atmosféricas no fueron medidas, es del conocimiento general que el tránsito de equipos pesados en suelo desprotegido genera un particulado fino que al quedar en suspensión contamina el aire y dificulta la visibilidad de los operadores, además, aunado a que el sobretriturado tiende a alojarse en las partes móviles de los equipos implicando un mayor desgaste de las piezas por efecto de abrasión. Todos estos inconvenientes y otros que se desconocen pueden ser causados por la falta de riego dentro de las vías de acarreo.

1.5.2. Del estatus de los equipos

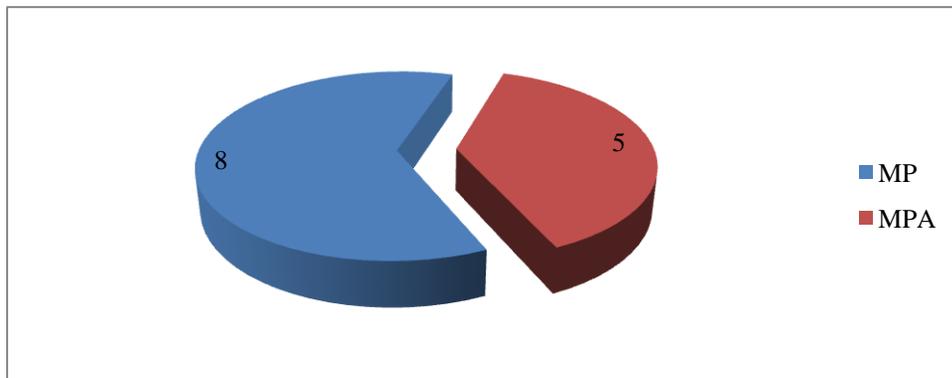
Para determinar el estatus de los equipos en el estado Aragua, el análisis tomará en cuenta la operatividad de los equipos de la diferentes empresas que extraen minerales no metálicos, para ello, en la tabla 11 a continuación se resumen los valores para los mismos según su condición expresados en porcentaje.

Tipo de equipo:	% Operativos
Perforadoras	83%
Retroexcavadoras	77%
Cargadores frontales	79%
Camiones	85%
Auxiliares	70%

Tabla 11. Porcentaje de operatividad de los equipos que operan en la extracción de no metálicos.

Ninguno de los equipos mencionados en la tabla 11 posee un valor de operatividad considerado bueno. Para analizar este hecho se tomaran en cuenta tres puntos, el tipo de mantenimiento que reciben la maquinaria, su antigüedad y el ambiente de trabajo. Como ya fue mencionado en los resultados, las dos empresas referidas hacen mantenimiento preventivo (MP), sin embargo una de ellas recibe asistencia por parte de un servicio técnico externo (Mantenimiento Preventivo Asistido. MPA) para realizar las reparaciones mayores, tomando en cuenta este hecho, en el gráfico a continuación se interrelacionan la cantidad de equipos inoperativos con el tipo de mantenimiento que reciben.

Gráfico 24. Cantidad de equipos inoperativos según el tipo de mantenimiento que se les aplica



La empresa que realiza el MP es aquella que posee mayor cantidad de máquinas inoperativas al contrario de la que aplica MPA. En este aspecto se demuestra que la asistencia técnica externa (MPA) ha jugado un importante papel gracias a haber facilitado la consecución de los repuestos y de su presencia a la hora de realizar actividades relacionadas con el mantenimiento.

Este hecho es fácilmente comprobable, por los resultados visibles obtenidos de la empresa que emplea MP es que sus equipos presentan mayor recurrencia de fallas, lo cual está relacionado con máquinas detenidas por averías mayores y menores. Con respecto a esto opina el ingeniero Höhn en comunicación personal, quien es experto en máquinas de perforación para minería, que “es hecho de que un equipo se

mantenga operativo o no depende mayormente de la calidad del mantenimiento que éste reciba”.

En cuanto a la antigüedad de los equipos, en la tabla 12 se agrupan todos los equipos según su año de compra (hace 5, 10 o más años) y si en ese momento estaban nuevos o usados (no se toma en cuenta los equipos de los cuales se desconoce información de la fecha de compra).

Equipo	2011 - 2006		2006 - 2002		antes 2002	
	Nuevo	Usado	Nuevo	Usado	Nuevo	Usado
Perforadoras	3	-	1	-	-	-
Retroexcavadoras	2	1	-	2	-	-
Cargadores frontales	2	1	-	3	-	2
Camiones	7	-	-	5	1	4
Auxiliares	5	-	-	1	-	2
Total comprado en el período	19	2	1	11	1	8

Tabla 12. Período de compra de los equipos que operan en el estado Aragua.

En la tabla 12 se observa que el grupo mayor de equipos que operan en la entidad se compraron nuevos en el período 2011 – 2006, casi todos pertenecientes a la empresa que realiza el MPA (ver tabla 8) siendo también la que posee una menor cantidad de equipos inoperativos.

Por otra parte, las máquinas con usos mayores de cinco años o más, pertenecientes a la empresa que hace MP, tienen mayor ocurrencia de fallas. En la sección de análisis para las averías se detalla más acerca de éstas y las razones que mantienen a los equipos inoperativos, además de establecer con el criterio de la Curva de la Bañera en qué momento de su vida útil se encuentra.

El ingeniero Zambrano en comunicación personal considera que aquellos equipos que se emplean en no metálicos en la zona de estudio, por las condiciones de trabajo pueden llegar a tener, en su experiencia, cinco años (si son nuevos) antes de que comiencen a aparecer las fallas de forma considerable. Según sus vivencias en este ámbito, podríamos extrapolar esto a los equipos que trabajan en Aragua y pensar que la vida útil de estos puede llegar a superarla como se ve en la tabla 12.

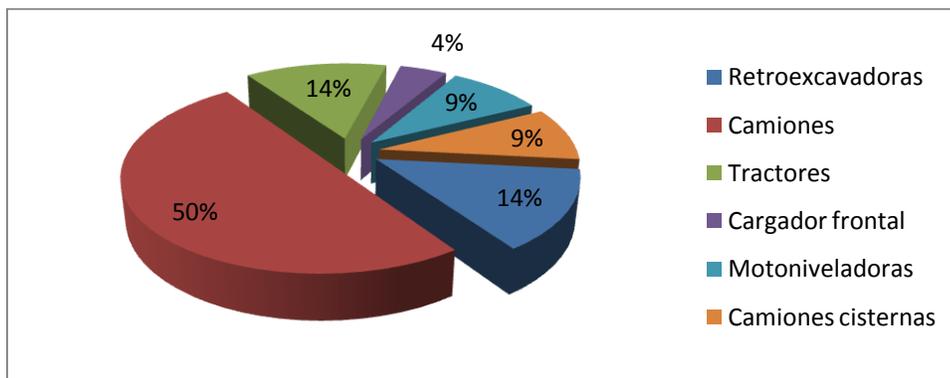
Como se mencionó en el análisis acerca de los equipos que operan en no metálicos, la escases de equipos auxiliares en el estado influye directamente en la calidad del ambiente de trabajo, siendo que la cantidad de partículas abrasivas en suspensión aérea es mayor a la normal, mantenimiento de las vías por el cual transitan los equipos no es el más adecuado, además se suma que las condiciones para las personas no son las más confortables, incidiendo en el trato a los equipos y todos estos factores disminuyan el tiempo de vida de la maquinaria, aumentando la probabilidad de recurrencia en la aparición de fallas y finalmente, en la cantidad de unidades que se encuentran operativas.

2. MINERALES METÁLICOS

La única empresa que ejecuta actividades de prospección, exploración, explotación, concentración y comercialización de minerales metálicos en el estado Aragua es Minera Loma de Níquel, la cual opera sobre la Formación Tiara extrayendo mineral de ferro-níquel.

Basados en la tabla 9, el análisis comienza con que 22 son los equipos correspondientes a MLDN. Del conjunto de estas máquinas están distribuidas según las operaciones unitarias de la siguiente manera: cuatro de arranque y carga, once de acarreo y siete operaciones auxiliares (gráfico 25).

Gráfico 25. Distribución por equipo en MLDN



El equipo más numeroso para la extracción de mineral de ferro-níquel son los camiones roqueros. Estos camiones poseen una capacidad de 61 toneladas americanas

lo cual equivale a 10 m³ (<http://www.komatsuamerica.com/trucks-HD465-7#info>. Revisión: 31/5/2012) y se encuentran en su mayoría operativos.

Las retroexcavadoras son el segundo equipo más cuantioso en MLDN y se ocupa del arranque y la carga del mineral. Esto es posible debido a que a diferencia de los minerales no metálicos, el ferro níquel se encuentra depositado en un suelo laterítico en el cual se puede realizar el arranque de forma mecánica sin la necesidad del uso de explosivos.

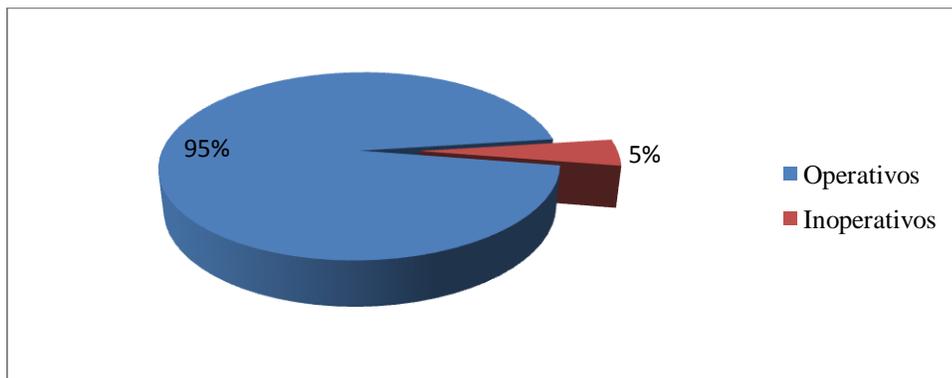
Las retroexcavadoras poseen una capacidad máxima de 4m³ (http://www.komatsu.com/ce/products/pdfs/PC750_750SE-7_.pdf. Revisión: 31/5/2012), las cuales son capaces de cargar a los camiones en tres pases tomando como densidad del suelo laterítico 2,5 t/m³.

En MLDN, los tractores son utilizados para realizar la deforestación, apertura de vías y construcción-alivio de escombreras; las motoniveladoras y los camiones cisterna poseen circuitos cerrados dentro de la mina para garantizar el estado de las vías y de las condiciones ambientales.

El cargador frontal es utilizado para las operaciones de carga en las diferentes áreas de apilamiento. Según el criterio de la empresa MLDN este equipo es considerado como auxiliar ya que el mismo no participa en el proceso directo de arranque de mineral.

A continuación la gráfica 26 muestra la relación de equipos según su estatus operativo.

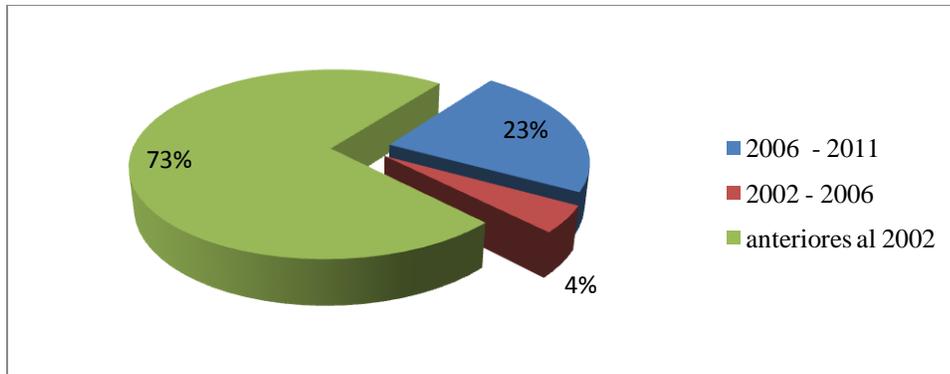
Gráfico 26. Distribución porcentual de equipos por estatus operativo



El 5% de equipos inoperativos, representa a un camión que no se encuentra en funcionamiento, el motivo no fue revelado durante la entrevista.

En la gráfica 27, se presenta la distribución porcentual de los mismos según sus años en servicio.

Gráfica 27. Distribución porcentual de los equipos según sus años en servicio.



El 73% de los equipos que operan en MLDN poseen una antigüedad mayor a los 10 años de servicio.

2.1. Análisis de la situación de los equipos mineros que operan con minerales metálicos en el estado Aragua

2.1.1. De los equipos

Como se muestra en el gráfico 25, MLDN tiene 22 equipos de los cuales el 50% son camiones y el 14% son retroexcavadoras, estos se compraron para trabajar en conjunto ya que las maquinas de carga puede llenar en tres pases a los camiones.

Este hecho permite que los tiempos de demora en la carga de mineral disminuyan y mantiene un flujo continuo de camiones que transporten el mineral, además de que el número de pases influye en la condición del equipo de acarreo ya que realizado adecuadamente, aunque la carga se ejecute rápido la cantidad de material vertida por pase no fuerza el sistema hidráulico de la tolva, siempre y cuando la densidad del material sea el adecuado.

El hecho de poseer suficientes equipos auxiliares garantiza el buen estado general de las vías y de los frentes de trabajo, lo cual implica que tanto los operadores como los equipos poseen un ambiente adecuado de operación, influyendo directamente en el tiempo de vida de las máquinas.

2.1.2. Del estatus de los equipos

Como se puede observar en el gráfico 26, la empresa MLDN tiene el 95% de sus equipos operativos. Este valor de operatividad es el más alto que presenta el estado Aragua, lo cual es importante resaltar ya que como se observa en el gráfico 27, y como se dijo antes, buena parte de sus equipos tienen más de diez años de servicio. Este valor de operatividad tan alto para equipos con sus años de servicio se presume que pudo ser logrado a través de las políticas de mantenimiento implementadas y al cuidado en las condiciones del ambiente de trabajo en la que opera la maquinaria.

La empresa posee un taller en el cual se realizan todas las actividades de mantenimiento, cada 250 horas según lo especificado en las entrevistas. Estos son del tipo predictivo llevados a cabo gracias a que la empresa tiene un registro meticuloso de las horas trabajadas por los equipos y efectúa la compra de repuestos con antelación. Los mismos son dispuestos en un almacén. Aquí se evidencia lo favorable de que todos sus equipos sean de una misma marca (Komatsu), ya que por este hecho, la variedad de un mismo fabricante tiene repuestos en común lo cual disminuye el tamaño del inventario de refacciones que se debe manejar en la mina.

La única falla repetitiva que el personal de mantenimiento de la empresa manifestó fue problemas con las mangueras y los sellos en el sistema hidráulico de las excavadoras. Los mismos calificaban a ese tipo de avería como fortuita ya que no poseían método alguno para predecirlas.

Aunque no se revelaron fallas que permitan ubicar a los equipos en cierta etapa de la Curva de la Bañera, por la cantidad de años se puede intuir que las máquinas deben estar próximas a su etapa de obsolescencia.

Por la cantidad de equipos auxiliares que tiene MLDN, se puede deducir que han comprendido la importancia que juegan las condiciones ambientales en el proceso

productivo y en la vida útil de los equipos, tal y como lo expresa Owen (2012), cuando habla sobre el hecho de tener vías en buen estado se puede traducir en menores costos de mantenimiento, aumento en la productividad de los camiones, disminución de fallas en los equipos, menor desgaste de los cauchos y en un consumo menor de combustible.

3. SITUACIÓN DE LOS EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN EN EL ESTADO ARAGUA UTILIZANDO LOS CRITERIOS CONFIABILIDAD OPERACIONAL.

Como se describe en el Marco Teórico, “la confiabilidad operacional busca que determinado equipo pueda operar en determinado periodo de tiempo sin pérdida de función” (Espinosa, s/f) por ello este tipo de análisis busca identificar actividades, procesos, riesgos y el origen real de las fallas que impiden que una maquinaria este operativa.

En la próxima parte se plasman los análisis correspondientes:

3.1. Análisis causa – raíz

Cuando ocurre una avería en un equipo, en vez de buscar reemplazar la pieza que falla o culpar al operador por lo sucedido, se debe aplicar este procedimiento que busca determinar la causa real de las mismas y con ello aplicar soluciones que eviten su repetición.

Para este estudio se ilustrarán los posibles factores que influyen en la incidencia de las fallas ya que no está en nuestras manos aplicar las hipótesis propuestas y confirmar el origen real de los problemas presentes, ya que para ello requerimos más datos.

Para dar inicio, se presentan los equipos inoperativos y en tabla el tipo de falla con las posibles causas y las consecuencias.

3.1.1. De las perforadoras.

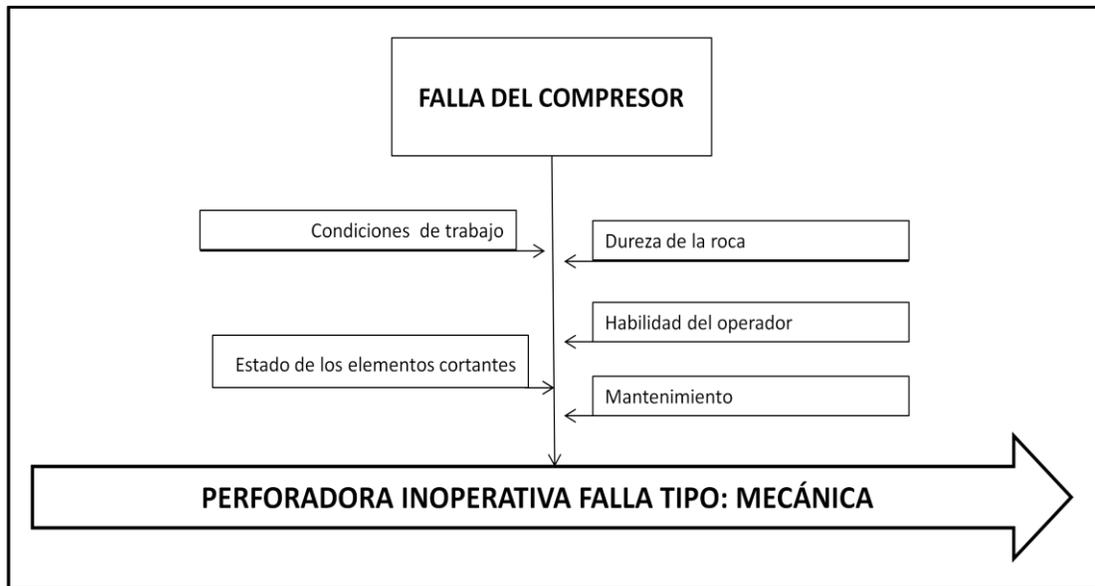
De las seis perforadoras encontradas en esta entidad, sólo una se encuentra inoperativa, la causa principal se ve en la tabla 13.

Falla tipo	Frecuencia	Causa	Consecuencia
Mecánica	1/14	<ul style="list-style-type: none"> • Compresor 	<ul style="list-style-type: none"> • Inoperatividad del equipo • Disminución de la productividad • Retraso de las operaciones

Tabla 13. Fallas ocurridas en la perforadora.

La causa de la inoperatividad en el compresor aunque no fue revelada, nos permite realizar un análisis con la herramienta causa – raíz que permitirá identificar los factores de causa y consecuencia (Figura 4).

Figura 4. Análisis causa – raíz para falla de perforadora



Debido a que los compresores toman el aire circundante a la máquina para comprimirlo y luego con ello darle a la perforadora la potencia para actuar sobre la roca, las condiciones en las cuales estos equipos trabajan son muy importantes. Aunque estos equipos poseen filtros especiales, los ambientes llenos de polvo pueden causar obstrucciones que fuercen al mismo para realizar los trabajos necesarios.

Cuando se desea perforar rocas, tanto la dureza del terreno como los elementos cortantes influyen en las exigencias hacia el compresor, ya que se requerirá mayor esfuerzo del mismo cuando la dureza de la roca es alta, los elementos cortantes estén en mal estado y más aún si ambas condiciones se juntan.

De igual forma la habilidad del operador es de gran importancia, porque éstos llegan a conocer las mejores estrategias para perforar determinados tipos de roca permitiendo a los equipos alcanzar una mayor vida útil en todos sus componentes.

La falla de un compresor es del tipo mecánica, cuando un equipo presenta este tipo de problemas, se puede establecer que se encuentra en su período de desgaste (Curva de la Bañera). La figura 4 resume, las posibles causas de falla no se refieren a situaciones fortuitas que generen una avería inmediatamente después de que se presenta el error, más bien se establece que el compresor no funciona por una serie de causas que se acumularon reduciendo el tiempo de vida de la unidad y como consecuencia derivó en la falla e inoperatividad del equipo.

Cuando un compresor se daña, una perforadora entra en inoperatividad lo cual afecta directamente al ritmo en que se realizan los barrenos y con ello el tiempo para las voladuras y retrasa todo el proceso productivo. Mientras que en el caso que un compresor falle pero puede continuar trabajando, además de afectar el ritmo de perforación, no garantiza la correcta ejecución de los barrenos incluido el resultado final de las voladuras pudiéndose obtener rocas con sobretamaño o con muchos finos que necesiten voladuras secundarias o fuercen a los equipos en las siguientes operaciones unitarias.

3.1.2. De los equipos de carga.

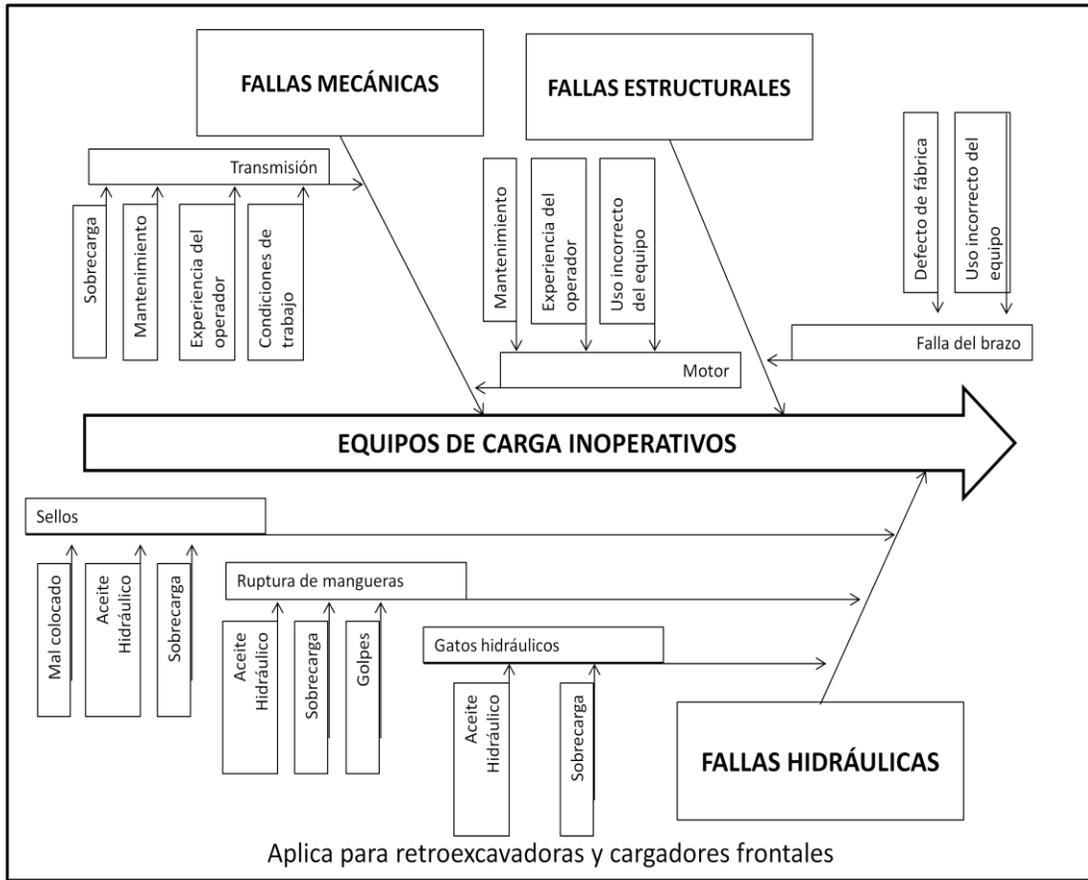
Los equipos de carga inoperativos, cuatro son retroexcavadoras y dos cargadores frontales. En la tabla a continuación se definen los tipos de fallas que mantienen a estos equipos inoperativos.

Falla tipo	Frecuencia	Causa	Consecuencia
Hidráulicas	3/14	<ul style="list-style-type: none"> • Sellos. Fatigas • Ruptura de mangueras • Gatos hidráulicos • Fugas 	<ul style="list-style-type: none"> • Inoperatividad del equipo • Disminución de la productividad • Disminución de la capacidad de carga • Paradas inesperadas
Mecánicas	2/14	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión • Motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Inoperatividad del equipo • Disminución de la potencia de los equipos • Fatigas estructurales
Estructurales	1/14	<ul style="list-style-type: none"> • Fisuras en el brazo 	<ul style="list-style-type: none"> • Inoperatividad del equipo • Disminución de la productividad

Tabla 14. Fallas que mantienen a los equipos de carga inoperativos.

Los equipos con fallas hidráulicas son dos retroexcavadoras y un cargador frontal, mientras que las mecánicas ambas se refieren a maquinas de carga frontal y la avería estructural a una retroexcavadora que no llevo a cumplir un año de uso. A continuación el diagrama de Ishikawa (figura 5) para las fallas antes nombradas.

Figura 5. Análisis causa – raíz para fallas en los equipos de carga.



La retroexcavadora que se encuentra inoperativa por falla estructural no logró alcanzar las 1000 horas operativas, por lo cual ésta se puede ubicar en el período de arranque de la Curva de la Bañera, por ello se proponen las siguientes hipótesis para explicar su parada. El equipo pudo haber traído un defecto de fábrica, usualmente el brazo de los equipos de carga son creados en una sola pieza para minimizar los puntos de esfuerzos, sin embargo el apéndice de este pudo haber sufrido un error en el proceso de creación.

No se puede descartar el uso inadecuado del equipo, como se puede revisar en la tabla 8, pues esta máquina es de marca diferente al resto de la flota que la empresa posee, por lo que se pudo haberse tratado de un equipo comprado bajo criterios de los otros, sin embargo no era lo correcto para las operaciones que realizó o el material a cargar. El sistema de transmisión es la parte mecánica que se encarga de movilizar o transformar la potencia producida por el motor en movimiento del equipo

(http://es.wikipedia.org/wiki/Transmisi%C3%B3n_mec%C3%A1nica visitado 4/06/2012). Las fallas en este sistema son más comunes en cargadores frontales porque este tipo de maquinaria realiza desplazamientos con carga.

Por ello se valora de gran manera la experiencia del operador ya que el mismo debe conocer los límites de trabajo de la maquinaria para determinar que acciones debe tomar para asegurar la vida útil de la unidad y la producción de la empresa.

En cuanto al mantenimiento, en los manuales de estos equipos se indica que se deben realizar cambios de distintos tipos de aceites para la transmisión cada 1000 horas para no comprometer el cambio de potencia ni la integridad de las piezas (Manual de Operación y Mantenimiento – Cat 980, s/f).

Las condiciones de trabajo de estos equipos afectan directamente a la transmisión, debido a que carreteras en mal estado obligan al operador a forzar el sistema, por la necesidad de mayor potencia para ejecutar el desplazamiento. La transmisión no suele dañarse de forma abrupta, más bien se tiende a perder potencia gradualmente hasta el momento en que una pieza falle y la máquina quede completamente inoperativa y se ejecuten los cambios en los componentes requeridos.

Cuando la transmisión falla, el equipo comienza a presentar algunas características de obsolescencia por el tipo de avería y no tanto por edad debido a que estas piezas mecánicas son diseñadas para cumplir su tarea el mayor tiempo posible en funcionamiento y porque está causada por fatiga.

Motor: Es la segunda falla mecánica que encontramos en la figura 5, éste es el corazón del equipo y una vez que se dañe implica una fuerte inversión para su recuperación. Es por ello que el mantenimiento de los motores es de gran importancia y este debe ir más allá de simples cambios de aceites y filtros, puesto que un motor posee más sistemas de regulación que los antes mencionados. Esta tarea debe involucrar además atención en los sistemas de refrigeración, inyección de combustible, entre otros.

De igual forma, la experiencia del operador influye de forma importante en el tiempo de vida útil de un motor, dado que se supone que el usuario del equipo debe

conocerlo y utilizarlo en los intervalos de revoluciones adecuadas, debido a que trabajar fuera de estos órdenes acelera el envejecimiento y desgaste de la máquina.

Como se expuso anteriormente, algunas empresas suelen utilizar el cargador frontal como tractor para acometer el movimiento de tierra por empuje en vez de carga. Realizar este tipo de actividades conlleva a esforzar el motor debido que estos equipos están diseñados para realizar carga mediante el uso de sus sistemas hidráulicos y no por requerimiento del motor como consecuencia del esfuerzo por tracción.

Cuando un motor falla, dependiendo del nivel del problema puede que el equipo se mantenga funcionando pero a una fracción menor de su capacidad y potencia normal, corriendo el riesgo que quede completamente inoperativo, de cualquier forma la producción se ve muy comprometida al ocurrir estos inconvenientes en máquinas de carga.

Acerca de las fallas del sistema hidráulico, todas las canteras y minas del estado Aragua manifestaron problemas siendo ésta la más frecuente según se observa en los resultados. De igual manera, todas las empresas expresaron tener los mismos puntos del sistema hidráulico: sellos, mangueras y gatos hidráulicos.

Cuando un equipo de carga trabaja con una capacidad mayor de la cual fue diseñada, los gatos deben ejercer una presión mayor para que el equipo opere y pueda cumplir con los requerimientos del momento. Este aumento de presión afecta a cada una de las piezas citadas anteriormente ya que es capaz de desplazar a las mangueras de su punto de conexión, romper sellos y dañar gatos hidráulicos.

Lo mismo ocurre cuando no se atiende de modo adecuado la calidad y el nivel del aceite hidráulico. Cuando cambian las condiciones de trabajo para las cuales las partes han sido diseñadas es imposible tener un resultado diferente a una falla, ya sea por mangueras o sellos que se desprenden o se rompen consecuencia de no operar a las presiones adecuadas. Aquí también puede ocurrir el caso contrario, que el aceite no logra ofrecer al sistema la presión necesaria por lo cual no fallarían ni mangueras ni sellos pero tampoco el equipo lograría la capacidad de carga exigida.

Hay veces que el problema reside en cómo se colocan las refacciones o de cómo se utiliza el equipo, porque puede ocurrir el caso en que los sellos se encuentren mal colocados y al momento de que el equipo opere y aumente la presión del sistema, este se desprenda ocasionando pérdidas del aceite hidráulico. También ocurre que el operador golpee el brazo o la pluma de las retroexcavadoras contra el talud o la tolva de los camiones y suelte un sello o rompa una manguera.

Las fallas hidráulicas ubican a estos equipos en el período normal de operación debido a que sus motivos se asocian a errores humanos característicos de las averías en este periodo.

3.1.3. De los camiones

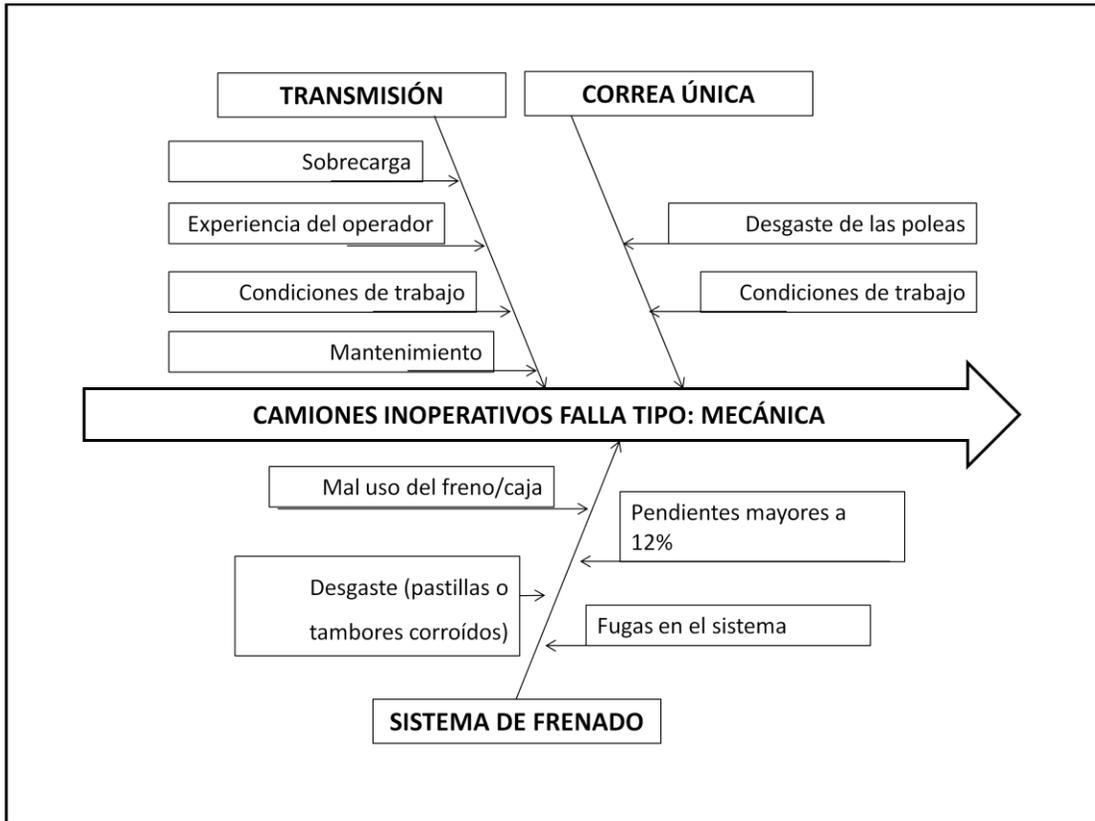
De los 31 camiones que operan en el estado Aragua, se encuentra que sólo cuatro de ellos están inoperativos, el motivo por el cual se encuentran en este estatus se lista a continuación en la tabla 15.

Falla tipo	Frecuencia	Causa	Consecuencia
Mecánicas	4/14	<ul style="list-style-type: none"> • Transmisión • Correa única • Sistema de frenado 	<ul style="list-style-type: none"> • Inoperatividad del equipo • Aumento del riesgo de accidentes • Disminución de la potencia de los equipos

Tabla 15. Fallas que mantienen a los equipos de acarreo inoperativos en el estado Aragua.

Los equipos presentan fallas del tipo mecánico de las cuales uno se encuentra inoperativo por problemas en la transmisión, otro por el repuesto de la correa única y un tercero por inconvenientes con el sistema de frenado. Mientras que el último camión por razón desconocida, sin embargo fue tomado en cuenta para el valor de frecuencia. En la figura 6 se establecen hipótesis acerca del por qué de las fallas y se analizará sus consecuencias.

Figura 6. Análisis causa – raíz para fallas en los equipos de acarreo



La correa única es considerado un consumible el cual se debe cambiarse cada 250 horas, este repuesto debería ser un activo constante en el inventario de almacén para los mantenimientos preventivos, además el manual indica que en algunos modelos de camiones de acarreo esta correa se encuentra junto con otras y “en el caso de que esta correa se encuentra en grupo, el cambio debe realizarse en conjunto ya que el reemplazo de una sola hará que la nueva correas soporte más carga debido a que las otras correas están estiradas. La carga extra puede hacer que la correa se rompa” (Manual de Operación y Mantenimiento – Cat 789).

Por otro lado, las poleas a través de la cual la correa gira deben estar balanceadas y bien ubicadas ya que se han presentado casos donde una polea mal colocada aumenta el desgaste de la correa. En cuanto las condiciones de trabajo, se debe recordar que aunque las correas se encuentren en conjunto con el motor, es una pieza que se halla

en continuo movimiento y la presencia de particulado abrasivo va a desgastar más rápido el repuesto.

Cuando este problema se presenta, las consecuencias dependen del modo en que aparecen las fallas, dado que éstas pueden ocurrir de forma repentina (ruptura de la correa) o en forma paulatina (desgarre de la correa). Si la falla es repentina, el camión tiene contadas las horas de uso mientras la batería se descarga y se recalienta el motor. Por el contrario si la correa se desgarran paulatinamente, el equipo sigue funcionando, sin embargo se presenciara sonidos incómodos, pérdida de potencia y un recalentamiento acelerado de la máquina.

Este tipo de avería puede ser ubicado en dos partes de la Curva de la Bañera, si el equipo falla porque la correa ha cumplido su período útil, se puede colocar en la etapa normal operativa ya que es predecible; en cambio si la correa falla por culpa de las poleas, particulado abrasivo o mala praxis al no cambiar el juego de correas, lo más probable es que el equipo se encuentre en su fase de obsolescencia ya que la misma es de origen mecánico.

Al ocurrir una avería por transmisión en los camiones, se observan muchas condiciones semejantes a la misma en los cargadores frontales ya, que estos equipos se ven en la misma necesidad de desplazarse con grandes cargas. Por ello cuando una maquina de acarreo es sobrecargada, la transmisión es forzada debido a que el equipo comienza a trabajar fuera de los parámetros diseñados sufriendo directamente el componente, pues es necesario una mayor transferencia de potencia del motor para lograr la movilidad del equipo.

Frenos: “Este sistema es el encargado de detener el equipo una vez se encuentra en movimiento, está conformado por diversas piezas variantes según el tipo de freno que posea la unidad” (Hernández, 2007). Cuando un camión se encuentra en movimiento hay al menos dos factores con los cuales se puede controlar la velocidad del equipo, tanto el freno como la caja de cambios tienen la función de mantener cierta velocidad en un trayecto. Cuando el operador de la maquinaria abusa del uso de los frenos, los componentes comienzan a fatigarse y ocurre la inevitable falla, por ello la experiencia

y el conocimiento del equipo por parte del operante es de gran importancia para mantener el mismo activo.

Particularmente en el estado Aragua, la mayoría de las vías de acarreo en las canteras fueron diseñadas con pendientes de 15%, aunado a que la mayoría de los frentes de carga se encuentran en cotas elevadas, por lo cual los camiones se ven en la necesidad de recorrer cargados las vías en bajadas. A mayor sea el ángulo, los camiones cargados se ven en la necesidad de controlar cada vez más su velocidad en pendiente favorable ya que estos tienden a desarrollar mayores aceleraciones y por ello se pueden presentar accidentes por fallos en el sistema de frenado.

El ambiente también afecta al sistema de frenado ya que el mismo posee partes expuesta como son los tambores y las diferentes mangueras. Cuando el equipo opera bajo condiciones de alta concentración de polvo y vías en mal estado, las unidades están frente a un mayor riesgo de sufrir fallas por causadas por la abrasión de las partículas o rupturas de mangueras por golpes.

Cuando los frenos de un camión fallan, es muy alto el riesgo de que ocurra un accidente ya que este sistema es importante a la hora de controlar la velocidad a la cual se desplazan los equipos lo cual puede poner en peligro tanto la integridad de la maquinaria como la vida del operador y de sus compañeros de trabajo que se encuentren en el área.

3.1.4. De los tractores

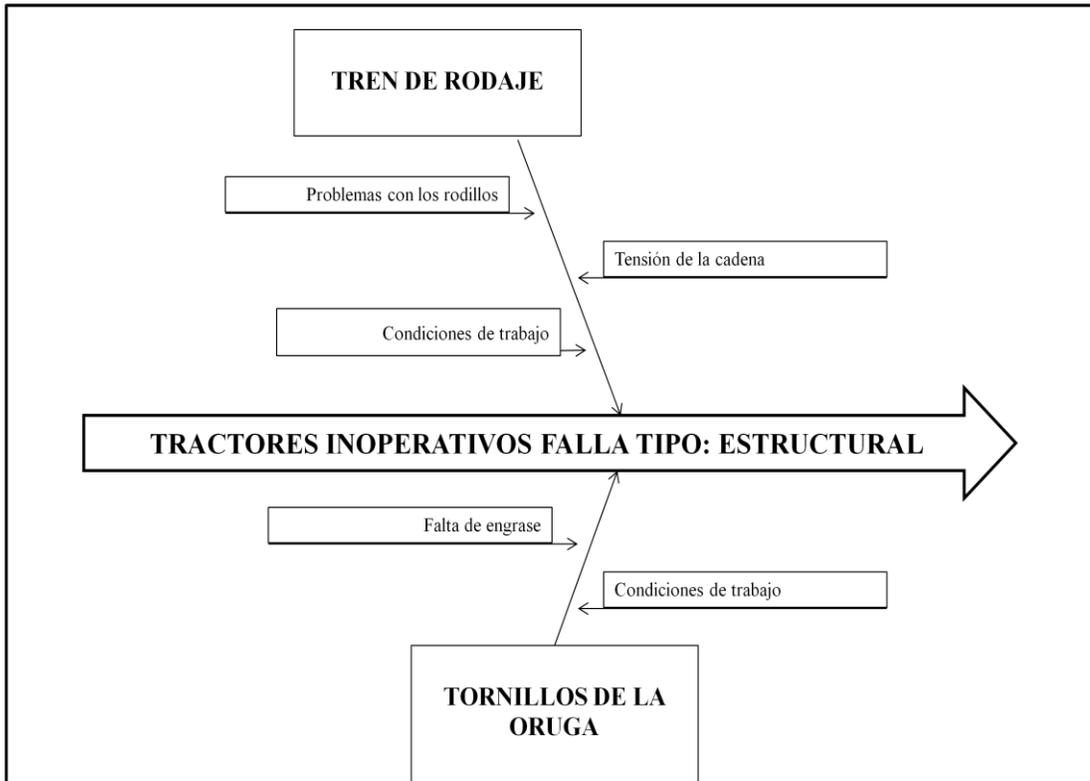
En el estado Aragua hay un total de nueve tractores que operan en la actividad minera de los cuales dos se encuentran inoperativos (tabla 16)

Falla tipo	Frecuencia	Causa	Consecuencia
Estructurales	2/14	<ul style="list-style-type: none"> • Tren de rodaje • Tornillos de la oruga 	<ul style="list-style-type: none"> • Inoperatividad del equipo • Falta de mantenimiento en las vías • Mayor incidencia de fallas para los otros equipos • Otros equipos se utilizan indebidamente para cubrir la falta de estos.

Tabla 16. Fallas que mantienen a los tractores inoperativos.

Aunque hay otros equipos auxiliares inoperativos como el camión cisterna, éstos no fueron especificados en cuanto a su falla y por ello no se contabilizan en este análisis, sin embargo se tomó en cuenta para el valor de la frecuencia en las tablas realizadas en esta parte del análisis. El diagrama de causa – raíz para las fallas que estos equipos presentan se ve en la siguiente figura 7.

Figura 7. Análisis causa – raíz para fallas en los tractores.



Ambas fallas son del tipo estructural, ocurren o en el periodo de arranque o en el periodo de desgaste.

Al presentarse averías en los tornillos de la oruga, hay que tomar en cuenta al menos dos puntos. La falta de engrase de los tornillos dificulta la movilidad de las unidades móviles en la oruga, hay que tener presente que éstas piezas son los que unen las zapatas a la cadena y cuando ocurre algún desperfecto con estos las mismas se aflojan perdiendo la integridad y permitiendo el acceso de polvo y barro a las partes internas del sistema de rodaje (en el caso de que el tractor posea cadenas selladas). Por esta razón algunos fabricantes han adaptado en sus nuevos modelos un sistema de sellos permanentes en el cual el engrase se preserva evitando este tipo de falla.

Entre los puntos de fallas que puede tener el tren de rodaje se tomará en cuenta:

Problemas con los rodillos: existen diversos tipos de estos en el sistema de oruga entre los cuales se tienen los inferiores (soportan el peso de la máquina y luego sirven de guía al deslizamiento de las cadenas) y los superiores (sirven de sustento y guía a

la cadena en su parte superior). Cuando esta parte falla sin importar cual sea (inferior o superior), la cadena se queda sin un punto guía lo cual implica que puede soltarse y corre el riesgo de descarrilarse por completo, considerando que la cadena es la encargada de transmitir la energía del motor al sistema, una falla en la cadena implica una inmovilidad del equipo en sí.

Tensión de la cadena: este es un factor que puede provenir de fábrica, y si “ésta se encuentra demasiado tensa aumenta mucho su desgaste al igual que si está demasiado floja”(…) “generalmente en tractores y palas cargadoras de cadenas se suelen utilizar los rodajes con lubricación permanente en su sistema (…) es de suponer que es crítico el que el aceite que lubrica el interior del rodaje se conserve dentro del mismo el mayor tiempo posible, para lo cual estos rodajes están dotados de unos retenes que impiden la salida del aceite al exterior.”

(<http://equipopesado28007.blogspot.com/2007/06/trenes-de-rodaje-cadenas-los-tractores.html>. Revisado el 04/06/2012).

Algo común para los dos tractores inoperativos observados en el Diagrama de Ishikawa o espina de pescado, es por falla estructural causada por las condiciones de trabajo. Las mismas pueden mantenerse constantes o variar según se vaya avanzando en la mina o cantera y entre los cuales tenemos, el impacto del material en las cadenas que depende del estado del terreno y la fragmentación del mismo, humedad que varía en función del lugar en que se trabaja, abrasión del material en que se esté trabajando, compactación del terreno si es material suelto, voladuras, entre otras.

Como se mencionó al comienzo del análisis para estos equipos, estas averías suelen presentarse tanto en el periodo de arranque por fallas de diseño, por uso inadecuado o pueden ser indicadores directos del periodo de desgaste como y es en este caso (teniendo en cuenta el tiempo que estos tractores tienen en funcionamiento).

Tras realizar el análisis de causa – raíz, se consiguen tres factores que se repiten una y otra vez: el mantenimiento que los equipos reciben, los operadores que utilizan las maquinarias y el ambiente en que estas operan.

Si se desea mejorar los valores de equipos operativos, se recomienda a las empresas a trabajar en estos tres factores, los cuales al corregirse deben reflejar un tiempo mayor

entre las ocurrencias de fallas, menores costos de mantenimientos y un importante incremento de la productividad y seguridad del ambiente de trabajo.

3.2. Análisis de criticidad.

En la web se consigue un manual creado por Repsol YPF de nombre “Estudio de criticidad de equipos. 2005” del cual el método de análisis presentado a continuación. El criterio rector de este método de análisis es considerar la criticidad como un indicador de la “magnitud del problema” que ocasiona la falla de un equipo, ya que, una vez obtenido el nivel de criticidad, éste puede ser empleado para definir la estrategia de mantenimiento de ese equipo.

Para analizar la criticidad de las fallas, se toma en cuenta el efecto del problema en el proceso, la velocidad en que puede ser reparado y la frecuencia con la que esto ocurre.

El efecto se cuantifica según:

- MAS: efecto cuantificado sobre el medio ambiente y la seguridad
- PROD: efecto cuantificado sobre la producción
- COP: efecto cuantificado sobre los costos operativos.

La velocidad se mide en base a:

- stby: tiempo en que el equipo se encuentra inoperativo (en días).

Y la frecuencia se pondera teniendo en cuenta:

- MTBF: Tiempo Medio entre Fallas
- Historial: Considera datos históricos del equipo
- Nivel de Carga: es el nivel de carga a la que se somete al equipo respecto a su capacidad nominal.
- Régimen: es el régimen de trabajo horario al que es sometido el equipo.
- fff: factor de frecuencia de fallas, cuantifica la influencia de todas la variables de frecuencia de fallas

La herramienta matemática que la empresa Repsol YPF propone es la siguiente:

$$\text{Ecuación 1: Criticidad} = \{ [(\text{PROD} + \text{COP}) \times \text{stby}] + \text{MAS} \} \times \text{fff}$$

En la fórmula anterior se tiene que evalúan la criticidad según su influencia económica sobre el proceso productivo (**PRODUCCIÓN + Costos Operativos**) según el número de días en que la falla tarda en solucionarse (stby), para luego integrar a la ecuación la influencia que el problema tuvo sobre el ambiente y la seguridad (MAS). El valor resultante se pondera según la recurrencia de la falla.

Para finalizar, el manual califica el resultado de criticidad con el siguiente nivel de prioridad:

Nivel de criticidad	Valor de criticidad
Mayor	CR > 40
Media	40 > CR > 20
Menor	CR < 20

En la tabla 17 se presenta el valor de criticidad para todas las fallas que se estudiaron anteriormente en el análisis causa – raíz.

		$\{ [(\text{PROD} + \text{COP}) \times \text{stby}] + \text{MAS} \} \times \text{fff} = \text{Criticidad (CR)}$					
Equipo	Falla	PROD	COP	stby (días)	MAS	fff	CR
<i>Perforadoras</i>	Compresor	0,45	0,10	56	0,00	0,80	24,64
<i>Equipos de carga</i>	Sellos	0,23	0,05	1	0,23	1,00	0,51
	Ruptura de mangueras	0,23	0,05	1	0,23	1,00	0,51
	Falla de gato hidráulico	0,23	0,05	56	0,23	1,00	15,91
	Transmisión	0,45	0,10	112	0,23	0,60	37,10
	Motor	0,45	0,10	112	0,00	0,60	36,96
	Falla del brazo	0,45	0,10	112	0,23	0,40	24,73
<i>Camiones</i>	Transmisión	0,45	0,10	112	0,23	0,60	37,10
	Correa Única	0,23	0,05	7	0,00	0,90	1,76
	Sistema de frenado	0,23	0,10	7	0,23	0,90	2,29
<i>Tractores</i>	Tren de rodaje	0,45	0,10	60	0,23	1,00	33,23
	Tornillos de la oruga	0,45	0,10	7	0,23	1,00	4,08

Tabla 17. Cálculo de criticidad de las fallas que mantienen a los equipos inoperativos.

El manual de Repsol YPF contiene una serie de tablas con las cuales se realizó el cálculo de criticidad. Las tablas se encuentran en el anexo 2.

Según los criterios propuestos, no existe ninguna falla con un nivel de criticidad mayor, sin embargo seis de doce fallas tienen una criticidad media. Cuando estos valores se cotejan con los resultados del análisis causa – raíz se tiene que la mayoría de estos pertenecen al grupo de averías que se consiguen en el período de desgaste de los equipos.

Cuando una falla del período de desgaste posee un alto nivel de criticidad, lo más recomendable es realizar un cambio de equipo debido a que esta se repetirá cada vez más en el tiempo por lo cual tanto la productividad, costos de operaciones y el ambiente y la seguridad se verán afectados de forma más recurrente.

El resto de las fallas poseen un valor bajo de criticidad ya que los mismos son fallas comunes y por lo tanto las empresas deberían poseer un stock pertinente para este tipo de fallas.

3.3. Confiabilidad humana

Partiendo del hecho estudiado por el análisis de causa – raíz, parece pertinente la ejecución de un estudio de la confiabilidad humana en el estado Aragua, sin embargo este estudio necesita datos de primera fuente que no han sido suministrados.

Por ello a continuación, se exponen los estudios que las empresas necesitan realizar para minimizar o retirar esta variable de sus mecanismos de falla y con ello lograr una mayor vida útil de sus equipos.

Para ello, nos basaremos en el texto Modelo de confiabilidad humana en la gestión de activos del Dr. Amendola donde se explica la importancia de realizar este tipo de estudio y los puntos que se deben tener en cuenta.

El autor explica que los errores humanos suelen tratarse como factores inevitables que no pueden ser controlables ni medibles, que esta forma de pensamiento se encuentra completamente fuera de la ideología de la confiabilidad.

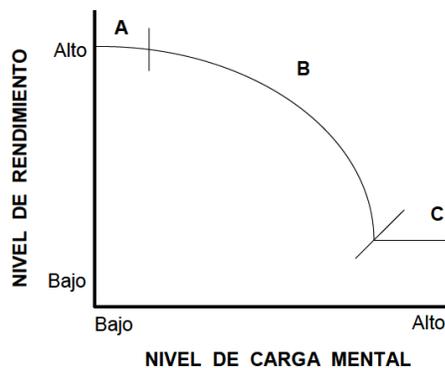
También explica que medir el error humano es medir los límites, experiencia, capacidades físicas y psicológicas y las condiciones bajo el cual las personas trabajan,

que cada uno de estos factores influye en la gestión de riesgo y en el rendimiento del individuo.

Para ello el autor utiliza el gráfico 28 el cual relaciona el rendimiento de la persona y la carga mental a la cual está sometida. “La carga de trabajo mental es un concepto que se utiliza para referirse al conjunto de tensiones inducidas en una persona por las exigencias del trabajo mental que realiza (procesamiento de información del entorno a partir de los conocimientos previos, actividad de rememoración, de razonamiento y búsqueda de soluciones, etc.)”

(<http://tusaludlaboral.galeon.com/productos1356473.html> visto el 05/06/2012).

Gráfico 28. Relación hipotética entre carga mental y rendimiento.



El autor identifica tres zonas. La zona A, donde la carga mental es baja y que sin importar la complejidad de las tareas el nivel de rendimiento siempre será alto, la zona B, donde se observa una relación monótona ente la carga mental y el rendimiento y la zona C donde la carga mental sobrepasa la capacidad de la persona y su rendimiento es el mínimo posible.

Basado en esto, el autor cambia la frase modo de falla por condiciones forzadas de error ya que establece que las posibilidades de que el individuo cometa una falla depende más de las condiciones que del hombre.

Al definir esto, supone que el trabajador u operador es una persona con métodos de trabajo lógicos y con el adiestramiento adecuado.

Las condiciones a la que el autor se refiere responden a las observadas en las partes anteriores del análisis, donde las máquinas, los ambientes de trabajo y el ser humano

mantienen una relación en la cual cada uno de estos influye en la ejecución y en el estado de los otros.

Para controlar el factor de carga mental el cual interviene en el rendimiento del personal, el Dr. Amendola plantea que la empresa debe controlar la conciencia del individuo durante la actividad y esto depende directamente del tipo de trabajo que realice.

Los trabajos basados en la habilidad, son los que se caracterizan por una alta repetición en el cual el operador va desarrollando un estado de inconsciencia donde las respuestas que genera son activadas por un hecho en específico, por ejemplo el sonido de un pito y la apertura de una válvula. Por el estado de inconsciencia el trabajador se encuentra sometido a bajo nivel de carga mental.

Los trabajos basados en el conocimiento, donde el individuo es consciente de las actividades que debe realizar y está al tanto de las consecuencias de sus acciones. En este esquema de trabajo, el operador debe realizar un esfuerzo mental considerable para determinar la situación y sus respuestas pueden tender a ser lentas. De esta forma después de cada acción controlada, el trabajador se encuentra en la necesidad de revisar sus efectos antes de llevar a cabo la próxima acción.

Los trabajos basados en las reglas, las reglas pueden ser inducidas a través de adiestramientos, aprendidas como resultado de interactuar con los procesos o por interactuar con personal experimentado. Este tipo de trabajo la persona se encuentra en un punto de conciencia intermedio donde tiene conocimiento de las consecuencias de sus acciones pero también posee una serie de reglas que establecen como debe actuar según sea el problema al que se enfrenta. Estos trabajos suelen generar una carga mental de media a baja sobre los individuos.

Todo esto puede influir en el estado actual de los equipos mineros que operan en el estado Aragua ya que al poseer un personal que trabaja de la forma adecuada, con reglas y lineamientos definidos los equipos deben disminuir las frecuencias de fallas por motivos humanos. Por ello es altamente recomendable que las empresas, adiestren su personal según su diseño operacional en el cual las actividades se desarrollen, según un enfoque el cual les permitan obtener el rendimiento y la

producción deseada tomando en cuenta el factor carga mental y su incidencia en los errores humanos.

CONCLUSIONES

En el estado Aragua existen 86 equipos trabajando en el sector minero, de los cuales 64 operan en la extracción de no metálicos y 22 en la extracción de los metálicos. Hay un total de 14 equipos inoperativos el cual representa un 16% de la totalidad de los mismos. El 79% de los equipos que participan en el proceso extractivo de los no metálicos se encuentran operativos y en el sector de los metálicos el 95%.

La marca más común en el estado Aragua es Caterpillar en el sector de los no metálicos y Komatsu en el sector de los metálicos. Además, *vagon drill* es el modelo de perforadora más utilizado en el estado.

La capacidad de carga más utilizada para retroexcavadoras es de 0,75 a 2,5 m³ en los no metálicos y 4m³ en los metálicos. Además, la capacidad de carga más utilizada de los cargadores frontales es de 2 a 3,9 m³. Según el criterio expuesto por Díaz del Río (2007), los equipos utilizados para realizar la carga de las rocas meta-calizas tienen una capacidad de balde adecuada para este tipo de actividad. La mayoría de los camiones de Aragua poseen una capacidad de carga entre 30 y 36 toneladas para los no metálicos y de 61 toneladas para los metálicos. En el sector de los minerales no metálicos, las cargan los camiones con 8 u 9 pases. Lo que puede considerarse que los camiones están sobredimensionados con respecto a los equipos de carga. En el sector de los minerales metálicos las retroexcavadoras que realizan tanto el arranque como la carga, son capaces de cargar a los camiones con 3 pases

Existe un déficit de equipos auxiliares en la minería de los no metálicos. Esto implica una desatención de las vías de acarreo y en la calidad del ambiente de trabajo tanto de las máquinas como de los operadores. Por el contrario, en la minería de los metálicos el 34% de los equipos son auxiliares (14% tractores, 10% cisternas, 5% cargadores

frontales y 5% motoniveladoras), gracias a este alto número de equipos, el resto de la maquinaria y personal poseen condiciones adecuadas de trabajo.

El 50% de los equipos que operan en la extracción minerales no metálicos poseen más de cinco años de comprados. En el sector de los minerales metálicos el 73% de los equipos tienen más de 10 años de antigüedad.

Las empresas que extraen minerales no metálicos poseen una política de mantenimiento preventiva y la empresa que extrae minerales metálicos posee una política de mantenimiento predictiva. En la minería de los no metálicos hay un total de 13 equipos inoperativos que fueron comprados al menos hace 5 años. En la minería de los minerales metálicos sólo hay un equipo inoperativo y la totalidad de sus equipos fue comprada hace más de 10 años.

El análisis causa – raíz sirve para detectar las posibles causas por lo cual un sistema o equipo falla. Tras realizar el análisis de causa – raíz, se consiguen tres factores que influyen en la ocurrencia de averías que se mencionan una y otra vez: el mantenimiento que los equipos reciben, los operadores que utilizan las maquinarias y el ambiente en que estas operan. El análisis de criticidad permite evaluar y priorizar los problemas o fallas que un sistema o equipo teniendo en cuenta sus efectos en la producción, ambiente y seguridad y el tiempo en que tarda en repararse. Seis de las doce fallas poseen una criticidad media lo que indican un estado de obsolescencia de los equipos.

Cuando una falla del período de desgaste posee un alto nivel de criticidad, lo más recomendable es realizar un cambio de equipo debido a que ésta se repetirá cada vez más en un tiempo cada vez más corto por lo cual tanto la productividad, costos de operaciones y el ambiente y la seguridad se verán afectados de forma más recurrente.

El Dr. Amendola propone que los errores humanos pueden ser evitados controlando el entorno de los operadores y reduciendo su carga mental los mismos tendrán un mayor rendimiento. Las condiciones de trabajo como altas pendientes, ambientes cargados de polvo, vías en mal estado y el estado de los equipos afectan a los operadores reduciendo su rendimiento e influencia la forma en que los mismos tratan a los equipos.

Las empresas necesitan personal capacitado tanto operadores como de mantenimiento, estos individuos deben ser capaces de conocer cómo manejar los equipos y como realizar el mantenimiento adecuadamente para alargar la vida útil de las maquinarias.

RECOMENDACIONES

Para la Universidad y la Academia

La creación de un tópico de minería donde se concientice la importancia del mantenimiento y el uso de las herramientas de confiabilidad operacional. Como se aprecia en esta investigación, el mantenimiento es un factor de alto impacto en la vida útil de los equipos en minería y las herramientas de confiabilidad operacional son excelentes para determinar las causas reales de los problemas, determinar las consecuencias que estas conllevan y son capaces de definir la prioridad ataque a cada una de las fallas.

Continuar con esta línea de investigación y con sus posibles derivaciones en las áreas de minería y ambiente y seguridad minera.

Para el País

Generar jornadas de concientización acerca de la importancia del uso de los equipos auxiliares en minería. Durante la investigación ha sido un factor de alta repetitividad donde se asocia la mayoría de las fallas al descuido de las condiciones ambientales de los frentes de trabajo. Es claro que las condiciones nunca serán perfectas, sin embargo se puede alargar la vida útil de los equipos.

Difundir el conocimiento y la utilidad de las herramientas de confiabilidad operacional. Las herramientas de confiabilidad operacional son de fácil implementación y sus resultados son de gran importancia, ayudando a solventar los problemas de una forma rápida y eficiente

Para las empresas del estado Aragua

Utilizar los análisis de causa – raíz y de criticidad para determinar prioridades en los problemas que deben solucionar y las causas reales de las fallas que sus equipos presentan. Puede que el problema real no sean los mantenimientos que se realizan o el tiempo de espera por los repuestos, las empresas deben estudiar sus procedimientos, personal, forma de realizar sus mantenimientos y la composición de su flota para

determinar verdaderamente el problema que mantiene un porcentaje de equipos tan bajo.

Cambiar las políticas de mantenimiento o adecuarlas correctamente. La empresa MLDN posee un 95% de sus equipos en condición operativo, esto lo logra en parte por su política de mantenimiento predictivo, las otras empresas deben concientizar acerca del mantenimiento que realizan sobre sus equipos o modificar los procesos según sea necesario.

Realizar el análisis de Costo de Vida Útil para determinar qué es lo más económicamente viable, desincorporar, reparar, alquilar o renovar la flota de equipos.

BIBLIOGRAFÍA

Díaz del Río, Manuel (2007) “Manual de Maquinas de Construcción”. 2da edición. *Mc Graw Hill*. España.

Espinosa Fuentes, Fernando. (s/f). Confiabilidad operacional de equipos: metodologías y herramientas. Universidad de TALCA. Chile.

Fermín R., Jesús M. (2008). “Actualización de datos geológicos y geotécnicos mediante el empleo de cartográfica digital y aplicación de un estudio de orientación geotécnica para el sector Filas de Mariche, estado Miranda”.

Garrido, Marianne (2012) “Diseño y aplicación de una metodología de recolección y procesamiento de datos, referentes a equipos de minería a cielo abierto en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital”. TEG. En edición.

Herrera, Juan. (2009). “Introducción al Mantenimiento Minero”. Madrid. Universidad Politécnica de Madrid

Instituto Tecnológico Geominero de España (1994). “Manual de Perforación y Voladura de Rocas”. España: Madrid.

Jiménez M., María A. (2009). “Paleontología sistemática, paleoecología y catalogación en base de datos con software interactivo (Caso colección de foraminíferos del Dr. Pedro Joaquín Bermúdez. Edad Cenozoica, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Universidad Central de Venezuela)”. Tesis. UCV-Inédito.

López Jimeno, Carlos. (1995). “Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto”. Madrid. Instituto Tecnológico Geominero De España

Nachlas, Joel. (1995). “Fiabilidad”. Editorial Isdefe. Madrid

Nava, José D. (2004) “Teoría de Mantenimiento Fiabilidad”. 2da edición. Universidad de Los Andes.

Repsol YPF. (2005). Estudio de Criticidad de equipos.

Solanilla, Jorge (2003) “Gerencia de equipos para obras civiles y minería”. Bhandar Editores. Colombia.

Universidad Politécnica de Valencia. (s/f). Modelo de confiabilidad humana en la gestión de Activos. España: Luis José Amendola.

Villanueva, A. (2003). “Diseño de minas a Cielo Abierto”. Guías de estudios, UCV. Inéditos.

http://www.edu-esta.org/materiales/Stats_text/encuesta.pdf. Revisado el 23/07/2011

http://www.gobiernoenlinea.gob.ve/venezuela/perfil_aragua.html. Revisado el 23/07/2011

http://www.mch.cl/compendio/index_neo_7.php. Revisado el 23/07/2011

<http://blog.pepecar.com/automocion/mecanica-y-reparaciones/diagnostico-de-averias-iv-fallan-los-frenos-o-no-responden-adecuadamente/> Revisado el 03/06/2012

<http://forologan-vzla.foroactivo.net/t110-cambio-de-correa-unica>. Revisado el 03/06/2012

<http://equipopesado28007.blogspot.com/2007/06/trenes-de-rodaje-cadenas-los-tractores.html>. Revisado el 03/06/2012

<http://www.etp.uda.cl/areas/electromecanica/MODULOS%20CUARTO/MANTENIMIENTO%20DE%20LOS%20SISTEMAS%20DE%20TRANSMISI%C3%93N%20Y%20FRENADO/Gu%C3%ADa%20N%C2%BA%201%20Frenado.pdf>. Revisado el 03/06/2012

http://es.365gbo.com/news_show.htm/?2011-04-30-100609 Revisado el 03/06/2012

<http://tusaludlaboral.galeon.com/productos1356473.html> Revisado el 05/06/2012

<http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/> Revisado el 05/06/2012

Manual de Operación y Mantenimiento – Cat 980, s/f

Manual de Operación y Mantenimiento – Cat 789

ANEXO 1

Modelo del instrumento de medición

Tomado y modificado de Garrido (2012)

**UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE GEOLOGIA, MINAS Y GEOFISICA
DEPARTAMENTO DE MINAS**



REGISTRO DE EQUIPOS QUE OPERAN EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

DATOS GENERALES

NOMBRE DE LA EMPRESA: _____
UBICACIÓN: _____
TELÉFONO: _____ CORREO: _____
SECTOR INSTITUCIONAL: PÚBLICO _____ PRIVADO _____
MINERAL QUE SE EXTRAE: _____ TON/MES: _____
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA: _____
TOTAL DE EQUIPOS: _____ N° DE TURNOS: _____ TALLER PROPIO (S/N): _____ SERVICIO TÉCNICO ESPECIALIZADO (S/N) _____

CONSTANCIA DE VISITA

Se hace constar que el bachiller/a _____, asistió el día _____ a la empresa _____
Con el fin de recaudar información relacionada con su Trabajo Especial de Grado, siendo atendido por _____

Empresa

Bachiller/a

Anexo 1.1. Modelo de la encuesta

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE ARRANQUE

NÚMERO DE UNIDADES: _____ UNIDADES OPERATIVAS _____ UNIDADES EN REPARACIÓN _____
 UNIDADES DESINCORPORADAS _____ UNIDADES NO OPERATIVAS _____

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	MARCA*	MODELO	CAPACIDAD	POTENCIA	PROPIO O ALQUILADO* (P/A)	NUEVO/USADO	AÑO DE ADQUISICIÓN*

EQUIPOS EN REPARACIÓN: _____	
¿TIENEN REPUESTOS?: _____	
MOTIVOS PRINCIPALES DE FALLAS: _____	
ALTERNATIVAS: _____	
EQUIPOS NO OPERATIVOS: _____ DESINCORPORADOS _____	
¿SERÁN REEMPLAZADOS? _____	
MOTIVOS: _____	
¿QUÉ SE VA HACER?: _____	
EQUIPOS OPERATIVOS	
HORAS DE USO: _____	SERVICIO TÉCNICO/HORAS: _____
DISPONIBILIDAD FÍSICA: _____	USO DE LA DISPONIBILIDAD: _____
SERVICIO POSTVENTA: _____	COSTO DE MANT: _____
OBSERVACIONES: _____	UTILIZACIÓN EFECTIVA: _____
	DISPONIBILIDAD DE RESPUESTOS: _____
	HORAS DE REPARACIÓN/MES: _____

Anexo 1.2. Modelo de la encuesta

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE CARGA

NÚMERO DE UNIDADES: _____ UNIDADES OPERATIVAS _____ UNIDADES EN REPARACIÓN _____
 UNIDADES DESINCORPORADAS _____ UNIDADES NO OPERATIVAS _____

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	MARCA*	MODELO	CAPACIDAD	POTENCIA	PROPIO O ALQUILADO* (P/A)	NUEVO/USADO	AÑO DE ADQUISICIÓN*

EQUIPOS EN REPARACION: _____	
¿TIENEN REPUESTOS?: _____	
MOTIVOS PRINCIPALES DE FALLAS: _____	
ALTERNATIVAS: _____	
EQUIPOS NO OPERATIVOS: _____ DESINCORPORADOS _____	
¿SERÁN REEMPLAZADOS? _____	
MOTIVOS: _____	
¿QUÉ SE VA HACER?: _____	
EQUIPOS OPERATIVOS	
HORAS DE USO: _____	SERVICIO TÉCNICO/HORAS: _____
DISPONIBILIDAD FÍSICA: _____	USO DE LA DISPONIBILIDAD: _____
SERVICIO POSTVENTA: _____	COSTO DE MANT: _____
OBSERVACIONES: _____	UTILIZACIÓN EFECTIVA: _____
	DISPONIBILIDAD DE RESPUESTOS: _____
	HORAS DE REPARACIÓN/MES: _____

Anexo 1.3. Modelo de la encuesta

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE ACARREO

NÚMERO DE UNIDADES: _____ UNIDADES OPERATIVAS _____ UNIDADES EN REPARACIÓN _____
 UNIDADES DESINCORPORADAS _____ UNIDADES NO OPERATIVAS _____

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	MARCA*	MODELO	CAPACIDAD	POTENCIA	PROPIO O ALQUILADO* (P/A)	NUEVO/USADO	AÑO DE ADQUISICIÓN*

EQUIPOS EN REPARACION:	_____
¿TIENEN REPUESTOS?:	_____
MOTIVOS PRINCIPALES DE FALLAS:	_____
ALTERNATIVAS:	_____
EQUIPOS NO OPERATIVOS:	_____ DESINCORPORADOS _____
¿SERÁN REEMPLAZADOS?	_____
MOTIVOS:	_____
¿QUÉ SE VA HACER?:	_____
EQUIPOS OPERATIVOS	_____
HORAS DE USO:	SERVICIO TÉCNICO/HORAS: _____ USO DE LA DISPONIBILIDAD: _____ COSTO DE MANT: _____
DISPONIBILIDAD FÍSICA:	UTILIZACIÓN EFECTIVA: _____ DISPONIBILIDAD DE RESPUESTOS: _____
SERVICIO POSTVENTA:	HORAS DE REPARACIÓN/MES: _____
OBSERVACIONES:	_____

Anexo 1.4. Modelo de la encuesta

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS AUXILIARES

NÚMERO DE UNIDADES: _____ UNIDADES OPERATIVAS _____ UNIDADES EN REPARACIÓN _____
 UNIDADES DESINCORPORADAS _____ UNIDADES NO OPERATIVAS _____

TIPO DE EQUIPO	CANTIDAD	MARCA*	MODELO	CAPACIDAD/POTENCIA	PROPIO O ALQUILADO (P/A)	NUEVO/USADO	AÑO DE ADQ.	USOS

EQUIPOS EN REPARACION: _____	
¿TIENEN REPUESTOS?: _____	
MOTIVOS PRINCIPALES DE FALLAS: _____	
ALTERNATIVAS: _____	
EQUIPOS NO OPERATIVOS: _____ DESINCORPORADOS _____	
¿SERÁN REEMPLAZADOS? _____	
MOTIVOS: _____	
¿QUÉ SE VA HACER?: _____	
EQUIPOS OPERATIVOS	
HORAS DE USO: _____	SERVICIO TÉCNICO/HORAS: _____
DISPONIBILIDAD FÍSICA: _____	USO DE LA DISPONIBILIDAD: _____
SERVICIO POSTVENTA: _____	COSTO DE MANT: _____
OBSERVACIONES: _____	UTILIZACIÓN EFECTIVA: _____
	DISPONIBILIDAD DE RESPUESTOS: _____
	HORAS DE REPARACIÓN/MES: _____

Anexo 1.5. Modelo de la encuesta

ANEXO 2 – Tablas para realizar los cálculos de criticidad

Cuantificación del Efecto.

- Cuantificar el efecto es la ponderación fundamental de la criticidad. Para ello se asigna los siguiente pesos relativos entre las variables de efecto: 45% para PROD, 45% para MAS, y 10% para COP

Tabla 1 - Cuantificación de efectos

EFECTO	ALTO		BAJO		NULO	
	Definición	Valor	Definición	Valor	Definición	Valor
PROD	La falla provoca una pérdida importante dentro de un proceso	45	La falla provoca alguna pérdida dentro del proceso	23	La falla no provoca pérdidas productivas dentro del proceso	0
MAS	La falla provoca un efecto grave de seguridad y/o al medio ambiente	45	La falla provoca un efecto leve de seguridad y/o al medio ambiente	23	La falla no provoca efecto de seguridad y/o al medio ambiente	0
COP	La falla genera un costo operativo mayor o = a U\$S 5000	10	La falla genera un costo operativo menor a U\$S 5000	5	La falla no genera costos operativos	0

Anexo 2.1. Cuantificación del efecto

Cuantificación de Frecuencia de Fallas.

- La frecuencia de falla influye directamente sobre el valor de criticidad, ya que indica una repetición del efecto.

	ALTA		MEDIA		BAJA
FRECUENCIA DE FALLA	Ocurren > 4 fallas por año. MTBF < 3 meses	Ocurre e/ 1 y 4 fallas por año. MTBF e/ 3 y 12 meses	Ocurre e/ 0.2 y 1 fallas por año. MTBF e/ 1 y 5 años	e/ 0.1 y 0.2 fallas por año. MTBF e/ 5 y 10 años	Menos de 0.1 fallas por año. MTBF > 10 años
Valor de f_{ff}	1	0.9	0.8	0.6	0.4

Anexo 2.2. Cuantificación de frecuencia de fallas

Tabla 5 Auxiliar. Estimación de Frecuencia de Fallas para equipos NUEVOS

NIVEL de CARGA REGIMEN	SOBRECARGADO: Equipo opera por encima de su capacidad nominal	NORMAL: Equipo opera a su capacidad nominal	SUBCARGADO: Equipo opera por debajo de su capacidad nominal
CONTINUO: Equipo en servicio 24 hs al día Con arrq/paro > 24 hs	ALTA	MEDIA	BAJA
PARCIAL: Eq. en servicio mas de 12 hs/día Con 1 o 2 arrq/paro al día	MEDIA	MEDIA	BAJA
OCASIONAL: Eq. en serv. menos de 12 hs/día entre 1 y 4 arrq/paro al día	MEDIA	BAJA	BAJA
INTERMITENTE: Equipo en servicio con mas de 4 arrq/paro al día	ALTA	ALTA	ALTA

Anexo 2.3. Estimación de frecuencia de fallas para equipos nuevos

Tabla 6 Auxiliar. Estimación de Frecuencia de Fallas para equipos USADOS recién incorporados a la operación

NIVEL de CARGA REGIMEN	SOBRECARGADO: Equipo opera por encima de su capacidad nominal	NORMAL: Equipo opera a su capacidad nominal	SUBCARGADO: Equipo opera por debajo de su capacidad nominal
CONTINUO: Equipo en servicio 24 hs al día Con arrq/paro > 24 hs	ALTA	ALTA	MEDIA
PARCIAL: Eq. en servicio mas de 12 hs/día Con 1 o 2 arrq/paro al día	ALTA	ALTA	MEDIA
OCASIONAL: Eq. en serv. menos de 12 hs/día Con 1 o 2 arrq/paro al día	ALTA	MEDIA	MEDIA
INTERMITENTE: Equipo en servicio con mas de 2 arrq/paro al día	ALTA	ALTA	ALTA

Anexo 2.4. Estimación de frecuencia de fallas para equipos usados

Estimación de demoras para obtener disponibilidad de recursos

RECURSOS	Condiciones	TIEMPO ESTIMADO
MANO DE OBRA	Requiere mantenimiento especializado, no disponible en el área, sin contrato vigente	2 meses
	Requiere mantenimiento especializado, no disponible en el área, con contrato vigente	3 días
	Requiere mantenimiento disponible en el área	0
REPUESTOS	Requiere de repuestos de alto plazo de entrega/ importado	16 semanas
	Requiere de repuestos de medio plazo de entrega	8 semanas
	Requiere de repuestos de corto plazo de entrega	1 semana
	Requiere de repuestos existentes en stock	0

Anexo 2.5. Estimación de demoras para obtener disponibilidad de recursos

ANEXO 3 – Equipos que operan en Agua Viva 2 – MINARSA



Anexo 3.1. Retroexcavadora en Agua Viva 2 - MINARSA



Anexo 3.2. Equipos de arranque y acarreo que operan en Agua Viva 2 - MINARSA



Anexo 3.1. Vista de Agua Viva 2 - MINARSA

ANEXO 4 – Equipos que operan para Minera Loma de Níquel



Anexo 4.1. Cargador frontal. Minera Loma de Níquel



Anexo 4.2. Camión. Minera Loma de Níquel



Anexo 4.3. Excavadora. Minera Loma de Níquel