

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DIAGNÓSTICO MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL DEL ESTADO FÍSICO DE LOS EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN EN LAS MINAS DEL ESTADO LARA EN EL AÑO 2013

Presentado ante la ilustre.
Universidad Central de Venezuela.
Por Manzanilla A. Johan A
Para optar al título de:
Ingeniero de Minas.

Caracas, 2015

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

DIAGNÓSTICO MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL DEL ESTADO FÍSICO DE LOS EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN EN LAS MINAS DEL ESTADO LARA EN EL AÑO 2013

TUTORA ACADÉMICA: Profa. Aurora Piña

Presentado ante la ilustre.
Universidad Central de Venezuela.
Por Manzanilla A. Johan A
Para optar al título de:
Ingeniero de Minas.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios todo poderoso, la virgen santísima y a san Benito bendito, por estar siempre en mí derramando sus dones: sabiduría e inteligencia permitiéndome continuar siempre con más optimismo para no decaer y alcanzar las metas trazadas.

Agradezco a la Universidad Central de Venezuela, “La Casa que vence las Sombras” por haberme formado como ser humano y profesional.

Agradezco al Departamento de Minas y los profesores que forman parte de esta comunidad, por la ayuda incondicional brindada durante mi carrera como estudiante.

Un muy especial agradecimiento a la profesora Aurora Piña, tutora de esta tarea la cual siempre ofreció su apoyo, guía y conocimiento para lograr el mejor trabajo posible cumpliendo a cabalidad cada uno de sus objetivos.

Agradezco a mis padres, mis hermanos, mi esposa, mi hija y a mis amigos que siempre me apoyaron y me impulsaron para dar lo mejor de mí, fuente inagotable de lucha, perseverancia, honradez y amor, ejemplo de vida y humildad, pilares fundamentales en mi vida que han dado lo mejor de sí, sin importar las circunstancias, me brindaron su apoyo, confianza, para el logro de mis metas. A ustedes les debo lo que soy los AMO.

Agradezco también a mi compañero hermano Édison Beltrán por su ayuda y acompañamiento tanto en la tierra como en el cielo amigo leal al que siempre recordare este donde este.

Manzanilla A. Johan A.

Caracas, 29 de noviembre del 2015

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 Johan Alfonzo Manzanilla Araujo titulado

**DIAGNÓSTICO MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE
CONFIABILIDAD OPERACIONAL DEL ESTADO FÍSICO DE LOS
EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN EN LAS MINAS DEL ESTADO
LARA EN EL AÑO 2013**

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios condescendiente 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

Prof. Alonso Azocar
Jurado

Prof. Omar Márquez
Jurado

Profa. Aurora Piña
Tutora Académica-Jurado

DIAGNÓSTICO MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL DEL ESTADO FÍSICO DE LOS EQUIPOS MINEROS QUE OPERAN EN LAS MINAS DEL ESTADO LARA EN EL AÑO 2013

Tutora Académica: Profa. Aurora Piña.

Trabajo especial de grado. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2013. (89) Páginas

Palabras claves: Equipos Mineros-Confiabilidad, Equipos Mineros-Evaluación Técnica, Análisis Causa Raíz, Minería-Censo (CEMCA) y Canteras-Lara (Estado).

Resumen. Esta investigación se desarrolló como una exploración no experimental de tipo diagnóstico de campo; revisando las condiciones físicas de los equipos mineros, en 10 canteras del estado Lara. La primera etapa fue la aplicación del instrumento de recolección de información a través de la encuesta CEMCA (Censo de Equipos Mineros a Cielo Abierto) a la cual se le formularon otras preguntas abiertas para conocer más a profundidad la situación en la que se encontraban los equipos para el momento de la visita. A partir de la inquisición de información se agruparon y organizaron los datos obtenidos, mediante tablas elaboradas de forma tal que, permitieran realizar análisis empleando las herramientas de confiabilidad operacional y estadísticas que permitieron cuantificar las fallas y disponibilidad de las maquinas.

El análisis se basó sobre el trabajo de mantenimiento, en función de la cantidad y tipos de fallas que estaban presentes, marcando de alguna manera la disponibilidad física de los equipos, (análisis causa-raíz, criticidad y análisis del modo y efecto de falla).

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I:.....	2
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 OBJETIVOS	3
1.2.1 Objetivo general	3
1.2.2 Objetivos específicos.....	3
1.3 JUSTIFICACIÓN	4
1.4. ALCANCE.....	5
1.5. LIMITACIONES	5
CAPÍTULO II:.....	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	7
2.2 BASES TEORICAS	9
2.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	9
2.2.2 Relieve.....	10
2.2.3 Clima	10
2.2.4 Hidrografía	11
2.2.5 Vegetación.....	11
2.2.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DEL ESTADO LARA	11
2.2.7 MINERÍA A CIELO ABIERTO	12
2.2.8 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO	13

2.2.9 OPERACIONES UNITARIAS EN MINERÍA.....	14
2.2.10 EQUIPOS USADOS EN MINERÍA A CIELO ABIERTO	15
2.2.11 PREPARACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE MINERALES	19
2.2.12 MANTENIMIENTO	20
2.2.13 DISPONIBILIDAD FISICA.....	21
2.2.14 CONFIABILIDAD (Nava, 2004).....	22
2.2.15 CONFIABILIDAD OPERACIONAL (CO).....	22
2.2.16 APLICACIÓN DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL (Espinosa 2001) ..	24
2.2.17 HERRAMIENTAS QUE EXPLICAN EL COMPORTAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS.....	25
2.2.18 FALLA.....	29
2.2.19 ANALISIS DE FALLA	30
2.2.20 CURVA DE LA BAÑERA	30
2.2.21 ENCUESTAS.	31
CAPÍTULO III:	32
MARCO METODOLÓGICO	32
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	33
3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	33
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA.....	33
3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS	34
3.5 ANÁLISIS DE DATOS.....	34
CAPÍTULO IV:	36
RESULTADOS	36
4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MINAS QUE OPERAN EN EL ESTADO LARA	37
4.1.1. Venezolana de Cemento C.A (VCCA).	38

4.1.2. Asociación Civil Minas de Saino (ACMS).....	38
4.1.3. Arcillas Villa Rosa C.A (AVRCA).....	39
4.1.4. Cooperativa Los Reyes (CLR).....	39
4.1.5. Arenera río Sele C.A (ARSCA).....	40
4.1.6. Arenera Hermanos Gobbo C.A (AHGCA).....	40
4.1.7. Pedrera Santa Rosa C.A (PSRCA).....	41
4.1.8. Construcciones, Transporte y Materiales Samby, C.A (CTMSCA).....	41
4.1.9. Cantera Coralito C.A (CCCA).....	41
4.1.10. Arcillas Usera (AU).....	42
4. 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS.....	46
4.2.1. Venezolana de Cemento C.A (VCCA).....	46
4.2.2. Asociación Civil Minas de Saino (ACMS).....	47
4.2.3. Arcillas Villa Rosa C.A (AVRCA).....	47
4.2.4. Cooperativa Los Reyes.....	48
4.2.5. Arenera Río Sele C.A (ARSCA).....	48
4.2.6. Arenera Hermanos Gobbo C.A (AHGCA).....	49
4.2.7. Pedrera Santa Rosa C.A (PSRCA).....	50
4.2.8. Construcciones, transporte y materiales Samby, C.A (CTMSCA).....	50
4.2.9. Cantera Coralito C.A (CCCA).....	51
4.2.10. Arcillas Usera (AU).....	51
4.3 ANÁLISIS DEL ESTADO FÍSICO DE LOS EQUIPOS MINEROS ESTUDIADOS.	51
4.3.1 Venezolana de Cemento C.A (VCCA).....	52
4.3.2. Arenera Hermanos Gobbo C.A (AHGCA).....	52
4.3.3. Arenera río Sele C.A (ARSCA).....	53

4.4 DIAGNÓSTICO GLOBAL DEL ESTADO FÍSICO DE LOS EQUIPOS MINEROS ESTUDIADOS.	53
4.4.1 Equipos de Arranque.....	54
4.4.2 Equipos de Carga:	55
4.4.3 Equipos de Acarreo:.....	56
4.4.4 Equipos Auxiliares:	57
4.4.5. Fallas recurrentes de los equipos del estado Lara	59
CAPÍTULO V:	63
ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	63
5.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN FÍSICA DE LOS EQUIPOS DEL ESTADO LARA, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL.....	64
5.1.1 Análisis Causa-Raíz (ACR).	64
5.1.2 Análisis de criticidad.....	73
5.1.3 Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF).....	76
CONCLUSIONES.....	80
RECOMENDACIONES	83
BIBLIOGRAFIA	85
ANEXO 1	88
ANEXO 2	89

INTRODUCCIÓN

La presente investigación tiene como finalidad diagnosticar el estado físico en que se encuentran los equipos mineros que operan en las minas y canteras del estado Lara. Es por esto, que emerge la necesidad de realizar este proyecto por la importancia que ésta reviste para el desarrollo minero de la región, e inclusive, para toda la planificación minera del país. Aunado además, a la desinformación de registros y contabilización de inventario y operatividad de dichos equipos.

La investigación se ejecuta mediante visitas de campo a todas las minas que permitan el acceso, para la obtención de datos aplicando la encuesta CEMCA (Censo de Equipos Mineros a Cielo Abierto), seguidamente la información se procesa y analiza con la finalidad de obtener un resultado que permita contribuir con la actual línea de investigación aplicado en todos los estados de Venezuela.

El contenido de esta investigación se encuentra dividido en cinco capítulos:

Capítulo I donde se encuentran plasmados los objetivos de la investigación, planteamiento del problema y justificación de la investigación. Capítulo II que contiene el desarrollo de los antecedentes y bases teóricas que permitirán comprender de manera sencilla este trabajo. Capítulo III ilustra toda la metodología que se realiza para el diseño de dicho proyecto. Capítulo IV recopilación de toda información obtenida en campo a través de la aplicación de la encuesta CEMCA. Capítulo V análisis de los datos procesados a través de las Herramientas de Confiabilidad Operacional.

Finalizada la elaboración de los capítulos se procede con la realización de las conclusiones y recomendaciones basadas en el análisis de los resultados obtenidos campo sobre la situación de los equipos mineros que operan en las minas a cielo abierto del estado Lara para el año 2013.

**CAPÍTULO I:
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN**

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Actualmente el estado Lara carece de un diagnóstico del estado físico de los equipos mineros utilizados en las operaciones de arranque, carga y acarreo de mineral. Es por esto, que la problemática presente en el estado Lara es desconocer la cantidad de equipos disponibles y sus condiciones físicas actuales, las cuales sin duda, afectan la planificación y cumplimiento con la demanda de materias primas requeridas para el desarrollo y construcción de infraestructuras de la región.

De modo que, la investigación permite hacer un análisis detallado de las ya mencionadas condiciones de los equipos, aplicando la encuesta CEMCA, en la cual se hará la recolección de información necesaria que será observada y procesada con las Herramientas de Confiabilidad Operacional, y así obtener como resultado final el diagnóstico del estado físico de los equipos mineros que operan en las minas y canteras del estado Lara.

Cabe destacar que con dicha investigación el ente estatal podrá tener conocimiento del diagnóstico del estado físico de los equipos mineros y poder así contribuir con el desarrollo minero nacional.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo general

Diagnosticar mediante el uso de Herramientas de Confiabilidad Operacional la condición física de los equipos que operan en minas del estado Lara en el año 2013.

1.2.2 Objetivos específicos

- Establecer la ubicación de todas las minas que operan actualmente en el estado Lara.
- Innovar la encuesta CEMCA para la recolección de información sobre la disponibilidad de los equipos.
- Aplicar la encuesta en las minas que permitan el acceso del estado Lara.

- Procesar la información recolectada que permita el diagnóstico del estado físico de los equipos mineros del estado Lara.
- Analizar el estado físico de los equipos mineros estudiados mediante el uso de las Herramientas de Confiabilidad Operacional.
- Realizar el diagnóstico correspondiente a los equipos mineros que operan en las minas del estado. Lara después de haber aplicado la encuesta innovada CEMCA.

1.3 JUSTIFICACIÓN

La siguiente investigación tiene como finalidad recolectar información a través de la encuesta CEMCA sobre las condiciones físicas de los equipos mineros que son utilizados para el arranque carga y acarreo de mineral, fallas más frecuentes, disponibilidad de repuestos, conocimiento de los operadores sobre el funcionamiento de los equipos entre otras, siendo estos los numerosos elementos que afectan la productividad de las empresas que no logran cumplir con la demanda de material requerido para el desarrollo del estado Lara.

En consecuencia es importante mencionar que con este estudio la entidad tendrá información precisa de las condiciones actuales de los equipos que operan en las labores mineras, producción y materiales que se comercializan. Asociado a esto, también está el beneficio que los vendedores de partes y repuestos de equipos obtendrán a través de esta investigación.

Cabe mencionar que las empresas y canteras también se verán favorecidas con este proyecto, puesto que los resultados analizados les proporcionarán información significativa en el conocimiento de las condiciones en que están siendo manejados sus equipos, si los mantenimientos son los adecuados para la prevención de paradas y si el manejo realizado por el operador es el correcto.

Por otro lado dicha investigación destacará la importancia de aplicar las Herramientas de Confiabilidad Operacional, al momento de diagnosticar las fallas más frecuentes en los equipos, y poder así contar con una planificación que no afecte la

productividad de las empresas y favorezca el desarrollo minero nacional el cual actualmente no posee dicha información.

1.4. ALCANCE

La realización de este trabajo se enfoca en la visita de 10 minas del estado Lara para la recolección de información a través de la encuesta CEMCA con la finalidad de realizar un diagnóstico de las condiciones físicas de la maquinaria presente en las operaciones mineras.

Dicha información será procesada en tablas estadísticas con el fin de detectar las fallas que afectan de manera frecuente la productividad de las empresas. Es importante mencionar que para los estudios se utilizaran las Herramientas de Confiabilidad Operacional donde destacan los análisis de causa-raíz, análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de fallas entre otros.

1.5. LIMITACIONES

Dentro de las limitaciones, el proyecto se verá afectado por traslado y acceso a las minas del estado, falta de información técnica de los encargados de las empresas para la aplicación de la encuesta, manejo insuficiente de los registros de las maquinas que poseen, año de adquisición de los equipo y tipo de mantenimiento que aplican.

El personal de mantenimiento no tiene el nivel de preparación ni la experiencia requerida, para ejecutar trabajos de mantenimiento en este tipo de equipo en la forma apropiada.

Es importante recalcar que la mayoría de estas empresas practican la minería sin tener conocimientos técnicos apropiados, por lo que a la hora de la aplicación de la encuesta el ambiente no le era familiar, afectando este la recolección de información para la elaboración del proyecto.

**CAPÍTULO II:
MARCO TEÓRICO**

En este capítulo, se recopila información para un mejor entendimiento del proyecto. Entre las que destacan los antecedentes y las bases teóricas.

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Garrido Z., Marianne L. (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.

Resumen: El objetivo principal de esta investigación se orientó en el diseño de una metodología de recolección de información en las empresas mineras a cielo abierto, para saber las condiciones de los equipos empleados en esta actividades, además diagnosticar el estado físico y situación legal de estos en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital, por empresas mineras de las entidades y garantizar la productividad de material para el desarrollo de los mismo.

Nava A, Javier J. (2012) DIAGNÓSTICO DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE LOS EQUIPOS QUE OPERAN EN LAS ACTIVIDADES MINERAS A CIELO ABIERTO EN EL ESTADO BOLÍVAR.

Resumen: El principal enfoque de efectuar este estudio, consistió en hacer un diagnóstico en base a las condiciones físicas de los equipos mineros que operan en las minas a cielo abierto del estado Bolívar, para poder así identificar cual es la disponibilidad de los equipos y que factores afecten la productividad de los mismo sobrevenida y así canalizar la realidad de las maquinarias con el fin de alcanzar las metas planificadas.

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 2012, EN EL ESTADO ARAGUA.

Resumen: El objetivo de esta investigación consistió en analizar la situación física de los equipos que operan en las minas y canteras del estado Aragua mediante el uso de

Herramientas de Confiabilidad Operacional, con la finalidad de garantizar el manejo y desempeño óptimo de los equipos y responder a las necesidades de requerimiento de material en el estado.

Rivas C, José E. (2012) DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN Y ESTADO FÍSICO DE LA MAQUINARIA QUE OPERA EN LAS ACTIVIDADES MINERAS A CIELO ABIERTO DE LOS ESTADOS ZULIA Y FALCÓN.

Resumen: El principal desarrollo de esta investigación se basó en diagnosticar la situación y estado físico de la maquinaria que operan en las actividades mineras a cielo abierto de los estados Zulia y Falcón, con la objetivo de asegurar el máximo desempeño en los equipos mineros y satisfacer el suministro de material para cubrir la demanda que requieren los proyectos en estas localidades.

Rodríguez, Yexi. (2012). ANÁLISIS DEL ESTADO FÍSICO DE LOS EQUIPOS QUE OPERAN EN MINAS A CIELO ABIERTO EN LOS ESTADOS GUÁRICO Y ANZOÁTEGUI.

Resumen: El objetivo de esta investigación, consistió en hacer un análisis del estado físico de los diferentes equipos mineros empleados en esta actividad en las empresas de los estados Guárico y Anzoátegui, todo esto con el fin de determinar la disponibilidad con la que cuentan estas entidades, para poder así lograr una planificación adecuada y obtener el abastecimiento de material por parte de las empresas.

Carrero, José. (2013). ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE EQUIPOS MINEROS DEL ESTADO MÉRIDA, EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL.

Resumen: El objetivo fundamental de la investigación, es identificar el estatus de las maquinarias empleadas en las actividades unitarias, por las empresas mineras del estado Mérida. Con miras a saber cuáles son los indicadores que generan las fallas más frecuentes al fin de lograr menos paradas por falta de repuestos apropiados, falta de mantenimiento preventivo y lograr los sumarios de producción planificados en la entidad.

Manuel, Porras. (2014). ESTUDIO DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE LOS EQUIPOS QUE OPERAN EN LAS EMPRESAS MINERAS DEL ESTADO PORTUGUESA MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL.

Resumen: El objetivo fundamental de la investigación, es identificar el estatus de las maquinarias empleadas en las actividades unitarias, por las empresas mineras del estado Portuguesa. Con miras a saber cuáles son los indicadores que generan las fallas más frecuentes al fin de lograr menos paradas por falta de repuestos apropiados, falta de mantenimiento preventivo y lograr los sumarios de producción planificados en la entidad.

2.2 BASES TEORICAS

En esta parte del proyecto se señalan las bases teóricas y demás elementos necesarios para una mejor comprensión de la investigación, donde se tocan tópicos tales como la ubicación y condiciones geográficas, descripción geológica, nociones técnicas y de equipos de operación minera.

2.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El estado Lara está situado al occidente de Venezuela, siendo sus límites: Al Norte con el estado Falcón, al Sur con los estados Trujillo y Portuguesa; al Este con Yaracuy y Portuguesa y al Oeste con el estado Zulia. (Figura 2.1)



Figura 1. Mapa político de Venezuela con todos sus estados y capitales. Tomado de: <http://enlaescuelapublica.blogspot.com> fecha de consulta: noviembre del 2013

En la Figura. 2.2 en forma más precisa se ilustrara el área de trabajo, es decir, la distribución de las empresas visitadas.

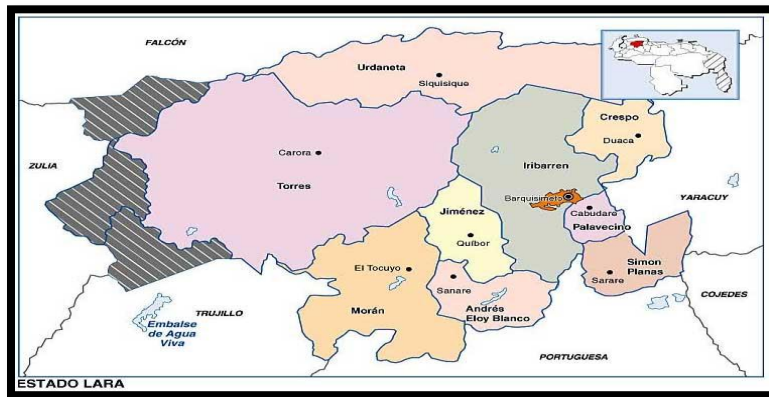


Figura 2. Municipios visitados durante la investigación. Fuente: <https://www.google.co.ve/search?q=municipios+del+estado> fecha de consulta: enero del 2014

2.2.2 Relieve

El Estado Lara tiene un relieve predominantemente montañoso. Está formado por una altiplanicie, que apenas sobrepasa los 550 m de altura, flaqueada por serranías. Al Oeste se halla la depresión de Carora y al Este la depresión de Barquisimeto, las cuales forman el núcleo central del estado. La depresión de Carora ocupa 7.966 km². Tiene dos tipos de relieve predominantes. Una parte plana, constituida por aluviones no diferenciados, representada por los valles de los ríos Diquiva, Quediche, Bucare y Sicarigua. El resto corresponde a relieve accidentado, con pendientes entre 30% y 60%, compuesto por ondulaciones y serranías de rocas sedimentarias y metamórficas. La depresión de Barquisimeto tiene 6.742 km² en los cuales predominan tierras de relieve quebrado. Hacia el noreste se encuentra el valle del Moroturo o Urama, con una superficie de 1.066 km². El paisaje dominante es de lomas redondeadas, casi desprovistas de vegetación y con muestras de una erosión más o menos severa. Al suroeste de Barquisimeto se encuentran sectores de relieve quebrado que constituyen la última fase de las estribaciones andinas.

2.2.3 Clima

Predominan dos tipos de clima en el estado Lara: el tropical, y el premontaña, también seco y muy seco, seguidos por el premontaña húmedo. El clima montano bajo húmedo y corresponden apenas un 4,8% del área estatal. La sequedad del ambiente es

típica, ya que la evaporación supera a las precipitaciones; éstas alcanzan 650 mm de promedio anual, con lluvias que caen en épocas diferentes de acuerdo con el lugar. La temperatura media anual fluctúa entre 19 °C y 29 °C, con un promedio de 24 °C en Barquisimeto estado Lara.

2.2.4 Hidrografía

La red hidrográfica está representada por las cuencas de los ríos Turbio, Morere, Yacambú, Sarare y Tocuyo, siendo este último el más importante del estado, el cual nace en las cercanías del páramo Cendé y atraviesa todo el territorio estatal, convirtiéndose en el gran recolector del mismo.

2.2.5 Vegetación

Se identifican diferentes formaciones vegetales como consecuencia de la combinación de las distintas variables ambientales dentro de un espacio tropical. Al Oeste, en la depresión de Carora, la comunidad forestal es pobre con predominio de las xerófilas. En el sector oriental se encuentran bosques deciduos o semideciduos primarios. Los cujíes y cardones dominan las zonas centrales y norteñas, mientras que hacia el Sur y en las zonas montañosas la cobertura vegetal va desde los matorrales a los bosques semihúmedos.

2.2.6 DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DEL ESTADO LARA

Según el Léxico estratigráfico (<http://www.pdv.com/lexico/>) fecha de consulta noviembre del 2013, describe la geología regional de la zona que engloba al estado Lara de la siguiente manera:

Consideraciones históricas: Bushman (1959), usa nombre de Formación Barquisimeto para designar rocas de la secuencia cretácica que aflora en la región de Barquisimeto, estado Lara. El autor hizo poca referencia al estudio de la región adyacente realizado por Von der Osten y Zozaya (1957) y utiliza nombres diferentes para las rocas de la secuencia cretácica. Posteriormente, Bushman (1965) en la parte no metamorfizada de la secuencia del Cretácico tardío (Cenomaniense-Campaniense), describe una unidad inferior de capas argiláceas con ftanitas y calizas, Formación Barquisimeto y una secuencia suprayacente,

predominantemente lutítica: Formación Barure y observa que la primera se asemeja en muchos aspectos a la secuencia Capacho-La Luna de Lara occidental. Según Coronel y Renz (1960) las formaciones Barquisimeto y Barure de Bushman representan una acumulación heterogénea de mesas alóctonas cretácicas embebidas en un "wildflysch" del Terciario temprano. En ella reconocen equivalentes de las formaciones Querecual y Mucaria, tal como se reconocen más al oeste. El problema del autoctonismo versus aloctonismo fue debatido en monografías posteriores. En su análisis del problema Bellizzia y Rodríguez (1967) señalan que de acuerdo con el criterio aceptado actualmente, la teoría del desplome y deslizamiento de bloques cretácicos a una cuenca del Terciario temprano explica gran parte de las relaciones estratigráficas que se observan en Lara. De esta manera, el término Formación Barquisimeto se aplica para designar una mesa heterogénea de diversas unidades cretácicas. Más recientemente diferentes autores (Campos *et al.*, 1979; Bellizzia 1986; Macsotay *et al.*, 1987) estudian detalladamente la unidad, precisando ambiente de depositación, fósiles y edad. Aunque se admite la prioridad del término Formación Cazadero y su equivalencia con Barquisimeto (Von der Osten, 1967), se mantiene este último en la región de Barquisimeto, debido a su empleo mucho más generalizado. Sin embargo, se mantiene la validez del miembro de Cazadero en la región tipo. Lutitas, limolitas, margas compactadas, ftanitas y calizas, de color gris oscuro a negro en estado fresco y tonos muy claros de gris al meteorizar. Las capas de calizas son muy discontinuas, y se destacan más en la parte inferior de la formación. Los porfidoblastos de pumpellyita y el carácter filítico de algunas capas indican un leve metamorfismo. Los miembros de la Formación Cazadero descritos por Von der Osten y Zozaya (*op. cit.*) se incluyen en la unidad.

2.2.7 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. (ITGE 1995)

2.2.8 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO

Herbet (2006) describe los métodos canteras y gravera de la siguiente forma:

- Cantera
- Gravera

Canteras.

Método de explotación a cielo abierto que se emplea en la explotación de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Desde épocas muy antiguas se han venido empleando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura figura 2.3.



Figura 3. Canteras método de explotación a cielo abierto.
Fuente: Herbet (2006).

Graveras.

Aplicado a materiales detríticos, como son las arenas y las gravas, albergados en los depósitos de valle y terrazas de los ríos, debido a la demanda de dichos materiales por el sector de la construcción. Las arenas y los cantos rodados se encuentran poco cohesionados, por lo que las labores de arranque se efectúan directamente con equipos mecánicos. Las explotaciones suelen llevarse a cabo en un solo banco con una profundidad inferior por lo general a los 20 m.

Cuando las formaciones se encuentran en niveles altos, se utilizan equipos convencionales, como son los cargador frontal de ruedas y excavadoras de gran capacidad.

Sin embargo, es frecuente que los materiales se presenten en contacto con las zonas acuíferas, empleándose entonces otros equipos mineros como son las dragalinas figura 2.4.



Figura 4. Graveras método de explotación a cielo abierto.

Fuente: www.google.co.ve/search?q=imagenes+de+graveras&espv 26/02/2014

2.2.9 OPERACIONES UNITARIAS EN MINERÍA

Según lo expresado en (ITGE 1995) un ciclo de explotación minera se puede definir como la sucesión de distintas etapas u operaciones básicas, aplicadas al material estéril o mineral. Además existen diferentes operaciones auxiliares cuya misión es hacer que se cumplan las operaciones básicas con la mayor eficiencia posible, sin embargo, su aplicación dependerá de la naturaleza del trabajo que se esté realizando.

ARRANQUE-----CARGA-----ACARREO-----DESCARGA

Fases del ciclo minero, operaciones básicas de minería.

Arranque

El arranque es por necesidad la primera de las operaciones previas al movimiento del material. Ésta consiste en fragmentar el material hasta un tamaño pertinente para que los equipos de fases subsiguientes puedan manipularlo.

Carga

La carga consiste en la recogida de material ya fragmentado para depositarlo seguidamente, en la mayoría de los casos, sobre otro equipo o instalación adyacente. Esta

actividad se realiza en lo que se denomina frente de trabajo. Este es el área con material fragmentado donde se encuentran los equipos de carga.

Acarreo

Es la operación basada en el transporte de los diferentes materiales extraídos de la mina, bien sea de los minerales económicamente rentables hasta las plantas de procesamiento, o del material estéril para sus respectivas escombreras. De acuerdo al tipo de acarreo que se lleve a cabo se puede hablar de transporte interno o externo, en referencia a si esta operación se realiza dentro de los límites de la mina o fuera de sus instalaciones.

Descarga

Es la operación posterior al acarreo y la que concierne al vertido de los materiales, bien sea en las plantas de tratamiento o en las escombreras. Normalmente estas operaciones son realizadas por los equipos que efectúan el transporte, con la ayuda de equipos auxiliares.

2.2.10 EQUIPOS USADOS EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

Mamani (2001), clasifica los equipos empleados en la minería a cielo abierto de la siguiente manera:

- Camiones
- Cargadores Frontales
- Excavadoras
- Excavadora Cargadora
- Tractor de oruga
- Mototrailla
- Motoniveladora

Camión.

Está diseñado para el acarreo de material y su respectiva descarga, posee una tolva cuya capacidad puede ser al ras o colmada, el peso a cargar en dicha tolva está en función del tipo de material. El volumen de carga debe definirse además por la ley de cargas

considerando las vías por donde vaya a movilizarse el camión (esto para no dañar el camino existente).



**Figura 5. Camión Chevrolet 750.
Fuente: Propia**

Cargadores Frontales.

El cargador frontal es un equipo montado en orugas o en ruedas, que tiene un cucharón de gran tamaño en su extremo frontal, los cargadores son equipos de carga, acarreo y eventualmente excavación, en el caso de acarreo solo se recomienda realizarlo en distancias cortas.



**Figura 6. Cargador Frontal Caterpillar 938F.
Fuente: Propia**

Excavadoras.

Máquina autopropulsada sobre ruedas u orugas con una superestructura capaz de efectuar una rotación de 360°, que excava, carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de un cucharón fijo a un brazo, sin que el chasis o la estructura portante se desplace.



**Figura 7. Excavadora Caterpillar 322C.
Fuente: Propia**

Tractores.

Maquinarias empleadas para movimiento de tierra con una gran potencia en su estructura, diseñada especialmente para el trabajo de corte (excavando) y al mismo tiempo empujando con la hoja (transporte).



**Figura 8. Tractor de Oruga Caterpillar D8.
Fuente: Propia**

Excavadoras Cargadores.

Este tipo de máquina es muy práctica, dado que por un lado, dispone de un balde ancho capaz de mover volúmenes considerables de tierras y por otro lado, dispone de un cucharón con brazo articulado muy práctico para la ejecución de zanjas, trabajos en taludes, entre otros.



Figura 9. Cargador Retroexcavador MF65
Fuente: www.masseyferguson.com.ar (fecha de consulta 27/02/2014)

Mototraíllas.

Se componen de dos (2) partes principales: el tractor y la traílla. El tractor va colocado en la parte delantera de la máquina y la traílla en la parte posterior. En esta última, además de las ruedas que posee la traílla para su sustentación, sobresale por detrás de ellas el bastidor de empuje. En las máquinas con dos motores, el segundo, que va colocado en la traílla, se sitúa inmediatamente detrás de la caja, entre las ruedas y antes del bastidor de empuje. La unión entre la traílla y el tractor se efectúa por el cuello de cisne.



Figura 10. Mototraílla Caterpillar 621.
Fuente: Propia

Motoniveladora.

Sirve de apoyo en las labores de mantenimiento de las vías de acarreo, trabajos de nivelación de vías en obras mineras y civiles, entre otras actividades.



Figura 11. Motoniveladora volvo

Fuente: <https://www.google.co.ve/search?q=motoniveladora&biw> (fecha de la consulta 27/02/214)

2.2.11PREPARACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE MINERALES

(PELÁEZ, 1981) Las zafras, tal como salen de la minas no suelen estar en condiciones apropiadas para ser vendidas o empleadas directamente en la industria y por ello deben someterse a un tratamiento previo que mejore sus características. Las preparaciones de minerales, es por consiguiente el conjunto de operaciones a que se someten las menas y minerales industriales para obtener productos que satisfagan los requisitos del mercado. Generalmente durante el tratamiento se separan y recogen los minerales útiles y se descartan la mayor ha de los inútiles o ganga, efectuándose una concentración ya que como consecuencia de dicha eliminación los minerales útiles se recogen en masas reducidas.

Las operaciones para el beneficio mineral son fragmentación y clasificación.

Operación por Fragmentación.

Con la fragmentación se obtiene un producto que está constituido por partículas de distintos tamaños pero, ocurre que entre las de un mismo tamaño las hay con proporciones variables de los minerales que proponen la mena pues ello depende de los lugares por donde se rompió cada trozo. Para recoger de este producto la fracción que interesa es necesario efectuar una separación que suele hacerse en dos pasos sucesivos llamados clasificación y concentración según sea la característica de las partículas que se aprovecha para ello.

Operación por clasificación.

Mediante la clasificación se separa las partículas en varios grupos, de acuerdo con su tamaño o su velocidad de sedimentación. Esta operación no es fundamental y puede faltar en algunos procesos pero sin embargo, en la mayor de ellos, precede a la concentración ya que las maquinas encargadas de descartar las partículas de composición indeseable trabajan mejor si reciben los géneros clasificados.

Las operaciones pueden efectuarse en seco o en húmedo, para obtener productos definitivos o intermedios, y basándose en una propiedad intrínseca del mineral, como por ejemplo el peso específico, o adquirida con el tratamiento, como por ejemplo el tamaño. Lo corriente es distinguir entre dos clases de separación que se llaman respectivamente clasificación y concentración. Si la operación no persigue recoger el mineral útil separándolo del estéril es una clasificación; en caso contrario una concentración.

2.2.12 MANTENIMIENTO

Para Herrera (2009), 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.

Por otro lado, Nava (2004), Define el mantenimiento como la combinación de actividades mediante el cual un equipo se mantiene fuera de sus funciones para ser restablecido, con la finalidad de seguir realizando sus actividades de manera efectiva.

Tipos de Mantenimientos

Nava (2004), clasifica los tipos de mantenimiento de la siguiente manera:

1) Mantenimiento Rutinario

Es un mantenimiento ejecutado por periodos de tiempo continuos por los encargados de realizar esta actividad dentro de una organización. Su objetivo es mantener y alargar la vida útil de los sistemas productivos, para ello se realizan

tareas programadas con la finalidad de evitar su desgaste, como por ejemplo: limpieza, ajuste, lubricación, calibración, entre otros.

2) Mantenimiento Programado

Para ejecutar este tipo de mantenimiento, se toma como base las instrucciones técnicas recomendadas por los fabricantes y diseñadores de equipos y sistemas, con la finalidad de llevar un control en los ciclos de revisión y/o sustituciones de los elementos más importantes.

3) Mantenimiento por Avería o Reparación

Se define como la atención que se debe dar a un equipo o sistema productivo cuando aparece una falla de manera inesperada. Su objetivo es corregir las fallas si se puede de manera inmediata para restaurar el funcionamiento del equipo o sistema.

4) Mantenimiento Correctivo

Comprende un conjunto de actividades de todo tipo con el objetivo de eliminar la necesidad de mantenimiento, corrigiendo las fallas de una manera integral a mediano plazo. La forma de atacar las fallas está programada y planificada en el tiempo, de manera tal que no se produzcan paradas injustificadas.

5) Mantenimiento Preventivo

Surge de la necesidad de disminuir los mantenimientos correctivos y todo lo que representa. Pretende reducir la reparación mediante una rutina de inspecciones periódicas y la renovación de los elementos dañados.

2.2.13 DISPONIBILIDAD FISICA

(Según Vázquez S/F) Es la fracción del total de horas hábiles, expresada en porcentaje, en la cual el equipo se encuentra en condiciones físicas de cumplir su objetivo de diseño. Este indicador es directamente proporcional a la calidad del equipo y a la eficiencia de su mantención y/ o reparación, e inversamente proporcional a su antigüedad y a las condiciones adversas existentes en su operación y/ o manejo.

2.2.14 CONFIABILIDAD (Nava, 2004)

Se define como la probabilidad de que un componente o equipo lleve a cabo su función adecuadamente durante un período bajo condiciones operacionales dadas. Se dice que un equipo es confiable cuando funciona cada vez que se necesita y hace bien el trabajo para el cual fue diseñado, de otra manera, se dice que es desconfiable.

2.2.15 CONFIABILIDAD OPERACIONAL (CO)

Benítez (2012), explica que el término confiabilidad operacional apareció en la industria electrónica de los Estados Unidos en la década de 1950, debido a la preocupación con las ocurrencias constantes de imperfecciones y la reducción de la disponibilidad de los sistemas, principalmente militares. Actualmente, el concepto de Confiabilidad Operacional es aplicado fundamentalmente en la industria y en el área de sistemas. Su objetivo es alcanzar el mejor uso de los recursos de la compañía durante todo su ciclo de vida, asegurando que el foco principal de la compañía no sea afectado por la carencia de la disponibilidad del mismo.

Se entiende por Confiabilidad Operacional, a la capacidad de una instalación o un sistema en cumplir su función dentro de los límites de diseño y bajo un contexto operacional específico.

La Confiabilidad Operacional lleva implícito un enfoque sistémico basado en la eliminación de las causas de fallas, tanto humanas, como de equipos y de procedimientos, para poder eliminar los factores de baja confiabilidad que afectan a los procesos críticos y la rentabilidad total de una empresa. Está formada por cuatro factores a controlar, los cuales se pueden visualizar en la figura 2.11



Figura 12. Elementos integrantes de la confiabilidad operacional.
Fuente: Benítez (2012).

- **Confiabilidad Humana**

Se requiere de un alto compromiso de la gerencia para liderar los procesos de capacitación, motivación e incentivación de los equipos de trabajo, generación de nuevas actitudes, seguridad, desarrollo y reconocimiento, para lograr un alto involucramiento de los talentos humanos.

- **Confiabilidad de Procesos**

Implica la operación de equipos entre parámetros o por debajo de la capacidad de diseño, es decir sin generar sobrecarga a los equipos y el correcto entendimiento de los procesos y procedimientos.

- **Confiabilidad de Equipos**

Es la probabilidad de que un equipo pueda ser restaurado a su estado operacional en un período de tiempo determinado.

Depende de la fase de diseño de los equipos (confiabilidad característica del diseño) y de la confiabilidad de los equipos de trabajo. Se puede medir a través del indicador.

- **TMPR: Tiempo Medio Para Reparar.**

Existen múltiples técnicas o herramientas que pueden ser usadas para mejorar la confiabilidad operacional. La selección de estas depende de algunos factores tales como tipo de proceso al que obedecen, objetivo a los cuales responden, tipo de análisis que se realizan, entre otros.

2.2.16 APLICACIÓN DE LA CONFIABILIDAD OPERACIONAL (Espinosa 2001)

Las estrategias de Confiabilidad Operacional se usan ampliamente en los casos relacionados con:

1. Elaboración de los planes y programas de mantenimiento e inspección de equipos e instalaciones industriales.
2. Solución de problemas recurrentes en los activos fijos que afecten los costos y la efectividad de las operaciones.
3. Determinación de las tareas que permitan minimizar riesgos en los procesos, equipos e instalaciones y medio ambiente.
4. Establecer procedimientos operacionales y prácticas de trabajo seguro.
5. Determinar el alcance y frecuencia óptima de paradas de planta.

La Confiabilidad Operacional impulsa el establecimiento de tecnologías que faciliten la optimización industrial, entre las cuales se pueden destacar:

1. Modelaje de sistemas, en la confiabilidad operacional se gasta a nivel de elementos (equipos, procesos y clima organizacional) y se recibe beneficios a nivel de planta.
2. Confiabilidad Organizacional, llamada también en forma sesgada error humano siendo este el ancla más fuerte.

3. Gestión del Conocimiento, valor agregado de nuevas prácticas y conocimientos, a través de mediciones sistémicas, bancos de datos, correlaciones, simulaciones, minería de datos y estadísticas.

4. Manejo de la incertidumbre, a través del análisis probabilístico de incertidumbre y riesgo asociado.

5. Optimización Integral de la Productividad, a través de pruebas piloto en seguridad y confiabilidad desde el diseño.

2.2.17 HERRAMIENTAS QUE EXPLICAN EL COMPORTAMIENTO DE LA CONFIABILIDAD DE EQUIPOS.

Según Benítez (2012), son múltiples técnicas de mantenimiento desarrolladas por el hombre con el objetivo de tener un apoyo en la difícil tarea de la toma de decisiones. Durante su largo camino de búsqueda se ha servido de las bondades que ofrecen los análisis estadísticos así como de otras técnicas que han hecho suyas en esta labor entre algunas técnicas empleadas podemos mencionar:

- Análisis de Criticidad.
- Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos (AMFE).
- Análisis de Causa Raíz.

- **Análisis de Criticidad (AC).**

La criticidad es una medida ponderada que considera los siguientes aspectos:

- 1.- El efecto que provocaría una falla del módulo funcional (equipo) dentro del proceso.
- 2.- La velocidad de reparación de la falla.
- 3.- La frecuencia de ocurrencia de la falla.

El criterio rector es considerar la criticidad como un indicador de la “magnitud del problema” que ocasiona la falla de un módulo o equipo. Una vez obtenido el nivel de criticidad, éste será empleado para definir la estrategia de mantenimiento de ese módulo o

equipo. O sea que todos los criterios que se adoptan para definir y cuantificar la criticidad, sirven para decidir finalmente una estrategia de mantenimiento.

El Análisis de Criticidad es una herramienta que permite establecer bajo criterios homologados, jerarquías entre sistemas, equipos y componentes.

Cuando las frecuencias de fallas medidas para los modos y escenarios de fallas considerados son extremadamente pequeños; y como resultado no se logra una diferenciación por criticidad apropiada., se recomienda utilizar un modelo de criticidad basado en variables de estado, este modelo es aplicable a equipos estáticos y subestructura, centrado en la integridad mecánica y el riesgo. Al utilizar las variables de estado, el modelo obtiene una gran capacidad de predicción de niveles de criticidad contribuye a la mejora continua de los Sistemas de Confiabilidad Operacional, garantizando valores altos del ciclo de vida y utilización de acuerdo a la productividad y la rentabilidad de los activos.

- **Análisis de Modos de Fallas y sus Efectos (AMFE).**

El AMEF es una herramienta clave para mejorar la confiabilidad de procesos y productos.

La metodología del análisis de modo y efecto de las fallas (AMFE), proporciona la orientación y los pasos que un grupo de personas debe seguir para identificar y evaluar las fallas potenciales de un producto o un proceso, junto con el efecto que provocan éstas. A partir de lo anterior, el grupo establece prioridades y decide acciones para intentar eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran las fallas potenciales que más vulneran la confiabilidad del producto o el proceso.

AMFE se ha vuelto un actividad casi obligada para garantizar que los productos sean confiables, en el sentido que logren funcionar bien el tiempo que se ha establecido como su periodo de vida útil, pero también cada día se hace más común su aplicación en muchos otros campos con el objetivo de detectar fallas potenciales y prevenirlas y de esa forma reducir los tiempos de ciclo, mejorar la eficiencia de procesos.

De ésta forma una tarea fundamental cuando se busca caracterizar y mejorar un proceso es aplicar la metodología del AMFE, con la idea de conocer mejor las debilidades (modos de falla potenciales) del producto o proceso y a partir de ahí generar soluciones a nivel proceso o rediseño de producto.

- **Análisis de Causa Raíz (ACR).**

El análisis de Causa Raíz permite descubrir el evento indeseable ò causa raíz que ocasiona la falla. Al eliminarlo no sólo se aumenta la confiabilidad, la seguridad y por lo tanto la disponibilidad, sino que también se aumenta la eficiencia y productividad de operaciones y de la Empresa, al mismo tiempo que se disminuyen los costos de Mantenimiento.

El análisis causa-raíz debe estar dirigido a:

- 1.- Análisis de falla de componentes (AFC), la cual implica el estudio de las piezas dañadas.
- 2.- Investigación de Causa de Raíz (ICR), ésta herramienta incluye a la anterior e investiga las causas físicas.
- 3.- Análisis de Causa Raíz (ACR), ésta herramienta incluye a los dos anteriores y estudia además el error humano.

La disminución de fallas se ve reflejada directamente en la disminución de los costos operativos ya que no solo significa el costo por remplazo en el caso de que el componente se haya dañado, sino también en el costo por falta de producción y costo del personal de mantenimiento que realiza el cambio o reparación. Por este motivo, es de suma importancia el análisis causa-raíz que realiza el grupo.

Los beneficios que se obtiene al aplicar el ACR son:

- Proporciona la capacidad de reconocer un patrón de fallas y evitar la repetición de las mismas.

- Aumenta la confiabilidad, disponibilidad, rentabilidad, mantenibilidad y seguridad de los equipos.
- Mejoras las condiciones de seguridad industrial y evita tiempos improductivos innecesarios.
- Disminuye el número de incidentes, reduce los impactos ambientales y los accidentes.
- Reduce las frustraciones del personal de mantenimiento y operaciones.

Tipos de causa raíz:

Físicas: Es la causa tangible de porque está ocurriendo la falla. Son las más fáciles de tratar y siempre requieren verificación. Sin embargo, corregir solo la causa física no garantiza que el evento no se presentara de nuevo.

Humanas: Es producto de errores motivados por sus inapropiadas intervenciones. Nace por la ausencia de decisiones acertadas, que pueden ser convicción u omisión. Nunca utiliza nombres individuales o grupales cuando se especifica la causa. La determinación de las causas humanas nunca debe presentar persecuciones o búsqueda de culpables.^[1]

Latentes: Son producto de la deficiencia de los sistemas. En ciertas ocasiones afectan más que el problema que se está estudiando, ya que pueden generar circunstancias que ocasionan nuevas fallas en otros ámbitos y/o equipos.

- **Diagrama de Ishikawa**

Es un método que fue propuesto por el Dr. Kaorou Ishikawa con la finalidad de mostrar de manera gráfica todos los conocimientos que se tiene sobre un problema en particular, frecuentemente esta técnica es empleada para hacer la representación del análisis causa-raíz.

Gálvez (2009), lo define como un método de trabajo que muestra la relación entre una característica de calidad (efecto) y sus factores (causas), este método tiene la particularidad de agrupar las causas en distintas categorías, tales como: Máquinas, Mano de Obra, Materiales y Métodos y también se pudiera incluir la causa del Medio Ambiente.

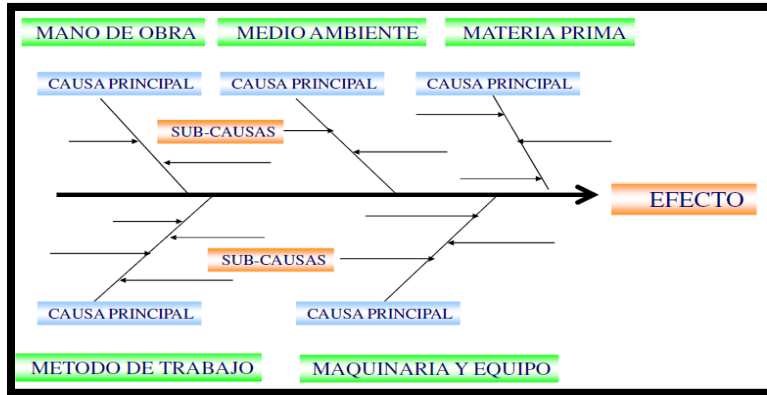


Figura 13. Representación del Análisis Causa-Raíz (Diagrama de Ishikawa).
Fuente: Gálvez (2009).

2.2.18 Falla.

Suárez (2001), lo define como un suceso después del cual un equipo o sistema completo, deja de cumplir total o parcialmente sus funciones. Es la alteración de la capacidad de trabajo del componente de un equipo o sistema. No necesariamente una falla es algo catastrófico, sino que se puede definir como una desviación de una característica de calidad respecto a su valor nominal.

El mismo autor Suárez (2001), clasifica a las fallas de la siguiente manera:

1) Fallas Tempranas

Ocurren al principio de la vida útil de un equipo y constituyen un porcentaje pequeño del total de fallas. Pueden ser causadas por problemas de materiales, de diseño o de montaje.

2) Fallas Adultas

Son las fallas que presentan mayor frecuencia durante la vida útil. Son derivadas de las condiciones de operación y se presentan más lentamente que las anteriores, por ejemplo las fallas estructurales (desgaste de bujes de pasadores), hidráulicas (rotura de mancuernas y sellos rotos) o por mantenimiento (suciedad en un filtro de aire).

3) Fallas Tardías

Representan una pequeña fracción de las fallas totales, aparecen en forma lenta y ocurren en la etapa final de la vida de un mecanismo o parte, por ejemplo las fallas electromecánicas (envejecimiento del aislamiento de un pequeño motor eléctrico, pérdida de flujo luminoso de una lámpara, etc.). También se pueden nombrar las fallas mecánicas en esta clasificación (cambios de rodamientos de una parte, cambio de motor, etc.).

2.2.19 ANALISIS DE FALLA

Suárez (2001), es la recopilación y almacenamiento de toda la información necesaria referente a las fallas sucedidas en los equipos para utilizarla en futuros estudios y análisis estadísticos, que permiten conocer el comportamiento de las fallas que presenta determinado equipo.

2.2.20 CURVA DE LA BAÑERA

La curva de la bañera Mariani (2007), es una representación gráfica de las fallas que puede padecer un equipo durante su tiempo de vida útil. En la figura, se visualiza la probabilidad de fallo instantáneo de un elemento que se comporta inicialmente de forma decreciente (a esta zona se le denomina de mortalidad infantil), en su vida media con una probabilidad de fallo casi constante (zona de vida útil), y finalmente con probabilidad de fallo que aumenta con la edad (zona de desgaste). Esta curva es muy habitual en elementos reales, aunque en la práctica muchas veces se simplifique estudiando únicamente su zona central, que tiene tasa de fallo constante.

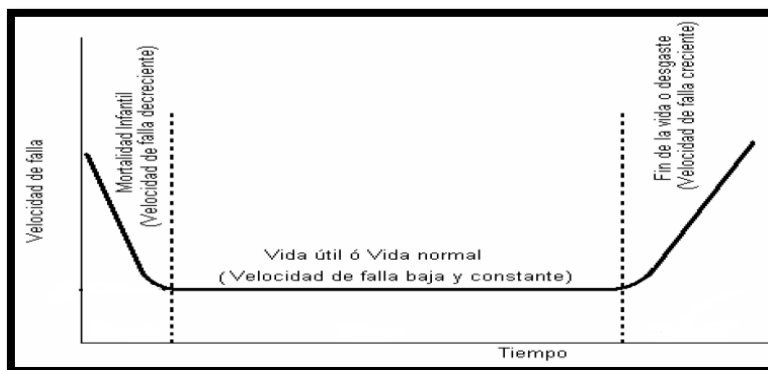


Figura 14. Curva de la Bañera. Fuente: Mariani (2007).

2.2.21 ENCUESTAS.

Europeaid (2013), define a las encuestas como herramientas que mediante la observación permite cuantificar y comparar la información recopilada, la cual puede ser obtenida de una muestra que se considera representativa de la población u objeto de estudio.

- **Encuestas con preguntas cerradas:** Se emplean para obtener información real y directa, las preguntas marcan una forma de respuestas y una cantidad limitada de selección.
- **Encuestas con preguntas abiertas:** Permiten al encuestado desarrollar su propia respuesta, donde el encuestador toma nota de la misma. Este cuestionario es de tipo entrevista individual y permite al encuestado dar una respuesta libre, tanto en forma como en extensión.
- **CEMCA “Censo de Equipos Mineros a Cielo Abierto”:** Es un diseño de encuesta creada por Garrido (2012) que tiene como finalidad recaudar información acerca del estatus de los equipos mineros usados en las operaciones unitarias, auxiliares y beneficio mineral.

**CAPÍTULO III:
MARCO METODOLÓGICO**

El presente capítulo tiene como objetivo principal, especificar el tipo de investigación, la metodología empleada en la ejecución del proyecto, población y muestra relacionada con la misma, así como los alcances y limitaciones localizadas durante el desarrollo.

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación es de tipo Exploratoria de Campo; ya que se aplica la encuesta CEMCA modificada, con el fin de recolectar información en las empresas acerca de las condiciones físicas de los equipos empleados en operaciones mineras del estado Lara. La misma fue aplicada al personal vinculado a dichas labores o encargados de mina, con el propósito de conocer el estado de las maquinarias presentes en dichas actividades para conocer sobre la disponibilidad y operatividad de las mismas.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto está constituido como una investigación no experimental transaccional, ya que el estudio se realiza en un único momento al aplicar la encuestas a las empresas, dado que la intervención del investigador en la manipulación de la situación y condición física de la maquinaria que laboran en las actividades mineras a cielo abierto en el estado Lara será específica, sin importar en qué o cuál estatus se encontraban los equipos al momento de la entrevista sin alterar ningún dato.

La investigación consiste de cuatro (4) etapas fundamentales, que son; recopilación de información bibliográfica, levantamiento de información en campo, aplicación de Herramientas de Confiabilidad Operacional para el desarrollo de análisis de los resultados, y finalmente, diagnosticar las condiciones físicas de los equipos que operan en minas del estado Lara en el año 2013.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población del estudio comprende 60 empresas registradas en el Servicio Autónomo de Administración Tributaria del estado Lara, pero según información suministrada por el propio ente sólo 25 poseen permiso por el ente y solo 10 están ejerciendo la actividad minera para el momento donde fue aplicada la encuesta.

La muestra está constituida por todas las máquinas que se encuentran en el área de trabajo de las empresas, operativas e inoperativas que estén a cargo de ejecutar las operaciones mineras en la entidad.

3.4 RECOLECCIÓN DE DATOS

La información se recolectó con la aplicación de la encuesta CEMCA (diseñada por Garrido Marian 2012), a los empresarios y encargados de las minas seleccionada del estado Lara. Además de la encuesta, se realizaron entrevistas adicionales de manera de proporcionar un enfoque diferente a la misma y fortalecer la información respectiva, toda vez que se tomaron fotografías de los equipos, con el fin de evidenciar el estado en que se encuentran.

Además como manera de innovar la encuesta se aplicaron cinco (5) preguntas abiertas que se utilizaran para el análisis de resultados, representadas a continuación:

- Capacitación de los operadores.
- Disponibilidad de los repuestos en los almacenes de la empresa.
- Planificación del mantenimiento.
- Manejo de manual de los equipos.
- Conocimientos sobre la confiabilidad operacional.

3.5 ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los datos obtenidos con la aplicación de encuesta, se desarrolla una serie de tablas en hoja de cálculos para agrupar y organizar los datos de forma tal que se pueda hacer una lectura fácil, de la situación actual de los equipos que operan en las minas a cielo abierto del estado Lara.

De esta manera al procesar toda esta información, se elaboran tablas y gráficas que ayuden al desarrollo de los análisis aplicando las Herramientas de Confiabilidad Operacional: Análisis Causa-Raíz (ACR) “Diagrama de Ishikawa”, con la que se determina de manera específica las causas que originan las fallas más comunes de los equipos mineros, Análisis del Modo y Efectos de Fallas (AMEF) la cual permite ver cuán recurrente

es la avería, y por último se emplea el Análisis de Criticidad (AC), que jerarquiza cuantitativamente las fallas recurrentes padecidas por las maquinarias, para dar el diagnóstico correspondiente de la disponibilidad física de los equipos que se encargan de las operaciones unitarias de la entidad.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

En este capítulo se exponen los resultados del estudio, organizados en función de los objetivos específicos y las fases metodológicas desarrolladas para la obtención de los datos. En este orden de ideas, se presentan inicialmente los datos relacionados con la ubicación de las minas que operan actualmente en el estado Lara. Seguidamente, se muestran las novedades ejecutadas a la encuesta CEMCA (Garrido, 2012) para la recolección de información sobre la disponibilidad de los equipos. Para posteriormente efectuar una descripción general de los equipos y por último, los resultados del análisis y diagnóstico del estado físico de los equipos mineros estudiados.

Nota: las tablas que no aparecen en el capítulo están referenciadas en los anexos.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS MINAS QUE OPERAN EN EL ESTADO LARA

Es preciso apuntar que, de manera preliminar, se contactó con el Servicio Autónomo de Administración Tributaria del estado Lara (SAATEL), a fin de obtener información acerca de las empresas dedicadas a la actividad minera. En tal sentido, este organismo informó que existen 60 registradas de las cuales 25 tienen permiso vigente dedicadas a esta actividad, de las cuales sólo diez (10) estaban activas para julio del 2013, momento de realización de la presente investigación.

Así las cosas, las empresas objeto de análisis son las siguientes:

- (a) Venezolana de Cemento C.A (VCCA)
- (b) Asociación Civil de las Minas del Saíno (ACMS)
- (c) Arcilla Villa Rosa C.A (AVRCA)
- (d) Cooperativas los Reyes (CLR)
- (e) Arenera Rio Sele C.A (ARSCA)
- (f) Arenera Hermanos Gobbo C.A (AHGCA)
- (g) Pedrera Santa Rosa C.A (PSRCA)
- (h) Construcciones, Transporte y Materiales Samby (CTMSCA), C.A
- (i) Cantera Coralito C.A (CCCA)
- (j) Arcillas Usera (AU).

De tal manera que, a continuación, se presenta una breve descripción de las diez (10) empresas mineras visitadas.

4.1.1. Venezolana de Cemento C.A(VCCA).

Es una empresa pública que se encarga de exploración y explotación de caliza gris y blanca para la elaboración de cemento que es comercializado para la construcción y desarrollo habitacional. La misma fue fundada hace 70 años y, en la actualidad, tiene una producción actual de 35.000 toneladas/mes, manteniéndose por debajo del nivel de producción programada que es de 73.000 toneladas/mes. La misma se encuentra ubicada a 5 kilómetros de la ciudad de Barquisimeto, exactamente en la vía a Duaca, km 4, Sector La Cañada.

Cabe mencionar que, es la cantera más grande del estado Lara y cuenta con un taller mecánico y de mantenimiento para los equipos y líneas de producción, constituidas por tres (3) conos de trituración de 350 toneladas/hora y dos (2) trituradoras de mandíbula de 120 toneladas/hora.

Dicha empresa cuenta con una importante flota de equipos; conformada por siete (7) dispositivos de arranque, distribuidos en cinco (5) perforadoras y dos (2) retroexcavadoras, catorce (14) equipos de carga, cinco (5) equipos de acarreo y seis (6) equipos auxiliares distribuidos en: dos (2) motoniveladoras y cuatro (4) tractores.

4.1.2. Asociación Civil Minas de Saino (ACMS).

Esta asociación se encuentra ubicada en el Municipio Andrés Eloy Blanco y se dedica a la producción de arcilla para la construcción, destacando que las operaciones unitarias están basadas en el arranque de forma mecánica. Es importante señalar que, ACMS no dispone de un plan de explotación definido. En la actualidad, tiene una producción promedio de 160 m³/día de arcilla, ya que la mayoría de sus equipos están en proceso de reparación. Así, la empresa cuenta con los siguientes equipos: un (1) equipo de arranque que es una retroexcavadora; un (1) cargador formal como equipo de carga; cinco (5) camiones como equipos de acarreo y un (1) tractor como equipo auxiliar.

4.1.3. Arcillas Villa Rosa C.A (AVRCA).

Es una compañía privada situada en la carretera Quibor-Sanare de la Parroquia Cuara, dedicada a la explotación de arcilla para la elaboración de baldosas. En la actualidad cuenta con una producción aproximada de 25.000 toneladas/mes y dispone de los siguientes equipos: cinco (5) tractores como equipos de arranque; de carga cuatro (4) cargadores frontales y dos (2) mototraillas en actividades auxiliares. Es pertinente resaltar que no posee camiones de acarreo para el transporte del material, por lo que esta operación es realizada por compañías privadas externas, que utilizan camiones de 12m³ aproximadamente.

4.1.4. Cooperativa Los Reyes(CLR).

Esta cooperativa se encuentra ubicada en el Municipio Iribarren, específicamente en el km 7 de la vía Quibor. Sector El Retoño. Se dedica a la explotación de lajas y lutitas, minerales que se emplean en el sector de la construcción para la decoración de fachadas. Es preciso acotar que, esta cooperativa realiza actividades mineras que se pueden considerar como artesanal, ya que utiliza herramientas como: martillos, barras de hierro y cinceles, entre otros. El único equipo que poseen para el arranque de mineral es un tractor D7 que se encontraba dañado al momento de la visita.

De igual manera, en presunción a lo improvisado del proceso de extracción, se presume que esta empresa puede estar careciendo de proyectos de planificación minera y de gestión ambiental. Además, dado que la geología aflorante, algunas veces es difícil de extraer, hacen uso de una retroexcavadora alquilada para el perfilado del talud y el arranque de material, el cual puede ser aprovechable. La retroexcavadora se muestra en la Figura 14.



Figura 15. Tractor D7 Caterpillar, Cooperativa los Reyes (CLR) Fuente: Propia.

4.1.5. Arenera río Sele C.A (ARSCA).

Es una empresa privada ubicada en el Municipio Simón Planas, Carretera Barquisimeto-Acarigua, que se dedica a producir los agregados usados en la industria de la construcción.

No obstante, de acuerdo a información suministrada en la empresa, la compañía no contaba para el momento de la visita con los permisos requeridos para el arranque de material, por lo que compran material a otras empresas en otras entidades cercanas en estados como: Yaracuy y Portuguesa, para procesarlo en su planta. El material obtenido es aproximadamente 1.200 m³ de canto rodado, piedra picada y arena lavada.

Por su lado, a pesar de lo restringido de la información, se constató que cuenta con los equipos que se enumeran a continuación: tres (3) cargadores frontales: dos (2) destinados a la carga de materiales en los camiones que los transportan para la comercialización y uno (1) asignado a la planta para la alimentación de la trituradora, y tres (3) camiones para el acarreo de material hasta una empresa dedicada a la fabricación de concreto, perteneciente al mismo consorcio y que se encuentra aproximadamente a 50 metros de la localización de la mina.

4.1.6. Arenera Hermanos Gobbo C.A (AHGCA).

Esta empresa privada que se encuentra ubicada en el km 24 de la Carretera Barquisimeto-Acarigua. La misma se encarga de la producción y comercialización de

material para los agregados utilizados en el sector de la construcción. Tiene una producción aproximada de 2.500 m³/día de arena lavada, polvillo y gravilla. Asimismo, se pudo evidenciar que cuenta con los siguientes equipos: dos (2) retroexcavadoras como equipos de arranque y tres (3) cargadores frontales. Destaca también, que la empresa no dispone de equipos de acarreo, por lo que los clientes se encargan del transporte del material.

4.1.7. Pedrera Santa Rosa C.A (PSRCA).

Es una empresa ubicada en la Avenida Intercomunal de Cabudare, Sector Carabalí, la cual se dedica al procesamiento de materiales para la construcción, adquiriendo los insumos en otras canteras de la entidad. En consecuencia, sólo cuenta con equipos de carga para las operaciones básicas, así como su propio taller para el mantenimiento y reparación de sus equipos. Es así, como dispone de cuatro (4) cargadores frontales y cuatro (4) camiones para el acarreo.

4.1.8. Construcciones, Transporte y Materiales Samby, C.A (CTMSCA).

Es una compañía privada que se encuentra ubicada en el Municipio Jiménez, Sector Quebrada Las Guardias, Caserío El Pozón y está dedicada a la explotación de material granular para la construcción de terraplenes y relleno de terrenos. Para el momento de la visita contaba con solo una retroexcavadora que se encarga del arranque y la carga de material, la cual posee una capacidad de producción es de 200 m³/día. Otro aspecto resaltante, es que la empresa no cuenta con los planes de explotación requeridos para el aprovechamiento de los recursos, lo que por estimación del autor genera un impacto ambiental notable.

4.1.9. Cantera Coralito C.A (CCCA).

Esta empresa se encuentra ubicada en el Sector Posesión del Municipio Moran y centra su actividad en la explotación de arcilla blanca que se emplean en el sector de la construcción de artesanías. Esta compañía efectúa minería que puede ser considerar artesanal, ya que sólo posee una excavadora y la comercialización de material se hace a través de sacos de aproximadamente 30 kilos. Cabe destacar que, dado a lo improvisado de la extracción, se prevé que esta empresa no tiene una planificación adecuada.

4.1.10. Arcillas Usera (AU).

Esta empresa privada está ubicada en el Municipio Iribarren, en el km 56 de la Carretera Lara-Falcón y se encarga de la explotación de arcilla para la alfarería, contando con una producción aproximada de 50 m³/día. Los equipos que posee son: un (1) tractor como equipo de arranque, dos (2) cargadores frontales y una (1) motoniveladora como equipos auxiliar que se encarga del mantenimiento de las vías de acceso de la mina. En la actualidad, no posee camiones para el transporte de material, por lo que el acarreo lo hacen compañías privadas externas que trasladan el mineral al cliente que así lo requieran. De tal modo la Tabla 1 es una síntesis de las empresas evaluadas.

Tabla 1. Descripción general de las empresas mineras del estado Lara.

Empresa	Ubicación	Tipo de Empresa	Tipo de Actividad
Venezolana de Cemento C.A (VCCA)	Vía a Duaca, km 4, Sector La Cañada.	Publica	Exploración y explotación de caliza gris y blanca para la elaboración de cemento.
Asociación Civil de las Minas del Saino (ACMS)	Municipio Andrés Eloy Blanco.		Producción de arcilla para la construcción.
Arcilla Villa Rosa C.A (AVRCA)	Carretera Quibor-Sanare de la Parroquia Cuara.	Privada	Explotación de arcilla para la elaboración de baldosas.
Cooperativas los Reyes (CLR)	Municipio Iribarren, en el km 7 de la vía Quibor, Sector El Retoño.	Privada	Explotación de lajas y lutitas, para la decoración de fachadas.
Arenera Rio Sele C.A (ARSCA)	Municipio Simón Planas, Carretera Barquisimeto-Acarigua.	Privada	Producción de agregados para la construcción.
Arenera Hermanos Gobbo C.A (AHGCA)	Km 24 de la Carretera Barquisimeto-Acarigua.	Privada	Producción y comercialización de material para los agregados de la construcción.

Pedreira santa rosa C.A (PSRCA)	Ubicada en la Avenida Intercomunal de Cabudare, Sector Carabalí,	Privada	Agregados para la construcción.
Construcciones, Transporte y Materiales Samby (CTMSCA), C.A	Municipio Jiménez, Sector Quebrada Las Guardias, Caserío El Pozón.	Privada	Explotación de material granular para la construcción de terraplenes y relleno de terrenos.
Cantera Coralito C.A (CCCA)	Sector Posesión del Municipio Moran.	Privada	Explotación de arcilla blanca para la construcción de artesanías.
Arcillas Usera (AU)	Municipio Iribarren, en el km 56 de la Carretera Lara-Falcón.	Privada	Explotación de arcilla para la alfarería.

Fuente: elaboración propia.

De igual forma, en la Tabla 2 se presenta un resumen de los equipos que posee cada una de las empresas mineras objeto de estudio:

Tabla 2. Número de equipos de las empresas mineras del estado Lara.

Empresa	Arranque	Carga	Acarreo	Auxiliares	Total
Venezolana de Cemento C.A (VCCA)	7	14	5	6	32
Asociación Civil de las Minas del Saino (ACMS)	1	1	5	1	8
Arcilla Villa Rosa C.A (AVRCA)	5	4	0	2	11
Cooperativas los Reyes (CLR)	1	0	0	0	1
Arenera Rio Sele C.A (ARSCA)	0	3	3	0	6
Arenera Hermanos Gobbo C.A (AHGCA)	2	3	0	0	5

Pedreira Santa Rosa C.A (PSRCA)	0	4	4	0	8
Construcciones, Transporte y Materiales Samby (CTMSCA), C.A	1	0	0	0	1
Cantera Coralito C.A (CCCA)	1	0	0	0	1
Arcillas Usera (AU)	1	2	0	1	4
Total	19	31	17	10	77

Fuente: Elaboración propia

De tal modo que, en el Gráfico 1, se presenta la distribución porcentual del tipo de equipos que poseen las empresas de minería del estado Lara.

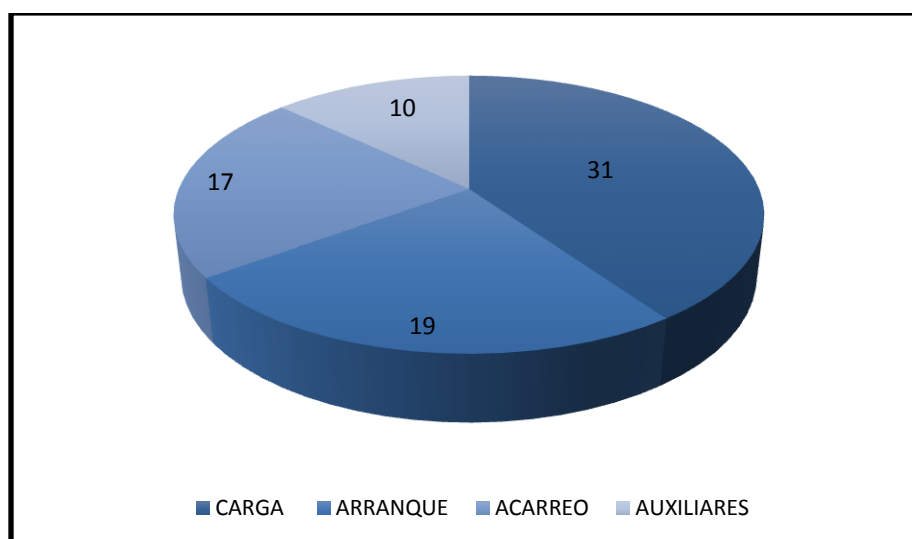


Gráfico 1. Distribución del tipo de equipos que poseen las empresas de minería del estado Lara.

Fuente: Elaboración propia.

Como se desprende de la información presentada en el Gráfico 1, las empresas poseen el siguiente porcentaje: 40% de equipos de carga, 25% de equipos de arranque, 22% de acarreo y sólo 13% de equipos auxiliares. Asimismo, en el Gráfico 2 se muestra la distribución porcentual de los equipos por empresa.

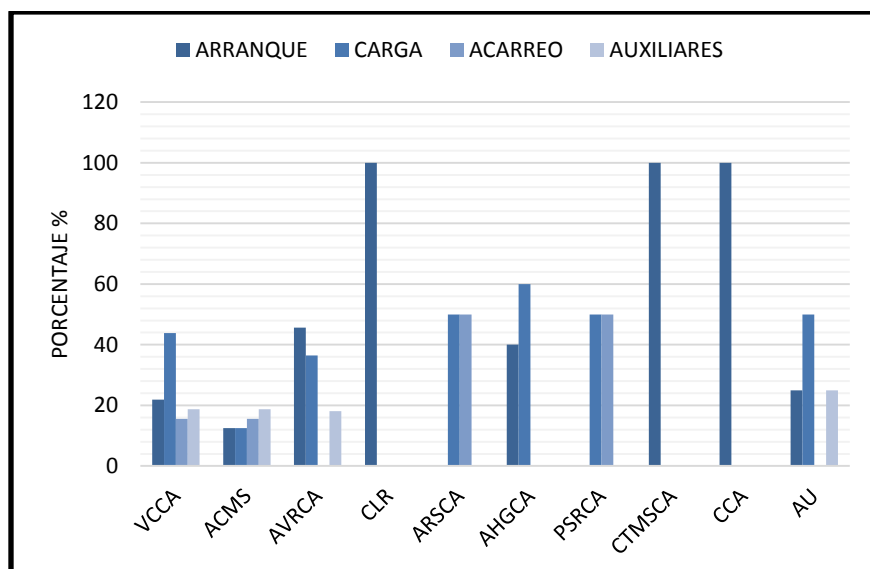


Gráfico 2. Distribución porcentual de los equipos por empresa
Fuente: Elaboración propia

Como se evidencia en el Gráfico 2, las empresas que poseen la mayor variedad de equipos son la VCCA y ACMS, mientras que CLR, CTMSCA y CCA sólo tienen de arranque, las cuales son aquellas que tienen restringidas sus funciones de explotación.

En comparación con lo que se espera encontrar teóricamente y la existencia en la realidad de las empresas estudiadas se puede verificar que algunas no poseen los equipos requeridos para la ejecución de sus operaciones. Tal como se demuestra en la Tabla 3, solo dos de las organizaciones evaluadas cumplen con los requerimientos teóricos en cuanto al tipo de equipos necesarios para la explotación de minas, por lo que se detecta una debilidad que debe explicarse en cada caso.

Tabla 3. Comparativo equipos requeridos Vs equipos reales.

Tipo de equipo	VCCA	ACMS	AVRCA	CLR	ARSCA	AHGCA	PSRCA	CTMSCA	CCCA	AU
Arranque	X	X	X	X		X		X	X	X
Carga	X	X	X		X	X	X			X
Acarreo	X	X			X		X			
Auxiliares	X	X	X							X

Fuente: Elaboración propia.

4. 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS EQUIPOS

En esta parte, procederemos a describir los equipos de cada empresa, por su estatus actual: referidos a operatividad, características, tipos de fallas más frecuentes y cualquier otra observación pertinente derivada de la observación en este estudio.

4.2.1. Venezolana de Cemento C.A (VCCA).

Equipos de arranque: De la información presentada en la Tabla 4 es importante resaltar que tres (3) perforadoras y dos (2) retroexcavadoras están inoperativas, estando únicamente operativa solo una (1) perforadora.

Equipos de carga: en la Tabla 5 se observa que la compañía para el momento de la visita contaba con catorce (14) equipos para la carga de material, de los cuales los cargadores Caterpillar se encuentran inoperativos porque no cuentan con los repuestos o se encuentran a la espera de la llegada de los mismos. También se pudo observar que las principales fallas que presentan están en la transmisión; debidas a malas condiciones del área de trabajo y según información suministrada por la empresa para el momento de la visita. Sin embargo, los equipos marca *Komatsuse* encuentran completamente operativos.

Equipos de acarreo: en la Tabla 6 se observa que existían cinco (5) camiones, que se encontraban en reparación, y que las fallas eran debidas al desgaste en diversos componentes por el tiempo de uso.

Equipos auxiliares: en la Tabla 7 se evidencia que, solamente se cuenta con dos (2) equipos auxiliares operativos encargados del mantenimiento de las vías; mientras que el resto de la maquinaria se encuentra en el taller mecánico a la espera de repuestos; sin embargo, para el momento de la visita, en uno de estos equipos ya se estaba ejecutando el proceso de instalación de sus partes.

4.2.2. Asociación Civil Minas de Saino (ACMS).

Equipos de arranque: para el momento del registro, sólo contaba con un equipo de arranque, el cual se encontraba a la espera de repuestos, tal como se muestra en la Tabla 8. Como consecuencia, para el arranque de material, la organización se ve obligada a alquilar un equipo de iguales características para la ejecución de las labores.

Equipos de carga: como se presenta en la Tabla 9, existe un solo cargador frontal, el cual además, debido a las recurrentes averías del sistema hidráulico, tiene una baja operatividad durante el tiempo de ejecución de obras, dado que es preciso interrumpir el trabajo para realizar los cambios de lubricante, actividad de la que se encarga el propio operador porque la empresa carece del personal asignado para esta actividad. Este equipo trabaja por lapsos prolongados, debido a que los camiones para el acarreo llegan aproximadamente cada dos (2) horas, es decir, que por turno de ocho (8) horas se producen unos cinco (5) ciclos.

Equipos de acarreo: lo constituyen cinco (5) camiones que se encuentran en reparación por variadas fallas mecánicas, de las cuales no se obtiene información.

Equipos Auxiliar: puede afirmarse que la empresa no posee ningún tipo de equipos en este renglón ya que el único equipo auxiliar que existe es un (1) tractor pero tiene cerca de cinco (5) años en estado de reparación por falta de repuestos. Esta situación ha ocasionado inconvenientes en el cumplimiento de las programaciones de producción, según información suministrada durante la visita.

4.2.3. Arcillas Villa Rosa C.A (AVRCA).

Equipos de arranque: esta empresa, como se observa en la Tabla 10, posee cinco (5) tractores, de los cuales el 80% se encuentra en reparación. Se le informó al investigador que el personal de mantenimiento ha optado por el uso de repuestos que, aun cuando solucionan parte del problema, no son proporcionados por los proveedores naturales; esta situación pueda afectar las condiciones naturales de operatividad de estas máquinas.

Equipos de Carga: según la Tabla 11, la empresa cuenta con tres (3) cargadores frontales, que fueron adquiridos recientemente, por lo que se deduce tienen una alta disponibilidad física. Los equipos presentan buenas condiciones de mantenimiento, con pocas horas operativas y se adaptan bien al terreno arcilloso de la cantera. No obstante, la empresa presenta una baja producción debido, entre otras causas, a las fallas en los equipos de arranque.

Equipos Auxiliares: En cuanto a este punto, esta empresa es la única que emplea una Mototrailla para las tareas de construcción y acondicionamiento de las vías de acceso. Adicionalmente, se utiliza un camión cisterna para el riego, con la finalidad de disminuir el polvo en suspensión aérea. Los equipos están operativos son los que se muestran en la Tabla 12.

No obstante, la disponibilidad de la Mototrailla, se ve comprometida, debido a que, según informó el personal. El mantenimiento que se le realiza no es el adecuado según los estándares del fabricante.

Equipos de acarreo: la organización no posee camiones para el transporte de material, por lo que el acarreo lo realizan compañías privadas pagadas por los clientes interesados en el mismo.

4.2.4. Cooperativa Los Reyes.

Esta cooperativa utiliza las siguientes herramientas: martillo, barra de hierro y cincel: Para el arranque del material, tienen un (1) tractor que se encuentra inoperativo por falta de repuestos para su reparación, tal y como se muestra en la Tabla 13.

4.2.5. Arenera Río Sele C.A (ARSCA).

Equipos de Carga: cuenta con tres (3) cargadores, los cuales, como se observa en la Tabla 14, se encuentran en buen estado físico debido a que su mantenimiento ha sido adecuado y que, además tienen un adecuado número de horas operativas, lo cual redundará en una buena disponibilidad física. Según información suministrada por el encargado de la

empresa, el taller mecánico actualmente no posee repuestos para estos equipos de carga, lo que pondría en riesgo los equipos de presentarse alguna avería.

Equipos de Acarreo: para esta actividad la empresa posee, como se muestra en la Tabla 15: tres (3) camiones, que trasladan el material hasta sus instalaciones encargadas de la fabricación del concreto. Estas máquinas no reciben el mantenimiento adecuado y requerido de acuerdo a los estándares del fabricante, a pesar que son sometidas a intensas jornadas debido a la alta demanda de concreto que tiene la empresa; a su vez, las vías transitadas presentan pendientes fuertes que dificultan el traslado, lo cual representa una exigencia adicional a los equipos.

4.2.6. Arenera Hermanos Gobbo C.A (AHGCA).

Equipos de Arranque: la empresa utiliza dos (2) retroexcavadoras, las cuales están en condiciones de operatividad. No obstante, la falta de los permisos correspondientes para el inicio del proceso de arranque del material impide su puesta en marcha (ver tabla 16).

Por su parte, la retroexcavadora presenta fallas en el motor, destacando que las reparaciones que se le han realizado fueron con repuestos de “segunda mano”, presuntamente provenientes de equipos desincorporados en otras empresas. Además, el mantenimiento efectuado por el propio dueño de la compañía, quien explicó que se siente capacitado para este tipo de labores, puesto que posee un título de Técnico Superior en Metalmecánica.

Equipos de Carga: Cuenta con tres (3) cargadores, dos (2) de ellos nuevos, sin embargo, para el momento de la revisión, se informó que en el taller mecánico no contaba con repuestos para dichas máquinas, siendo esto un factor relevante a la hora de que se presente una eventualidad. Por su parte, el cargador Caterpillar, debido a las fallas continuas, es reparado utilizando repuestos obtenidos de equipos presuntamente desincorporados en otras compañías, por lo cual no se pudo obtener información acerca de sus características (ver Tabla 17).

Equipos de Acarreo: No posee equipos para estas funciones.

4.2.7. Pedrera Santa Rosa C.A (PSRCA).

Equipos de Carga: esta compañía cuenta con cuatro (4) cargadores frontales para estas operaciones, cuyas características se muestran en la Tabla 18. Es preciso mencionar que, los mismos se encuentran operativos pero presentan fallas, por lo que se hace necesario suspender temporalmente las operaciones para ejecutar las reparaciones correspondientes. Se pudo observar que el personal encargado del mantenimiento de los equipos carece de conocimientos técnicos que puedan contribuir a la solución rápida de estas averías.

Equipos de Acarreo: Posee cuatro (4) camiones para estas operaciones (ver Tabla 19). Los equipos se encuentran operativos, pero presentan fallas; los equipos presentan una disponibilidad física baja por la frecuencia de la averías, no obstante que las mismas son atendidas de inmediato, según informaron.

En efecto, para el momento de la visita, estas máquinas eran las encargadas de trasladar los productos. Pero, además, otras cooperativas que operan en la zona externa a la planta, prestan servicio de extra de transporte privado.

Cabe destacar que, esta organización no cuenta con equipos de arranque, porque sólo procesa material que compra a otras canteras de otras entidades. Sin embargo, tiene su propio taller para el mantenimiento y reparación de sus equipos.

4.2.8. Construcciones, transporte y materiales Samby, C.A (CTMSCA).

Equipo de Arranque: la empresa dispone de una (1) retroexcavadora que se encarga del arranque y la carga de material, (ver Tabla 20); la misma se encuentra operativa y en buenas condiciones; sin embargo, llama la atención que, no tiene un plan de mantenimiento preventivo, lo que es sustituido por un chequeo diario con el fin de alargar la vida útil del equipo, de acuerdo a lo que se informó. Dicho chequeo es efectuado por los operadores de acuerdo a su experiencia en los equipos. Además, tomando en cuenta que es de su adquisición, el mismo presenta una disponibilidad física alta.

4.2.9. Cantera Coralito C.A (CCCA).

Equipo de Arranque: la empresa dispone sólo de una excavadora, cuyas características se muestran en la Tabla 21. En la observación directa se pudo evidenciar que el equipo es bastante antiguo, pero sigue operativo debido al poco uso, aunado a la baja productividad de la empresa.

4.2.10. Arcillas Usera (AU).

Equipos de Arranque: la empresa posee un (1) tractor que se considera viejo y se le ha hecho diferentes adaptaciones de otros equipos, de las cuales no se dieron a conocer de manera específica (ver Tabla 22).

Equipos de Carga: La compañía posee dos (2) cargadores de los cuales uno está en operaciones y otro está a la espera de repuestos. La operatividad de estos equipos es baja, debido a que la carga del material se hace de acuerdo a los pedidos, según información suministrada (ver Tabla 23).

Equipos Auxiliares: emplea una Mototrailla para la construcción y acondicionamiento de vías de acceso; se apoya en un camión cisterna para riego y disminución del polvo. Este equipo (cisterna) está en operaciones, pero posee inconveniente en su estructura (ver Tabla 24)

Equipos de Acarreo: no posee equipos para esa actividad, por lo que el acarreo lo hacen compañías privadas que trasladan el mineral al cliente que así lo requiera.

4.3 ANÁLISIS DEL ESTADO FÍSICO DE LOS EQUIPOS MINEROS ESTUDIADOS

En la siguiente sección se presenta el análisis del estado físico de los equipos de beneficio mineral tomando en cuenta: capacidad instalada, producto que se comercializan y fallas que presentan. En tal sentido, es necesario aclarar que, de las empresas visitadas sólo cuatro (4) poseen planta de beneficio: VCCA, AHGCA, ARSCA y PSRCA, por ello solo estas empresas serán objeto del siguiente razonamiento.

De manera preliminar se establecieron los siguientes parámetros para llevar a cabo el estudio:

1.-Tipo de trituración: se basa en implantar la forma de trituración utilizada, ya sea primaria, secundaria o terciaria.

2.-Fallas más frecuentes: determinar las averías que presentaban los equipos para el momento de la visita; y mantenimiento que se aplica

3.-Mantenimiento: tipo que se aplica.

4.3.1 Venezolana de Cemento C.A (VCCA).

Esta empresa para el momento de la inspección contaba con dos (2) líneas de producción cuyas características referidas: al tipo de trituración, el tipo de equipos instalados, la capacidad productiva, las fallas más recurrentes, el tipo de mantenimiento aplicado y las observaciones pertinentes, son presentadas en la Tabla 25.

Así, de la información demostrada se puede deducir que la producción de cemento gris y blanco se ve afectada, principalmente, por la falta de mantenimiento planificado y la carencia de repuestos en el almacén. Además, según la información suministrada, la empresa incumple con los niveles de producción debido a problemas con el suministro de material para el beneficio y a que la disponibilidad física, uso y disponibilidad del equipo es insuficiente.

4.3.2. Arenera Hermanos Gobbo C.A (AHGCA).

La empresa AHGCA posee una sola planta de beneficio mineral que produce tres (3) tipos de materiales: arena lavada, polvillo y gravilla. Así, en la Tabla 26 se muestra la descripción de su estado para el momento de la visita.

En esta planta, los equipos se encuentran en buenas condiciones, por lo que presentan un uso de disponibilidad física es decir, un uso intensivo en los procesos de producción de la organización; sin embargo, la producción total de la empresa es baja, debido a que su actividad depende del suministro de materiales por otras empresas ajenas a la entidad. Cabe acotar que, el mantenimiento de los equipos es realizado por los mismos

operadores y el proceso consiste en: cambiar semanalmente los forros de la primaria y la trituradora de martillo con el relleno de electrodos de plomo.

4.3.3. Arenera río Sele C.A (ARSCA).

Esta planta de beneficio mineral cuenta con una producción aproximada de 100m³ de materiales denominados internamente como: canto rodado, piedra picada y arena lavada. Así, el estatus de los equipos está mostrado en la Tabla 27.

Se destaca que para el momento de la visita, la producción de ARSCA se encontraba afectada debido al suministro inconstante de material a la empresa. Además, debido al desgaste de las correas, el operador de la máquina se ve forzado a abrir y cerrar manualmente a menudo la compuerta para que pase el material, hecho que interrumpe el proceso de trituración primaria y que afecta todo el circuito.

4.4DIAGNÓSTICO GLOBAL DEL ESTADO FÍSICO DE LOS EQUIPOS MINEROS ESTUDIADOS

Para efectos de agrupar los datos presentados en esta sección, los equipos mineros se clasifican de la siguiente manera: operativo y e inoperativo, y estos últimos a su vez se agrupan como: “en reparación” y “fuera de servicio”. Ahora bien, en el Gráfico 3 se observa cómo están distribuidos los equipos de acuerdo a clasificación y número en las empresas visitadas:

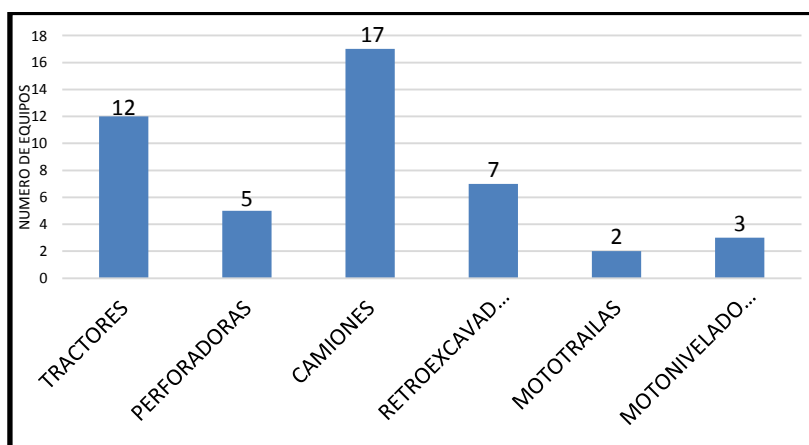


Gráfico 3. Número de equipos de trabajo de las empresas evaluadas.

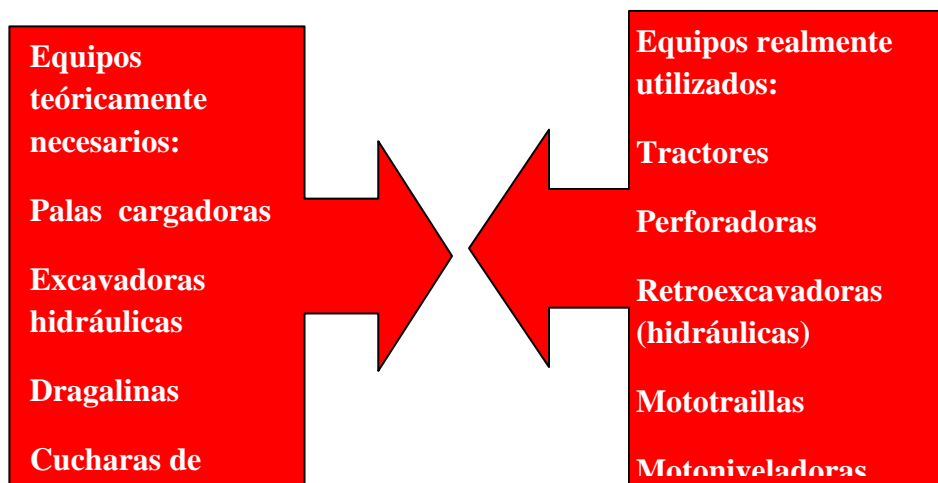
Fuente: Elaboración propia.

En el Grafico 3 se observa que el equipo que tiene más presencia en las organizaciones son los cargadores frontales como equipos de carga, seguido por los camiones en el acarreo y los tractores en el arranque.

Ahora bien, si comparamos los equipos que se requieren en este tipo de explotaciones encontradas con aquellos que realmente estaba en las canteras podemos encontrar la diferencia que se evidencia en la figura 16:

Cuadro comparativo de equipos necesarios y equipos utilizados.

Fuente: Elaboración propia.



Como se observa, se encontraron diferencias importantes entre los equipos “que debemos conseguir” y aquellos que están marcados por la disponibilidad de equipos en el mercado, así como la falta de asesoramiento técnico minero pertinente. Aunado a esto es importante señalar que la renovación de los equipos en el actual contexto económico es una ardua tarea pues se trata de máquinas importadas, argumento que fue corroborado múltiples veces por los responsables de las organizaciones involucradas en este estudio.

4.4.1 Equipos de Arranque:

Las condiciones en que se encontraban estos equipos de estas operaciones unitarias, se muestran en la Tabla 28 y el Gráfico 4. En esta categoría se incluyen: retroexcavadoras hidráulicas, perforadoras y tractores de orugas.

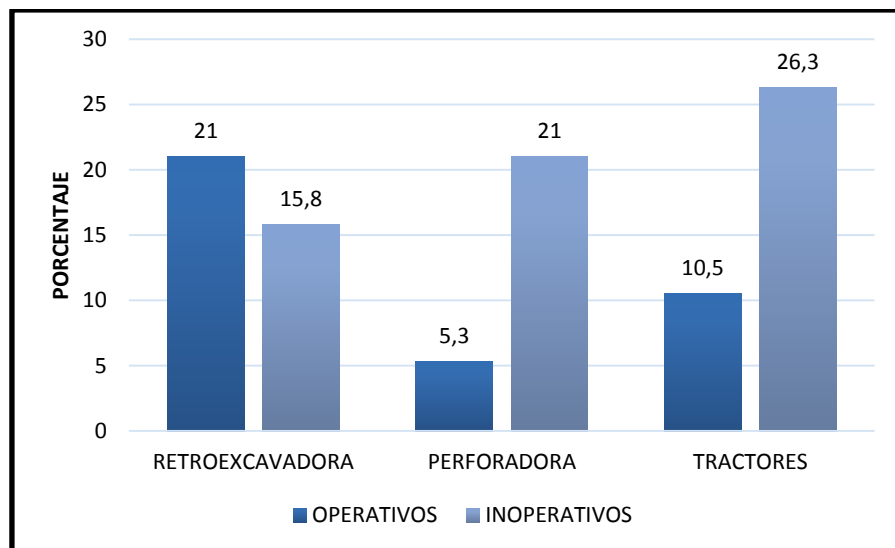


Gráfico 4. Representación de la Distribución porcentual de los equipos de arranque según sus condiciones de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 28 se puede observar que en la existencia de equipos de arranque es de 19 máquinas, de los cuales siete (7) son retroexcavadoras y tractores (36,8%) y cinco (5) perforadoras (21% restante). De esta población siete (7) estaban operativos (26,8%) y el resto, 12 inoperativo. En tal sentido, resalta el hecho que más de la mitad de estas están en estatus inoperativos, lo cual afecta de forma negativa la producción.

Para entender mejor esta situación vemos que la mayoría de las maquinas inoperativas son tractores (26,3%) seguidos de las perforadoras (21%) y retroexcavadoras (15,8%). De este modo se deduce que la situación más crítica es para las perforadoras y tractores.

4.4.2 Equipos de Carga:

La información relativa al estado de funcionamiento de los equipos de carga se presenta en la Tabla 29 y el Gráfico 5.

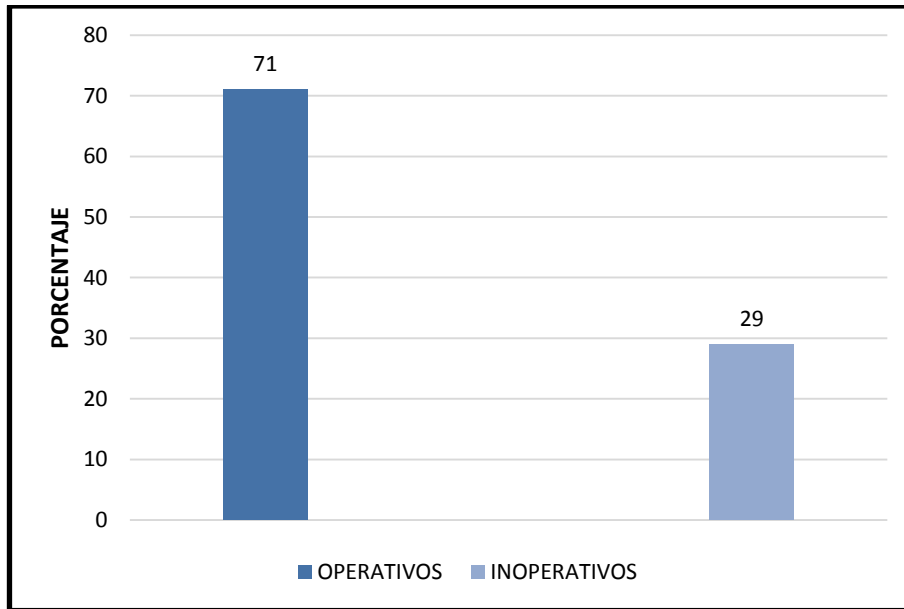


Gráfico 5. Distribución de frecuencias de los equipos cargadores de acuerdo a sus condiciones de funcionamiento.

Fuente: Datos obtenidos en el presente estudio.

En el anterior se puede ver en el caso de equipos de carga (cargadores frontales), las empresas evaluadas cuentan con 31 máquinas de las cuales 22 se encontraban operativas y 9 inoperativas.

Es importante destacar que dentro del segmento de equipos inoperativos “en reparación”, estos pueden conservar el estatus por hasta dos (2) meses si es una falla menor y por un (1) año o más en el caso de aquellas consideradas mayores que ameriten reparaciones del motor y del sistema hidráulico.

Esta situación de prolongación del tiempo de reparación se genera debido a dos situaciones. Una es por la baja disponibilidad de repuestos en los proveedores de partes y la segunda, por la falta de conocimientos formales y sistemáticos en los mecánicos y otro personal a cargo, que le permitan abordar adecuadamente los inconvenientes presentados.

4.4.3 Equipos de Acarreo:

Los datos encontrados referentes a los equipos de acarreo se sintetizan en el gráfico 6.

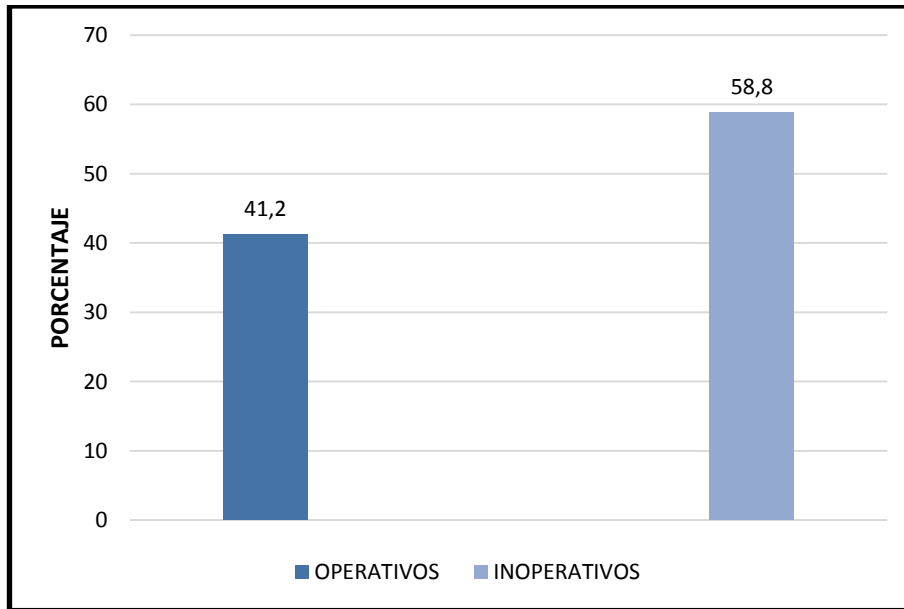


Gráfico 6. Distribución de frecuencias de los equipos de acarreo de acuerdo a sus condiciones de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Se observa que las empresas larenses estudiadas cuentan con 17 camiones, de las cuales sólo 7 se encuentran operativos; mientras que la mayoría representada por 10 está inoperativos, como se visualiza en el Gráfico 6. Resalta al igual que en el caso de los equipos de carga, los tiempos de reparación alcanzan lapsos en extremo prolongados, debido según información suministrada por las empresas, a la falta en el mercado o escasez de repuestos en los almacenes de las empresas y en las casas proveedoras. De igual forma, es importante mencionar que en el estado Lara el acarreo del material, en su mayoría, es realizado por empresas cooperativas externas a las productoras o procesadoras de material, por lo que se cuenta con exigua información sobre las condiciones, estatus y reparaciones de los camiones

4.4.4 Equipos Auxiliares:

Durante el recorrido realizado a las empresas entrevistadas, se pudieran localizar diez (10) equipos empleados en operaciones unitarias auxiliares, tales como: tractores, motoniveladoras y mototrillas, las cuales pueden detallarse en la tabla 31 y gráfico 7.

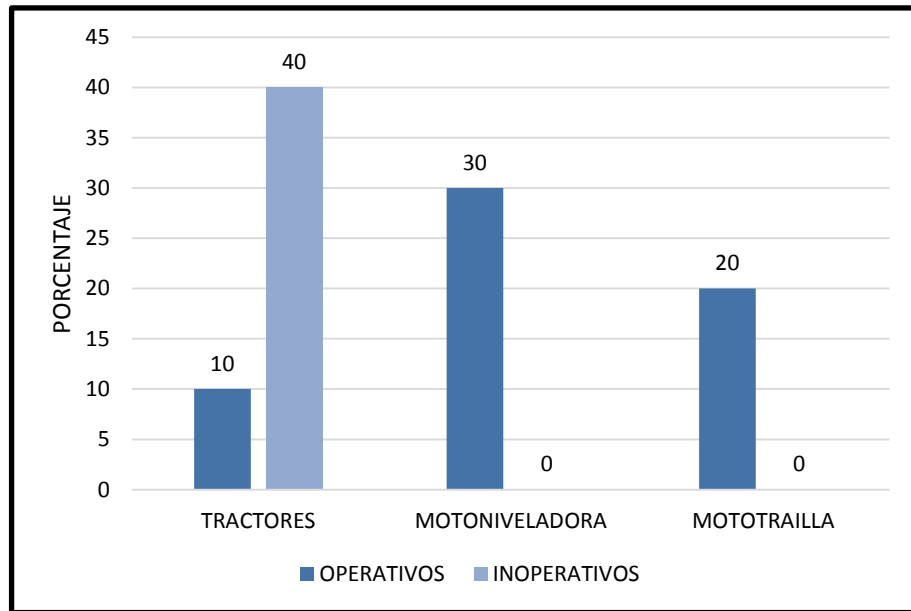


Gráfico 7. Distribución porcentual de los equipos auxiliares según sus condiciones de funcionamiento.

Fuente: Elaboración propia.

Los equipos auxiliares disponibles en las empresas evaluadas fueron 5 tractores, 3 motoniveladoras y 2 Mototraillas. En la Tabla 31 se evidencia que la mayoría de los 6 equipos auxiliares, se encuentran operativos; sin embargo, en el caso de los tractores la situación es crítica ya que 4 de 5 están inoperativos. Resalta también, que la totalidad de las motoniveladoras y las Mototrailla se encuentran operativas. Al igual que en los casos anteriores, el período de inoperatividad está condicionado a largas esperas por repuestos.

Finalmente, siguiendo las variables que evalúa el instrumento CEMCA modificado se presenta el número de equipos nuevos y usados que poseen las empresas evaluadas.

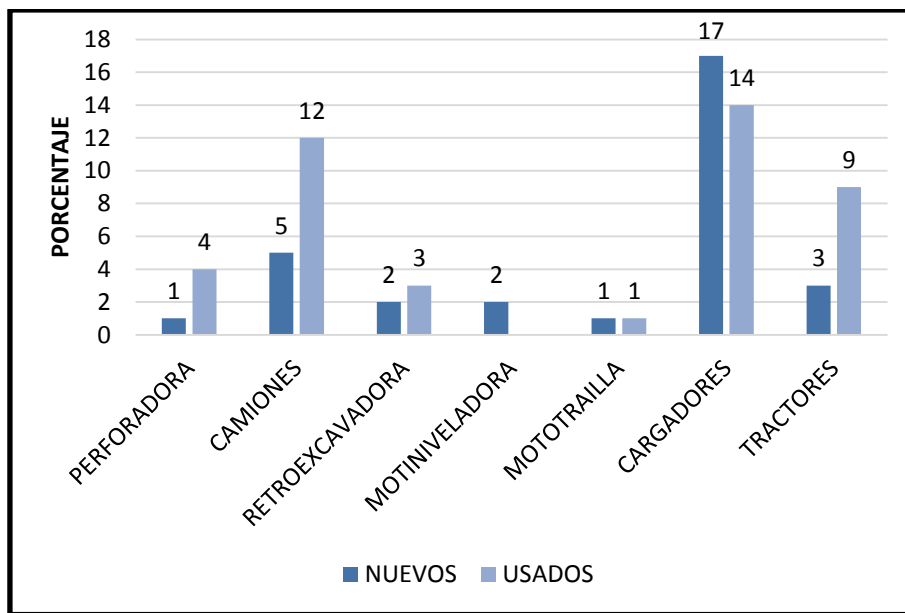


Gráfico 8. Número de equipos adquiridos nuevos o usados
Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en el Gráfico 8 la mayoría de los equipos adquiridos eran de segunda mano o usados, situación que podría incidir sobre la vida útil de los mismos, dependiendo del mantenimiento que hayan recibido y el tiempo, tipo e intensidad del trabajo ejecutado.

4.4.5. Fallas recurrentes de los equipos del estado Lara

En la presente sección se presentan los tipos y frecuencia de las averías de los equipos, con el fin de conocer el comportamiento de éstas y qué relación guardan con la disponibilidad o estatus en que se encuentran los equipos. A tal efecto las fallas se clasificaron en: estructurales, hidráulicas y mecánicas.

En este orden de ideas, las fallas estructurales se describen en el Gráfico 9.

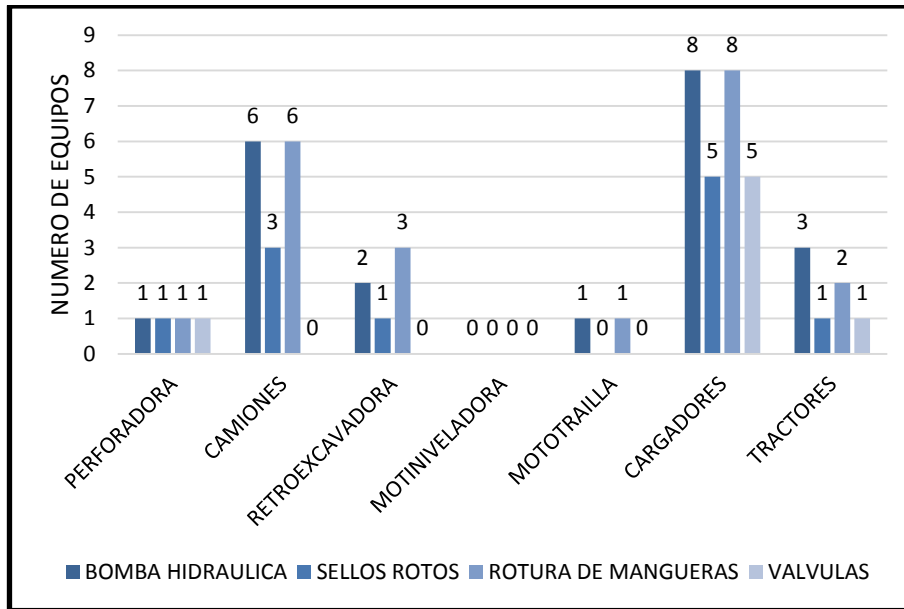


Grafico 9. Diferentes fallas hidráulicas encontrada en los equipos evaluados
Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico 7 se observa que las fallas de tipo hidráulico que presentan los equipos se centran en: bomba hidráulica, rotura de mangueras y sellos rotos, siendo los cargadores y los camiones aquellos que presentan mayor número de averías de este tipo. En relación a estos datos vale la pena mencionar que: estos dos tipos de máquinas son los más numerosos en el estado y, además, son los que presentaron mayores horas de uso continuo. Las averías que presentan las máquinas se deben a su uso durante 7 u 8 horas diarias, con carencia de mantenimiento preventivo, aunado al tiempo de adquisición de los mismos. Según lo observado en campo; estos equipos pueden permanecer en estatus de reparación por un período de entre 3 a 5 meses, debido a la mayor parte del tiempo la dificultad para la adquisición de repuestos. Es por ello, que la reparación de estas máquinas se realiza de manera improvisada y utilizando como repuestos aquellos componentes de otras máquinas inoperativas.

A continuación, en la Grafica 10 se presentan las fallas estructurales a continuación:

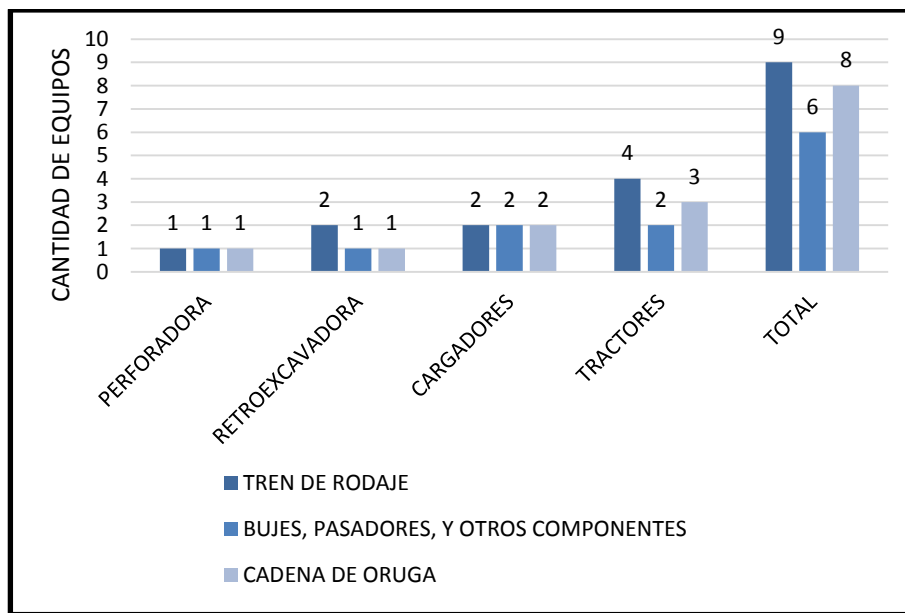


Grafico 10. Fallas estructurales de los equipos evaluados
 Fuente: Elaboración propia

Según información suministrada por el personal a cargo de las minas visitadas, las fallas estructurales se presentan cada dos (2) a cinco (5) meses y son las siguientes: desgaste en bujes y pasadores, así como otros componentes de estos sistemas y deformación de pasadores y averías en el tren de rodaje. La primera y tercera falla se presenta por la falta de revisión frecuente; mientras, en el caso del tren de rodaje las fallas se originan por la falta de ajustes en la tensión de las cadenas y anomalías en el piso de frentes de extracción. Según lo comentado por las personas entrevistadas, las causas de estas fallas van desde los excesos en la capacidad de los equipos, la operación por parte de personal que no está suficientemente calificado para operar dichos equipos y el desgaste propio que ocurre en estas maquinaria; así mismo han sugerido que estos daños podrían minimizarse con un programa de mantenimiento preventivo y planificado, personal mejor preparado y un uso eficiente de los equipos. Para el momento de la entrevista, los equipos presentaban daños en tren de rodaje y cadena de orugas, debido a que en la mayoría de los casos esto sucede por las numerosas horas de trabajo a que son sometidos para el logro de la meta de producción.

Por otra parte, en el Gráfico 11 se presentan las fallas mecánicas.

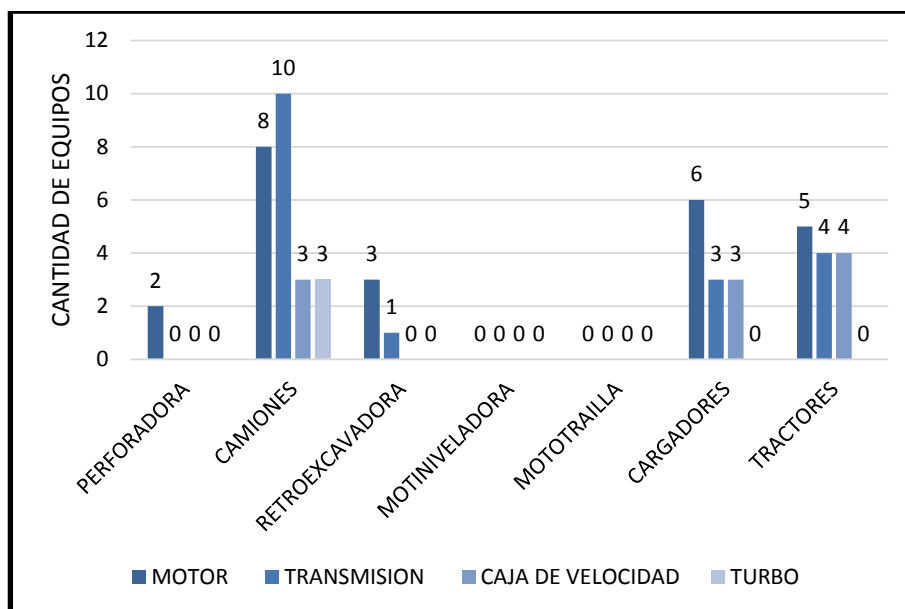


Gráfico 9. Fallas mecánicas reportadas en los equipos encontrados.

Fuente: Elaboración propia.

En el Gráfico anterior se muestran las fallas mecánicas más comunes reportadas en las encuestas en las que se encuentran: averías en el motor, caja de velocidad y turbo, entre otras. Las causas que originan su aparición son las irregularidades en las vías de acceso e inadecuadas condiciones de operación que afectan con mayor incidencia a los equipos de acarreo. Las apariciones de fallas en la caja de velocidades y suspensiones pueden deberse a varias causas como: operador con un adiestramiento inadecuado, vías en mal estado, pendientes de acarreo muy fuertes, pronunciadas y cargas excesivas debido a mala combinación de equipos.

Con respecto a los cargadores frontales, tractores de oruga y retroexcavadoras, las fallas mecánicas se presentan por aplicación de poco o nulo mantenimiento, aunado a malas condiciones de operación a las que son sometidos estos equipos, tal como fue observado en la fase de campo. Todo esto se presume que ocurre por: la forma de trabajo de las máquinas, que carece de un plan de mantenimiento sistemático, presionado por los requerimientos en el cumplimiento de la producción (demanda de material) que no responde a una planificación mina ordenada y sistemática.

**CAPÍTULO V:
ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Luego de haber finalizado con el diagnóstico de la situación física en que se encontraban los equipos mineros del estado Lara, durante el estudio realizado el año 2013, se pudo conocer las funciones de estas máquinas en las empresas visitadas, y a la vez disponibilidad, operatividad, fallas más frecuentes, capacidades del operador entre otras, como se expuso en el capítulo anterior.

Todo este análisis se realizó con la finalidad de hacer el estudio de los datos a los cuales se estarán aplicando diferentes herramientas de confiabilidad operacional según corresponda y convenga.

5.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN FÍSICA DE LOS EQUIPOS DEL ESTADO LARA, MEDIANTE EL USO DE HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL

Para la realización de un diagnóstico total, sobre las causas que han llevado a la situación actual de los equipos mineros del estado Lara, se aplicaron Herramientas de Confiabilidad Operacional entre las que se indican: Análisis Causa-Raíz (ACR); Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF); y Análisis de Criticidad (AC). Según sea el caso, se podrá explicar o deducir, el estado físico y confiabilidad de las máquinas de la entidad, con la finalidad de comprender los posibles factores que intervienen y afectan su disponibilidad.

5.1.1 Análisis Causa-Raíz (ACR).

El ACR ha permitido de una manera organizada, delimitar la causa-raíz de los problemas presentados por los equipos críticos que conforman el sistema de máquinas que opera en las minas y canteras del estado Lara, utilizando para ello un árbol lógico de decisión:

1. Definición del problema y sus modos de ocurrencia: una vez recopilada toda la información, se procedió a seleccionar las fallas del problema y a definir los modos de ocurrencia.

El problema representa el primer nivel del árbol lógico, es la razón por la cual se ha realizado este análisis y los modos describen cómo puede ocurrir el problema, es decir

establecen las causas. El problema para cada equipo crítico, es decir: arranque, carga, acarreo y equipos auxiliares; para el cual se tomó en consideración la experiencia y el historial conocido o proporcionado de mantenimiento correctivo para cada equipo involucrado, de manera que los problemas planteados se muestran en la siguiente tabla 32:

Tabla 32. Problema y modos de ocurrencia en equipos críticos.

Fuente: Elaboración propia.

Equipo	Problema (FH/FM)	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
ARRANQUE	Disminución en presión de descarga y desajuste del sistema mecánico.	Grietas en mangueras del sistema Pérdidas de fluidos en bomba del sistema.	Sellos rotos con importantes fugas de presión.	Averías en tren de rodaje, deformación de pasadores y ajuste de tensión de cadenas.	Sistema de válvulas dañado, genera pérdidas de aire.
CARGA	Pérdida significativa de presión en sistema por altas horas de uso.	Roturas en mangueras del sistema, falta de lubricación.	Sellos rotos con altas fugas de presión.	Averías en tren de rodaje, deformación de pasadores y ajuste de tensión de cadenas.	Válvulas faltantes y estropeadas.
ACARREO	Disminución de eficiencia del tiempo de ciclos.	Caja de velocidades con pérdida de lubricante.	Motores con alta fuga de lubricante.	Desgastes en tren de rodaje por malas condiciones de terreno.	Falta de lubricación en sistema de descarga.
EQUIPOS AUXILIARES	Tren de rodaje en mal funcionamiento.	Rodamientos vencidos.	Ajuste del sistema y lubricación.	Fallas progresivas en el motor.	Pérdida de presión por mangueras con averías.

FH: Fallas Hidráulicas.

FM: Fallas Mecánicas.

Con la información de los distintos problemas y las fases de fallas presentadas se empezó a estructurar el árbol lógico de decisión tal como se muestra en la Figura 17.

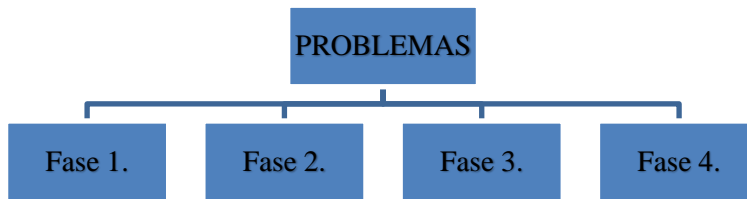


Figura 17. Esquema del problema y los modos de fallas en el árbol lógico
 Fuente: Guía Teórico-Práctico de herramientas técnicas para mejorar la confiabilidad. Confima & Consultores, C.A. (2008)

2. Formular hipótesis para cada fase de falla de ocurrencia: Seguidamente se procede a formular las distintas presunciones para cada modo de falla y a verificar sus causas que permita hacer descartes de ser necesario, esto admite llegar hasta las posibles raíces del problema.

Toda esta información, conjuntamente con la de la Tabla 1 se procedió a completar en el árbol lógico de decisión.

El tipo de las raíces determinadas se mencionan a continuación:

- **Raíz física:** identificada con el color azul en el árbol lógico de decisión, es una causa de falla que envuelve materiales o cosas tangibles (evidentes).
- **Raíz humana:** identificada con el color amarillo en el árbol lógico de decisión, es una causa de falla debida a una intervención inapropiada de un ser humano. Se debe a un error o una violación.
- **Raíz latente:** identificada con el color naranja en el árbol lógico de decisión, la ocurrencia de la falla se debe a la falta o deficiencia que presenta una organización o proceso (reglas, procedimientos, guías, entre otros.).

Como ejemplo, para el caso utilizamos los equipos que se destinan para la explotación minera en esta entidad.

Problema: Disminución de producción por la falta de mantenimientos básicos y carencia de repuestos para el reemplazo de los mismos.

Fase: Averías en el sistema mecánico de los equipos en general.

Hipótesis 1: Pérdidas de fluido en el sistema.

Hipótesis 2: Desajuste y falta de componente en el tren de rodaje.

Hipótesis 3: Carencia de repuesto para su reemplazo.

Hipótesis 4: Malas prácticas por parte de los operadores.

Para la verificación de las hipótesis propuestas se utilizó la siguiente matriz mostrada en la tabla 33 para los equipos de arranque carga y acarreo.

Problema	Hipótesis Propuesta	Método de Verificación	Responsable
Disminución de producción por la falta de mantenimientos básicos y carencia de repuestos para el reemplazo.	Pérdidas de fluido en el sistema.	Visita realizada a las minas y canteras del estado Lara.	Personal entrevistado al momento de la visita.
	Desajuste y falta de componente en el tren de rodaje.		
	Carencia de repuesto para su reemplazo.		
	Mala praxis de los operadores.		

Tabla 33. Matriz de verificación de hipótesis.

Fuente: elaboración propia

Una vez verificadas las hipótesis, se estipularon las posibles raíces del problema; siguiendo el ejemplo anterior se asume:

Hipótesis general: equipos con poco niveles de disponibilidad, debido a la falta de aplicación de técnicas de mantenimiento que pueda generar mayor rendimiento.

Causa-Raíz física general: Falta de mantenimientos adecuados en las empresas visitadas.

Causa-Raíz humana: Errores en las conducciones de los equipos y práctica de malas técnicas en las operaciones.

Causa-Raíz latente 1: Inexistencia de política de revisión y adecuación de planes de mantenimiento.

3. Emitir las recomendaciones: Una vez evaluadas las distintas hipótesis y determinado causa-raíz, se procede a emitir las recomendaciones identificando soluciones y

generando acciones, que permitan mejorar la gestión de mantenimiento. En la Figura 16 se muestra el diagrama general del Árbol lógico de decisión, que se aplicó a los equipos mencionados en este estudio.

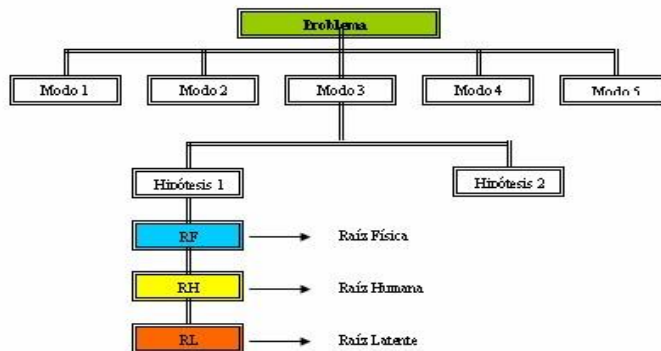
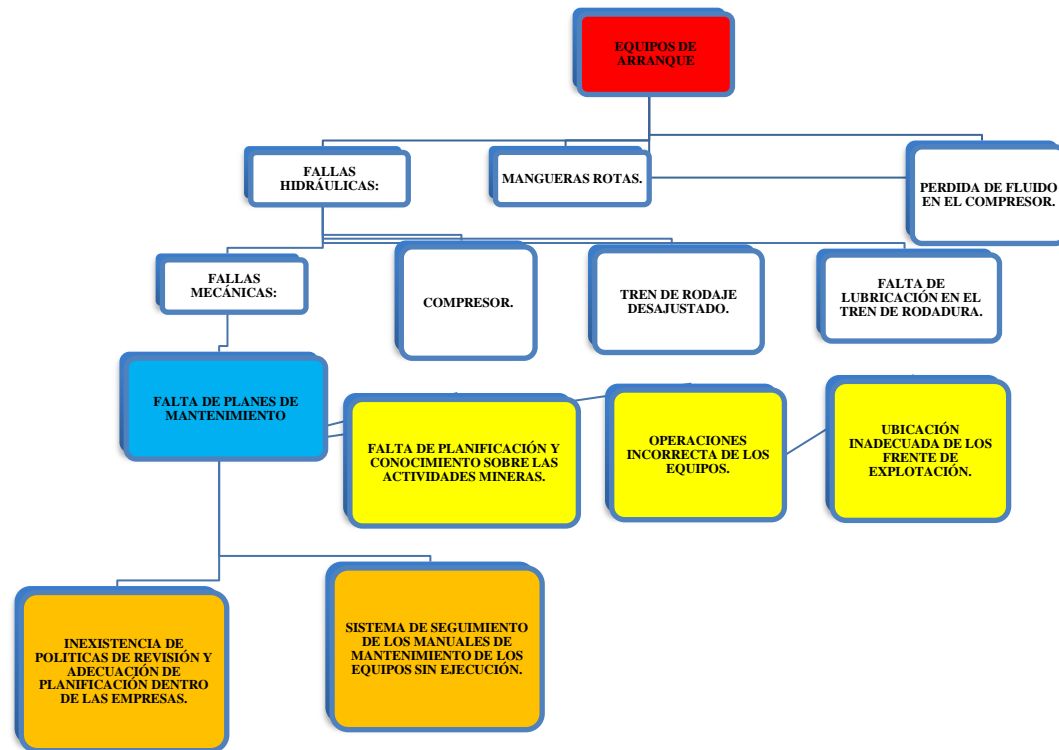


Figura 18. Diagrama general del Árbol lógico de decisión.

Fuente: Guía Teórico-Práctico de herramientas técnicas para mejorar la confiabilidad. Confima & Consultores, C.A. (2008)

Análisis Causa Raíz (ACR): Una vez aplicado el ACR e identificadas los diferentes problemas y fallas de los equipos críticos que conforman el sistema de mina y canteras del estado Lara, se tiene como resultado para cada equipo el Árbol lógico de decisión que se presenta a continuación, como se observa en la figura 18-21:



EVENTO **RAIZ FÍSICA** **RAIZ HUMANA** **RAIZ LATENTE**

Figura 18: Diagrama general del árbol lógico de decisión Equipos de Arranque.

Fuente: Elaboración propia.

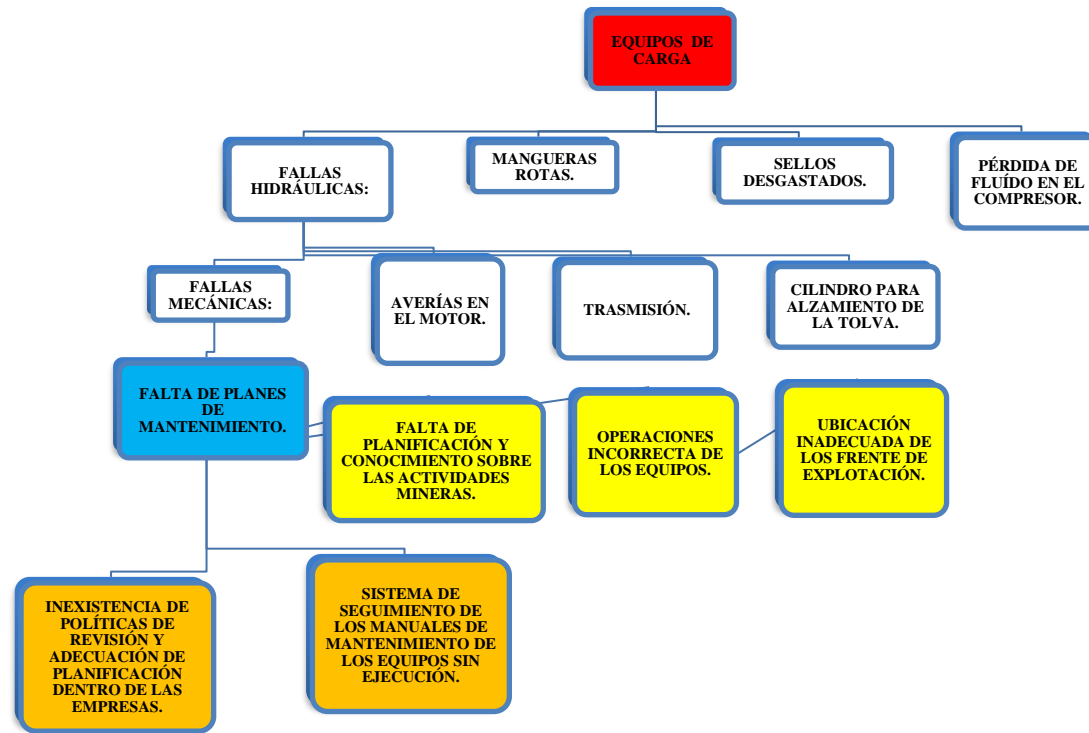
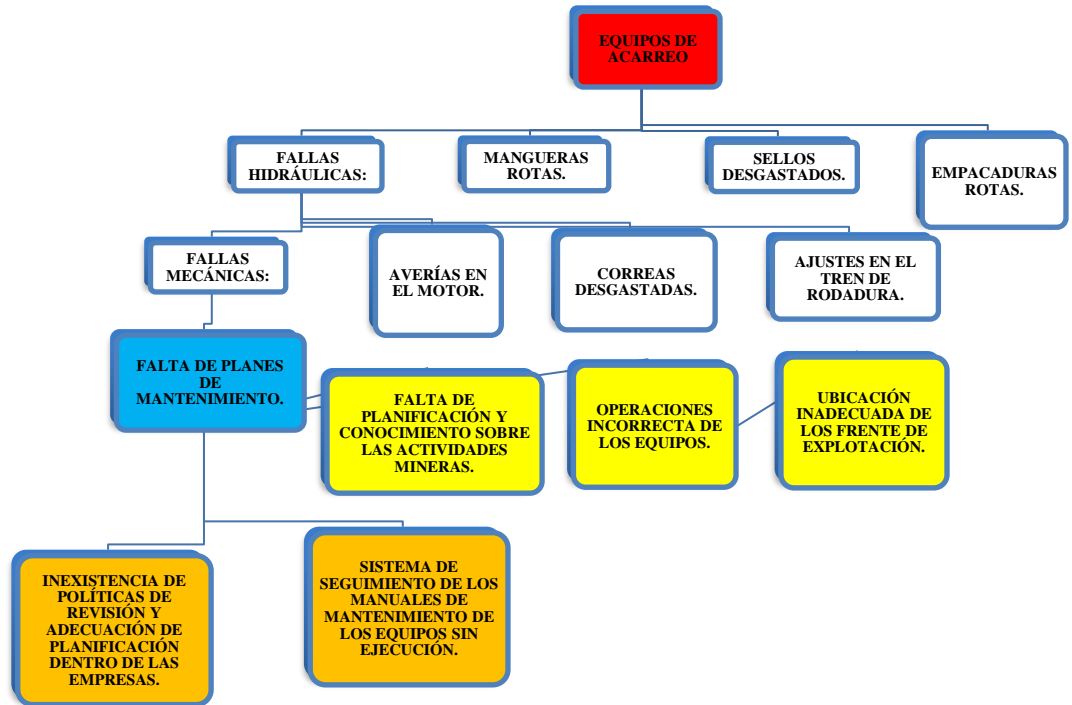


Figura 19: Diagrama general del árbol lógico de decisión Equipos de Arranque.

Fuente: Elaboración propia.



EVENTO
RAIZ FISICA
RAIZ HUMANA
RAIZ LATENTE

Figura 20: Diagrama general del árbol lógico de decisión Equipos de Acarreo.

Fuente: Elaboración propia.

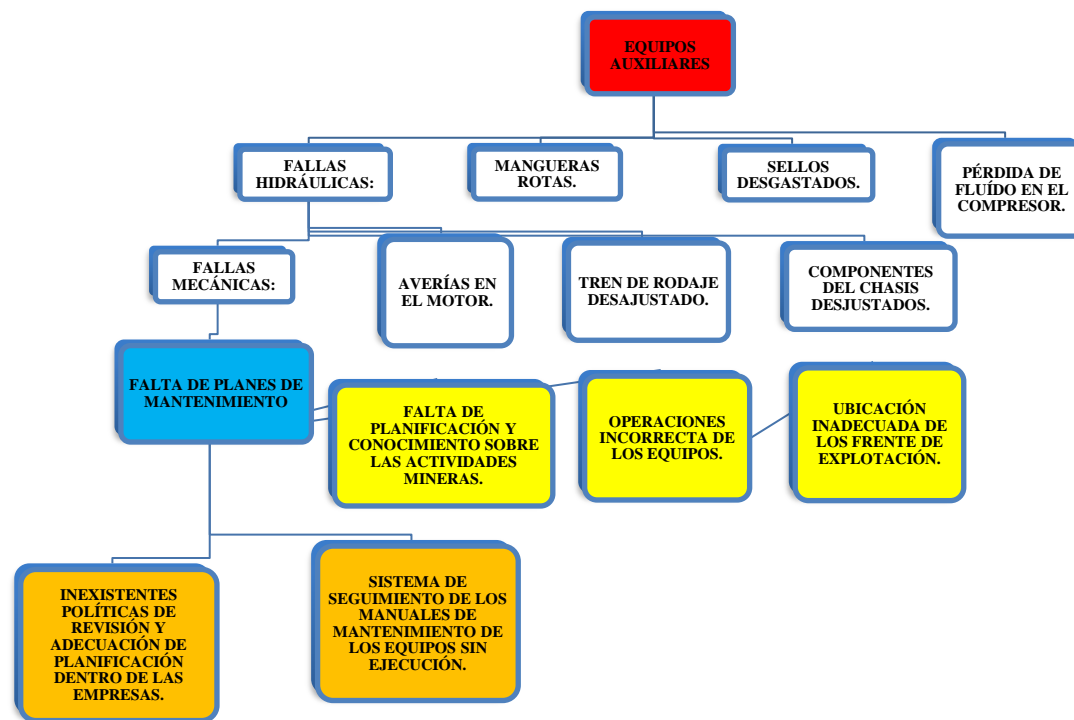


Figura 21: Diagrama general del árbol lógico de decisión Equipos de Auxiliares.

Fuente: Elaboración propia.

5.1.2 Análisis de criticidad.

Para la realización de este análisis se recurrió al manual creado por Repsol YPF de nombre “Estudio de criticidad de equipos 2005”, el cual asume la siguiente metodología para este estudio, al 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 maniobra de mantenimiento para el 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:

- 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: a la que se somete al equipo respecto a su capacidad nominal.
- Régimen: horario de trabajo al que es sometido el equipo.
- fff (factor de frecuencia de fallas): cuantifica la influencia de todas las variables de frecuencia de fallas.

Este instrumento propone las siguientes evaluaciones:

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

En la fórmula anterior, se tiene que evaluar 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 (Tabla 34):

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

Tabla 34. Valor de criticidad estudiado en el análisis causa-raíz.

Fuente: Elaboración propia.

Los valores mostrados en la Tabla 35, son resultado del cálculo de criticidad apoyados por la probabilidad de ocurrencia y el impacto que generan en la producción, esto permite jerarquizar para los equipos un indicador de falla, que permite asignar el riesgo proporcionado en la investigación.

Tipo de falla	Falla	PROD	COP	stby (días)	MAS	fff	CR
HIDRÁULICA	Bomba hidráulica.	0,45	0,10	60	0,23	1	33,23
	Rotura de mangueras.	0,45	0,05	40	0,23	0,9	18,21
	Compresor.	0,45	0,10	60	0	0,9	29,70
	Sellos rotos.	0,23	0,05	60	0	0,8	13,44
ESTRUCTURAL	Tren de rodaje.	0,45	0,10	80	0,45	1	44,45
	Componentes de la oruga.	0,45	0,10	120	0,45	1	66,45
	Cabina del operador.	0,23	0,05	30	0,23	1	8,63
MECÁNICA	Motor.	0,45	0,10	150	0	0,8	66
	Transmisión.	0,45	0,10	150	0,23	0,9	74,46
	Turbo.	0,23	0,10	100	0,45	0,8	26,76

	Caja de velocidades.	0,23	0,10	100	0,23	0,8	26,58
	Frenos.	0,45	0,05	50	0,45	1	25,45

Tabla 35. Cálculo de análisis de criticidad.

Fuente: Elaboración propia.

Este método de selección de componentes o equipos susceptibles a fallas, fijan las pautas que deben usarse como metodología para la mejora continua, ya que los análisis se retroalimentan con el historial de los equipos; si la frecuencia de falla disminuye y aumenta la vida útil, debe repetirse el análisis para tratar de alargar los plazos de inspección o recambio con miras a una disminución de los costos de producción. Si por el contrario, la frecuencia de falla no disminuye, entonces debe revisarse las premisas iniciales del análisis, para identificar las causas exactas que inciden negativamente en la reducción de fallas, recordando siempre que el ciclo de mantenimiento preventivo se inicia y se cierra en el mismo punto.

Para ello se expone el grafico 10 dónde se identifica con más claridad el análisis.

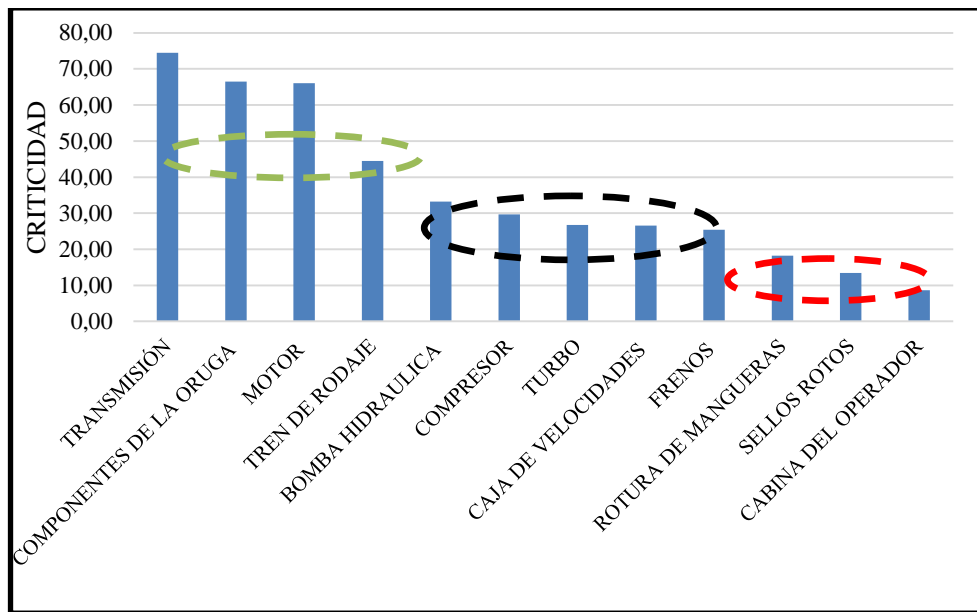


Gráfico 10: Análisis de criticidad de fallas.

Fuente: Elaboración propia.

- **Criticidad Mayor:** Representa el nivel dónde se debe aplicar un mantenimiento correctivo de inmediato para reparar las fallas en la brevedad posible.

- **Criticidad Media:** Las labores de mantenimiento tienen menos prioridad que el anterior, pero de igual manera se deben de implementar metodologías para resolverla y así lograr mantener los niveles de producción.
- **Criticidad Menor:** Son la de bajo riesgo dónde las tareas de mantenimiento se gerencia en base a la disponibilidad presupuestaria.

5.1.3 Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF).

De acuerdo con el Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), realizado con el fin de sintetizar las causas y formas de manifestarse cada una de las diferentes tipos de fallas en los equipos, de modo de establecer prioridades y acciones pertinentes para la eliminación o disminución de las frecuencias en la ocurrencia de averías como se evidencia en la tabla 36-39.

Tipo de fallas	Fallas Funcionales	Causas	Consecuencias
Sistema hidráulico	Bombas hidráulicas. Rotura de mangueras. Sellos rotos. Válvulas.	Fatiga por exceso de trabajo. Falta de repuestos. Utilización de repuestos inadecuados.	Inoperatividad del equipo. Paradas imprevistas. Pérdida de producción. Aumento de los costos operativos. Poca fuerza de penetración en la excavación.
Estructurales	Cadena de oruga. Tren de rodaje. Bujes, pasadores y otros componentes.	Falta de ajustes en la tensión de las cadenas. Anomalías en el piso de los frentes de extracción. Fatiga por exceso de trabajo. Condiciones del lugar de trabajo muy irregulares.	Paradas imprevistas del equipo. Dificultades al momento del arranque directo del material.
Mecánicas	Motor. Trasmisión. Caja de velocidad.	Operador mal adiestrado. Vías en mal estado. Falta de planificación de la producción. Inadecuadas condiciones de operación. Falta de mantenimiento.	Bajo rendimiento del equipo. Falta de potencia a la hora del trabajo. Pérdidas de producción. Paradas de equipos. Aumento de costos operativos.

Tabla 36. Matriz de fallas para los equipos de arranque.

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de falla	Fallas funcionales	Causas	Consecuencias
Sistema hidráulicos	Bombas hidráulicas. Rotura de mangueras. Sellos rotos. Válvulas.	Fatiga por exceso de trabajo. Falta de repuestos. Utilización de repuestos inadecuados.	Inoperatividad del equipo. Paradas imprevistas. Pérdida de producción. Aumento de los costos operativos.
Estructurales	Cadena de oruga. Tren de rodaje. Bujes, pasadores y otros componentes.	Falta de ajustes en la tensión de las cadenas. Anomalías en el piso de los frentes de extracción. Fatiga por exceso de trabajo. Condiciones del lugar de trabajo muy irregulares.	Paradas imprevistas del equipo. Aumento de costos operativos. Bajo rendimiento del equipo.
Mecánicas	Motor. Trasmisión. Caja de velocidad.	Operador mal adiestrado. Vías en mal estado. Falta de planificación. Falta mantenimiento.	Bajo rendimiento. Pérdidas de producción. Paradas equipos. Aumento costos operativos.

Tabla 37. Matriz de fallas para los equipos de carga.

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de falla	Fallas funcionales	Causas	Consecuencias
Sistemas hidráulicos	Bombas hidráulicas. Rotura de mangueras. Sellos rotos.	Fatiga por exceso de trabajo. Falta de repuestos. Utilización de repuestos inadecuados.	Inoperatividad del equipo. Paradas imprevistas. Pérdida de producción. Aumento de los costos operativos. Pérdida de fluido hidráulico. Consumo excesivo de aceite.
Mecánicas	Motor. Trasmisión. Caja de velocidad. Turbo.	Operador mal adiestrado. Vías en mal estado. Falta de planificación de la producción. Inadecuadas condiciones de operación. Falta de mantenimiento.	Bajo rendimiento del equipo. Pérdidas de producción. Paradas de equipos. Aumento de costos operativos. Falta de potencia.

Tabla 38. Matriz de fallas para los equipos de acarreo.

Fuente: Elaboración propia.

Tipo de falla	Fallas funcionales	Causas	Consecuencias
Sistema hidráulico	Bombas hidráulicas. Rotura de mangueras.	Fatiga por exceso de trabajo. Falta de repuestos. Utilización de repuestos inadecuados.	Inoperatividad del equipo. Paradas imprevistas. Pérdida de producción. Aumento de los costos operativos.

Tabla 39. Matriz de fallas para los equipos auxiliares.

Fuente: Elaboración propia.

Como se demuestra en las tablas 36 a la 39, existen fallas que son comunes a todos los equipos, independientemente del uso o finalidad que tenga. Las fallas de los sistemas hidráulicos pueden ocasionar una pérdida importante en la potencia de los equipos, al momento de efectuar el arranque directo y levantamiento del material; por ende, la producción se ve afectada debido a que, estos equipos son los encargados de garantizar la disponibilidad de material producto de la extracción del mineral. Las fallas estructurales afectan partes y piezas de los equipos, que pueden y son vitales para el desempeño correcto del arranque y carga del material. De igual manera, los desgastes de bujes y pasadores, influyen en el movimiento libre del cucharón y balde, lo que conlleva a que las metas de producción establecidas no se cumplan.

Por su parte, el desgaste de las orugas, inciden en la facilidad de desplazamiento de las excavadoras, lo que puede conducir a un aumento en el costo de reparación y paradas imprevistas y prolongadas. Por último, los desperfectos en motores, transmisión y caja de velocidad pueden incidir en el desplazamiento libre y seguro de las máquinas, ocasionando pérdidas en la producción y la presencia de equipos inoperativos o fuera de servicio; es decir, equipos que están por largos períodos de tiempo sin ser operados para fines de la producción.

Un aspecto significativo en el caso de los equipos evaluados es el largo periodo (económico) de vida útil de muchos de estos, hecho que, aunado a la falta de mantenimiento preventivo que se evidenció en la mayoría de las empresas, así como el uso inadecuado y operadas por personal insuficientemente adiestrado en las maquinarias que utiliza, representa una incidencia negativa en el rendimiento de los equipos y por ende, sobre la producción de las empresas. Con respecto al mantenimiento inadecuado es preciso

recordar que, en algunas empresas refirieron que esta actividad también es realizada por el operador de la máquina y en otros casos, por el dueño o encargado en la organización.

CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones más relevantes del estudio.

- Para el momento de la aplicación de CENCA modificada existían cerca de 25 empresas registradas que tenían permiso vigente en el Servicio Autónomo de Administración Tributaria del estado Lara (SAATEL) dedicadas a la actividad minera; de estas sólo diez (10) estaban activas para el momento de la visita, ya que las otras 15 no contaban con los permisos correspondiente para la extracción de material.

- Estas empresas poseían 77 equipos para la labores de minería distribuidas de la siguiente manera: 19 (25%) equipos de arranque, 31 (40%) de carga, 17 (22%) de acarreo y 10 (13%) máquinas auxiliares. Las empresas que poseen la mayor variedad de equipos son la VCCA, ACMS y AVRCA.

- Las fallas que presentan los equipos de arranque y de carga fueron de tipo: hidráulico, mecánico y estructural; mientras que en los equipos de acarreo: sistema hidráulico y mecánicas; y de los sistemas auxiliares se centraron en el sistema hidráulico. Las averías de tipo hidráulico identificadas fueron daños de la bomba hidráulica, rotura de mangueras y sellos, siendo los cargadores y los camiones los que mayor número de inconvenientes presentaron. Las anomalías estructurales fueron desgaste en bujes y pasadores, así como otros componentes; deformación de pasadores y averías en el tren de rodaje, siendo las de tipo mecánicas el motor, caja de velocidad y turbo. Cabe destacar que dichas irregularidades se presentan por el uso progresivo (exceso de horas de trabajo) de los equipos y la falta de paradas para la aplicación de sus respectivos mantenimientos.

- Los equipos de beneficio mineral encontrados en el estado son: trituradoras de mandíbulas, clasificadoras y cono giratorio, para operaciones de disminución de tamaño primario, secundario y terciario con salidas de 2" a 1", 3 mm a 20 mm y 3 mm. a 20 mm respectivamente. El estatus en que se observaron es bueno, en donde las fallas más comunes son: desgaste en los tamices de las clasificadoras, deterioro en los forros de las mandíbulas causados por agentes contaminantes en los materiales.

- Con la construcción del árbol lógico de toma de decisiones se pudo evidenciar que los factores más resaltantes de las averías están: aplicación de un plan de mantenimiento, falta de rastreo a averías e inadecuado uso de la máquina por parte de los operadores. Otro elemento que tuvo importante dominio es la calidad y acceso a la compra de repuestos afectando esta la productividad de las empresas.

- En lo que respecta al Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), resaltó que las fallas hidráulicas de los equipos se asociaron a fatiga por exceso de trabajo, falta de repuestos y utilización de repuestos no adecuados. De modo que, las consecuencias más significativas fueron la inoperatividad del equipo, las paradas imprevistas, pérdida de producción y aumento de los costos operativos. Por otro lado, las estructurales tuvieron como causas la falta de ajustes en la tensión de las cadenas, anomalías en el frente de extracción, fatiga por exceso de trabajo y condiciones del lugar muy irregulares; siendo las consecuencias más significativas las paradas imprevistas del equipo y la dificultad al momento de hacer el arranque directo del material. Las irregularidades mecánicas se asociaron al operador mal adiestrado, vías en mal estado, falta de planificación de la producción, inadecuadas condiciones de operación y falta de mantenimiento. De tal manera que, las consecuencias son bajo rendimiento del equipo, falta de potencia a la hora del trabajo, pérdidas de producción, paradas de los equipos y aumento de los costos operativos.

- Finalmente, se realizó el Análisis de Criticidad de las fallas recurrentes de los equipos, evidenció que la falla estructural de la cadena de oruga y todas las mecánicas identificadas como: daños en el motor, la transmisión, la caja de velocidad y el turbo, presentaron un nivel crítico. El nivel de criticidad de las fallas en la cadena de oruga se asoció a la periodicidad de las fallas, el impacto ambiental y la demora en las reparaciones y entrega de equipos. Mientras que la criticidad de las fallas mecánicas se deben al efecto sobre la productividad, la falta de repuestos y los altos costos de las reparaciones. De modo que, esta situación origina un impacto sobre la producción y un aumento en los costos operativos.

- Las fallas hidráulicas presentes y las roturas de las mangueras, se clasificaron con semi-críticas; al igual que la falla estructural del tren de rodaje, asociándose su criticidad a la frecuencia de ocurrencia, el impacto sobre la producción, el costo y la falta de repuestos para las reparaciones. Las fallas en los bujes, pasadores y otros componentes, así como los sellos rotos fueron catalogados como no críticos, por lo que no requieren medidas de intervención inmediata, pero es preciso subsanarlas, por las consecuencias que producen en otros componentes de los equipos.

RECOMENDACIONES

- En función de las conclusiones emanadas del estudio, a continuación se sugieren una serie de acciones para contribuir a subsanar la problemática detectada, entre estas, que se pueda generar acuerdos entre el Gobierno nacional y los empresarios, de modo que se pueda tanto concientizar sobre la importancia de mantener o crear fondos (depreciación) para la reposición de maquinaria y compra de repuestos, así como la facilitación en la adquisición de divisas para la importación del material requerido.

Una vez creado el mecanismo anteriormente propuesto, es necesario cumplir una adecuada planificación de los procesos de reposición de repuestos, a fin de garantizar un *stock* en el almacén que permita realizar tanto un mantenimiento preventivo, como las reparaciones de fallas mayores. A tal efecto, es conveniente que las empresas elaboren una base de datos para automatizar la información acerca del equipo, las fallas más comunes, la fecha de la avería y tiempo de reparación. En este ámbito, el rol del Gobierno nacional puede ser de facilitador en la aplicación de planes que faciliten la realización de estos procesos.

- Para el manejo de estas consecuencias, se indica el diseño y puesta en práctica de la planificación del mantenimiento, el cual si es preventivo mejor, aplicable a todos los equipos con el fin de disminuir el número de paradas imprevistas y por ende, evitar la disminución de la producción, garantizando también una mayor vida útil de los equipos.

- De igual forma, se recomienda llevar a cabo programas de capacitación continua del personal de mantenimiento, que permita garantizar la calificación para ejecutar de manera adecuada estas labores. Paralelamente, es preciso crear conciencia entre el personal acerca de la importancia del uso correcto de los equipos por parte de los operadores. Para ello se sugiere crear sistema educativo para este sector, como parte del bienestar social que es responsabilidad de las empresas mineras.

- Además, sería oportuno realizar planes de actualización (cambio o reemplazo) de los equipos y procesos que se desarrollan, a fin de ajustarlos a las nuevas tecnologías y

requerimientos (sobre todo en lo ambiental y de seguridad). En tal sentido, es pertinente desplegar acciones para producir un acercamiento del sector minero con los distribuidores de equipos, de modo de mantener informados a los empresarios sobre las últimas innovaciones tecnológicas en las respectivas áreas y para conocer sobre las necesidades específicas de repuestos y asesoramiento técnico.

- Adelantar acciones para el mejoramiento de las vías y las condiciones de trabajo que eviten imponer esfuerzos a los equipos y disminuir las fallas en los mismos, aunado a esto, efectuar estudios periódicos para evaluar el estado de los equipos y valorar la eficacia de las medidas correctivas aplicadas.

BIBLIOGRAFIA

Garrido Z., Marianne L. (2011). “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”. T.E.G. Inédito Universidad Central de Venezuela.

Morales F, Juan L. (2011). “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”. T.E.G. Inédito Universidad Central de Venezuela.

Rivas C., José E. (2011). “Diagnóstico de la situación y estado físico de la maquinaria que opera en las actividades mineras a cielo abierto de los estados Zulia y Falcón en el año 2011”. T.E.G. Inédito Universidad Central de Venezuela.

Rodríguez P., Yexi M. (2012). “Análisis del estado físico de los equipos que operan en minas a cielo abierto en los estados Guárico y Anzoátegui”. T.E.G. Universidad Central de Venezuela.

Navas, J. (2011). “Diagnóstico de las condiciones física de los equipos que operan en las actividades mineras a cielo abierto en el estado Bolívar”. T.E.G. Inédito Universidad Central de Venezuela.

Carrero, J. (2013). “Análisis de las condiciones físicas de equipos mineros del estado Mérida, empleando herramientas de confiabilidad”. T.E.G. Inédito Universidad Central de Venezuela.

Porras, M. (2014). “Estudio de las condiciones físicas de los equipos que operan en las empresas mineras del estado portuguesa mediante el uso de herramientas de confiabilidad operacional”. T.E.G. Inédito Universidad Central de Venezuela.

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

Mapa político de Venezuela con todos sus estados y capitales.
<http://enlaescuelapublica.blogspot.com> fecha de consulta: noviembre del 2013.

Mapa de todos los municipios que conforman el estado Lara.
<https://www.google.co.ve/search?q=municipios+del+estado> fecha de consulta: enero del 2014.

Villanueva A., Alex (2003).- “Guía de Laboreo A Cielo Abierto”. Inédito.

Bastida G, Marino Q (2003). “Desarrollo de un plan de mantenimiento en una planta torrefactora de café bajo la filosofía de confiabilidad operacional”. T.E.G. Universidad Central de Venezuela.

Suárez, Diógenes. (2001). “Manual Práctico de Mantenimiento Mecánico”. Universidad de Oriente, Puerto La Cruz, estado Anzoátegui.

Léxico estratigráfico (<http://www.pdv.com/lexico/>) fecha de consulta noviembre del 2013.

Herrera, J (2006) Métodos de minería a cielo abierto. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.

Jesús M (2009). “Propuesta para el incremento de la confiabilidad de los equipos críticos, basado en un análisis causa raíz”. Caso: sistema de alimentación de agua de calderas de una planta productora de metanol. T.E.G. Inédito universidad de Oriente.

Ríos Rosas, (1995). “Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto”. Instituto Tecnológico Geominero de España.

Mamani L. Richard (2001). “Maquinarias y Equipos para Minería y Construcción”.

Nava J. (2001). “Teoría del Mantenimiento. Fiabilidad”. Editado por Consejos de Publicaciones de la Universidad de los Andes, 2 da Edición. Estado Mérida.

Repsol YPF (2005). “Ingeniería de Mantenimiento - STAFF TECNICO ABB”.
Disponible en: <http://www.oilproduction.net/jornadasiapg/files/Sesion-1-Analisis%20de%20criticidad%20de%20equipos%20E.pdf>. Consulta [2013 Junio 20].

ANEXO 1

Modelo del Instrumento de medición tomado y modificado de Garrido 2012.

ANEXO 2

Tablas de resultados de la investigación.

