

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE EQUIPOS MINEROS DEL
ESTADO MÉRIDA, EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD
OPERACIONAL PARA EL AÑO 2013.**

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el bachiller: **José G, Carrero R.**
Para optar al título de:
Ingeniero de Minas

Caracas, noviembre del 2013.

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE EQUIPOS MINEROS DEL ESTADO MÉRIDA, EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL PARA EL AÑO 2013.

Tutora Académica: Profa. Aurora Piña.

Presentado ante la ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el bachiller: **José G, Carrero R.**
Para optar al título de:
Ingeniero de Minas

Caracas, noviembre del 2013.

DEDICATORIA

Dedico este logro a Dios y a la vida por darme otra oportunidad y permitir alcanzar esta meta, que a pesar de los obstáculos y adversidades existentes a lo largo del camino, pude encontrar el norte correcto y cumplir este objetivo.

A mi abuela Gregoria Rivas, gracias por tu apoyo, ya tienes un Nieto Ingeniero.

A mis familiares cercanos, por haber creído en mí en cada momento y brindarme el apoyo necesario para alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

AGRADECIMIENTOS

A la Ilustre Universidad Central de Venezuela, por darme la oportunidad de formar parte de ella y haberme formado como profesional.

Agradezco a la profesora Aurora Piña, por haberme dado la oportunidad de realizar esta investigación, permitiendo ampliar mis conocimientos al explorar un campo nuevo e interesante y por todo el interés puesto en la misma.

A mi prima Alix Medina, mis tías Nancy Rivas y Rosalba Rivas y demás integrantes de mi familia, que sin importar el orden, han sido un apoyo incondicional e importante en el logro de esta meta, sin ustedes nada hubiese sido posible.

A mi novia Elvi Mar Montero, quién ha sido una persona importante en esta etapa de mi vida y ha estado de manera incondicional siempre que he necesitado de sus consejos y apoyo.

A la Ing. Yelitza Contasti, por brindarme su apoyo incondicional y darme sus consejos para seguir adelante.

A todo el personal de la División de Promoción Académica de la Facultad de Ingeniería UCV, en especial al Lic. Jorge Boada, por todo su apoyo y colaboración durante toda mi carrera.

A la Dirección de Tesorería de la Gobernación del estado Mérida en especial, al grupo que conforma el Departamento de Minería, T.S.U José Perozo, Abogado Henry Rosales, T.S.U María Molina y Licenciado Medardo Monsalve, quienes hicieron posible la ejecución de las visitas a las empresas.

A todas las empresas vinculadas en esta investigación, por su colaboración prestada e interés al suministrar la información solicitada.

Carrero R, José G.

ANÁLISIS DE LAS CONDICIONES FÍSICAS DE EQUIPOS MINEROS DEL ESTADO MÉRIDA, EMPLEANDO HERRAMIENTAS DE CONFIABILIDAD OPERACIONAL PARA 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, 155 páginas.

Palabras claves: canteras-Mérida (estado), Minería a Cielo Abierto-Censo (CEMCA), Equipos mineros-Evaluación técnica, Equipos mineros-Confiabilidad, Estadística-Herramientas de Confiabilidad.

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. El desconocimiento de esta información, representa un problema para el ente gubernamental regulador de este sector; proveedores de partes y repuestos y principalmente para las empresas.

Para la recolección de información, se aplicó una encuesta (CEMCA modificada) a las empresas, pudiéndose recopilar datos relacionados a las condiciones de los equipos y fallas recurrentes en éstos.

En los resultados obtenidos, se pudo apreciar la presencia de 67 equipos disponibles y 46 en reparación del total, pertenecientes a las marcas Caterpillar, John Deere y Mack. Entre las fallas recurrentes tenemos: FSH (rotura de mangueras y sellos); FE (desgastes de bujes, pasadores y orugas); FM (reparaciones de motores, suspensión y rodamientos de punta de ejes) y FEM (arranque y electro-ventilador).

Para el análisis de los resultados se emplearon Herramientas de Confiabilidad Operacional tales como: Causa-Raíz, Análisis del Modo y Efecto de Fallas y Análisis de Criticidad, con la finalidad de hacer un diagnóstico de las condiciones operacionales de los equipos y determinar los factores que afectan de manera directa e indirecta la disponibilidad de éstos.

Se determinó que los equipos presentaban fallas similares de manera recurrente, las cuales se vieron afectadas por factores directos como: mantenimientos inadecuados llevados a cabo por las empresas, sobreestimación de las capacidades nominales y manejo impropio de los operadores, irregularidades en los frentes y vías de acarreo y de manera indirecta: poca disponibilidad en *stock* de repuestos por parte de los proveedores, entre otras.

Se concluye que las piezas empleadas en los equipos para llevar a cabo el arranque, no corresponde con las características físicas del material a producir, lo que incide en la frecuencia de fallas, por su parte, las empresas carecen de mantenimientos preventivos adecuados y recomendados por los fabricantes de equipos, por lo que se recomienda, tener una relación más estrechas con éstos para disminuir las demoras en reparación y los costos de operación, para aumentar la producción.

ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN	3
Planteamiento del Problema.	4
Objetivos de la Investigación.....	5
Objetivo General	5
Objetivos Específicos.....	5
Justificación	6
Alcance	7
Limitaciones.....	7
CAPÍTULO II	8
MARCO TEÓRICO	8
Antecedentes de la Investigación.....	9
Bases Teóricas	11
Ubicación geográfica del área de estudio.....	11
Descripción litológica del estado mérida.	13
Región Panamericana.....	13
Región Mocotíes	13
Región Metropolitana	13
Región Páramo.....	13
Análisis de sedimentos de la parte alta y media de la cuenca del río Chama	14
Minería a cielo abierto	14
Métodos de explotación a cielo abierto.....	15
Canteras.	15
Graveras.....	16
Operaciones unitarias básicas de la minería.....	16
Arranque	17
Carga.....	17

Acarreo.....	17
Equipos usados en minería a cielo abierto	17
Camión.....	18
Cargadores Frontales.	18
Excavadoras.....	19
Tractores.	19
Excavadoras Cargadores.....	20
Mantenimiento	20
Importancia del mantenimiento en las empresas.	20
Tipos de Mantenimientos.....	21
Mantenimiento Rutinario.....	21
Mantenimiento Programado.....	21
Mantenimiento por Avería o Reparación.....	21
Mantenimiento Correctivo	21
Mantenimiento Preventivo.....	21
Falla.....	22
Clasificación de las fallas.....	22
Fallas Tempranas	22
Fallas Adultas	22
Fallas Tardías	22
Análisis de Falla.....	23
Curva de la Bañera.....	23
Confiabilidad Operacional (CO).....	24
Confiabilidad humana.....	25
Confiabilidad de procesos.....	25
Confiabilidad de equipos	25
Herramientas que explican el comportamiento de la confiabilidad de equipos.	25
Análisis de Causa-Raíz (ACR).	26
Diagrama de Ishikawa.....	26

Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF).....	27
Actividades para realizar un AMEF.....	28
Severidad (S).....	29
Ocurrencia (O)	30
Detección (D).....	30
Número de prioridad del riesgo (NPR)	31
Análisis de Criticidad (AC).	32
Encuestas.....	35
Encuestas con preguntas cerradas	35
Encuestas con preguntas abiertas.....	35
CEMCA “Censo de Equipos Mineros a Cielo Abierto”	35
CAPÍTULO III	37
MARCO METODOLÓGICO.	37
Tipo de investigación.....	38
Diseño de la investigación.	38
Población y Muestra.	38
Medios, técnicas e instrumentos empleados en la recolección de datos de la investigación	40
Análisis de los datos.....	40
CAPÍTULO IV	42
RESULTADOS	42
Información general de las empresas, equipos y sus condiciones.....	44
Vemzo c.a	44
Transportes Vera F.P	47
Cal y Suministros la Roca II C.A.....	49
Premezclados Occidente C.A.....	53
Constructora Rocal C.A	56
Pedrera Santo domingo C.A.....	60
Cantera San José C.A.....	63
Agropecuaria El Gran Chaparral F.P	66
Manufacturas San Javier C.A.....	69

Transporte Minas Aracay	71
Constructora Los Paujies	73
Incurvi C.A	75
Ferre-Agropecuaria Arenera el Santo Niño F.P.....	77
Saque San José F.P.	79
Materiales Hermanos Rodríguez Pérez C.A.	82
Pavimentadora Onica C.A.....	84
Marcas y Equipos existentes en el estado Mérida.....	86
Condiciones y estado Operacional de los equipos.	87
Fallas recurrentes en los equipos empleados para el arranque, carga y acarreo.	89
Fallas Sistema Hidráulico (FSH).	89
Fallas Estructurales (FE).....	90
Fallas Mecánicas (FM).....	92
Fallas Electromecánicas (FEM).....	94
Tiempo promedio de los equipos En reparación (Inoperativos o Fuera de Servicio).	96
CAPÍTULO V	98
ANÁLISIS DE RESULTADOS	98
Diagnóstico de la situación física mediante el uso de Herramientas de Confiabilidad Operacional.....	99
Análisis Causa-Raíz (ACR).	99
Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF).....	109
Análisis de criticidad (AC).	117
Análisis de presencia de ocurrencia de fallas, La Curva de la Bañera y relación con la “edad” de los equipos.....	118
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA	126
ANEXOS	129

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 Ubicación geográfica del estado Mérida	11
Figura 2.2 Ubicación geográfica de las empresas visitadas	12
Figura 2.3 Canteras, método de explotación a cielo abierto	15
Figura 2.4 Graveras, método de explotación a cielo abierto.....	16
Figura 2.5 Camión Mack Toronto R6000.....	18
Figura 2.6 Cargador frontal de ruedas Caterpillar 966-D	18
Figura 2.7 Excavadora Kobelco.....	19
Figura 2.8 Tractor de oruga Caterpillar D8.....	19
Figura 2.9 Retroexcavadora John Deere 510.....	20
Figura 2.10 Curva de la Bañera	23
Figura 2.11 Elementos integrantes de la Confiabilidad Operacional.....	24
Figura 2.12 Representación del análisis Causa-Raíz (Diagrama de Ishikawa).....	27
Figura 3.1 Diseño y metodología de la investigación	39
Figura 5.1 Análisis Causa-Raíz de fallas recurrentes en los cargadores.....	100
Figura 5.2 Análisis Causa-Raíz de fallas recurrentes en las excavadoras.....	103
Figura 5.3 Análisis Causa-Raíz de fallas recurrentes en los camiones	107

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 Criterios de severidad sugeridos para un AMEF	29
Tabla 2.2 Criterios de ocurrencia sugeridos para un AMEF.....	30
Tabla 2.3 Criterios de detección de fallas sugeridos para un AMEF.....	31
Tabla 2.4 Estandarización de frecuencia de fallas	34
Tabla 2.5 Estandarización de los efectos en la producción, costos operativos, medio ambiente y seguridad	34
Tabla 2.6 Estandarización de los efectos por la falta de disponibilidad de repuestos y equipos de reserva.....	35
Tabla 4.1 Información de los equipos y sus condiciones Vemzo	45
Tabla 4.2 Información de los equipos y sus condiciones Transporte Vera.....	48
Tabla 4.3 Información de los equipos y sus condiciones Cal y Suministros la Roca	50
Tabla 4.4 Información de los equipos y sus condiciones Premezclados Occidente	54
Tabla 4.5 Información de los equipos y sus condiciones Constructora Rocal.....	57
Tabla 4.6 Información de los equipos y sus condiciones Pedrera Santo Domingo	61
Tabla 4.7 Información de los equipos y sus condiciones Cantera San José.....	64
Tabla 4.8 Información de los equipos y sus condiciones Agropecuaria el Gran Chaparral..	67
Tabla 4.9 Información de los equipos y sus condiciones Manufacturas San Javier	70
Tabla 4.10 Información de los equipos y sus condiciones Transporte Minas Aracay	72
Tabla 4.11 Información de los equipos y sus condiciones Constructora los Paujies	74
Tabla 4.12 Información de los equipos y sus condiciones Incurvi	76
Tabla 4.13 Información de los equipos y sus condiciones Ferre-agropecuaria arenera	78
el Santo Niño.....	78
Tabla 4.14 Información de los equipos y sus condiciones Saque San José	80
Tabla 4.15 Información de los equipos y sus condiciones Materiales hermanos Rodríguez Pérez.....	83
Tabla 4.16 Información de los equipos y sus condiciones Pavimentadora Onica	85
Tabla 4.17 Marcas de equipos usadas por las empresas encuestadas	86
Tabla 4.18 Tipos de fallas del sistema hidráulico	89
Tabla 4.19 Tipos de fallas estructurales	91
Tabla 4.20 Tipos de fallas mecánicas	93

Tabla 4.21 Tipos de fallas electromecánicas	95
Tabla 5.1 Matriz de fallas recurrentes en las excavadoras.....	110
Tabla 5.2 Matriz de fallas recurrentes en los cargadores frontales	111
Tabla 5.3 Matriz de fallas recurrentes en los camiones	112
Tabla 5.4 Numero de prioridad de riesgo (NPR) de las fallas identificadas en las matrices de AMEF.....	115
Tabla 5.5 Valores y niveles de criticidad de las fallas recurrentes en los equipos.....	117

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pág.
Gráfico 4.1 Relación de las condiciones de equipos Cal y Suministros la Roca II	49
Gráfico 4.2 Relación de las condiciones de equipos Premezclados Occidente	53
Gráfico 4.3 Relación de las condiciones de equipos Constructora Rocal.....	56
Gráfico 4.4 Relación de las condiciones de equipos Pedrera Santo Domingo	60
Gráfico 4.5 Relación de las condiciones de equipos Cantera San José.....	63
Gráfico 4.6 Relación de las condiciones de equipos Agropecuaria el gran Chaparral	66
Gráfico 4.7 Relación de las condiciones de equipos Manufacturas San Javier	69
Gráfico 4.8 Relación de las condiciones de equipos Incurvi	75
Gráfico 4.9 Relación de las condiciones de equipos Ferre-agropecuaria arenera el Santo Niño... ..	77
Gráfico 4.10 Relación de las condiciones de equipos Saque San José	79
Gráfico 4.11 Relación de las condiciones de equipos Materiales hermanos Rodríguez Pérez.....	82
Gráfico 4.12 Cantidad y tipos de equipos existentes en las empresas encuestadas del estado Mérida.....	87
Gráfico 4.13 Condiciones y estado operacional de los equipos.....	88
Gráfico 4.14 Frecuencia de FSH.....	90
Gráfico 4.15 Frecuencia de FE	92
Gráfico 4.16 Frecuencia de FM	94
Gráfico 4.17 Frecuencia de FEM.....	95
Gráfico 4.18 Tiempo promedio en reparación de los equipos (inoperativos y fuera de servicio)	97

INTRODUCCIÓN

La presente investigación persigue analizar las condiciones físicas de los equipos empleados en las operaciones unitarias por las empresas mineras del estado Mérida. Cuya necesidad nace, por la ausencia de información que certifique la capacidad real de producción de las compañías, debido a que, son las que garantizan materiales derivados del aprovechamiento mineral para los proyectos de desarrollo que plantean los entes regionales en pro de beneficio y mejora de la sociedad.

Actualmente se carece de un diagnóstico accesible e información total y certera, sobre el estatus de las maquinarias empleadas por las canteras y graveras de la entidad. Es importante resaltar, que éstas definen la capacidad de producción, en consecuencia, toda la planificación se ve afectada por la disponibilidad de los mismos.

Debido a la dificultad para poder ingresar a las empresas, solo se recopiló información de 16 canteras ubicadas en distintas zonas del estado Mérida. Para ello se aplicó una encuesta (CEMCA modificada), con la finalidad de recaudar datos relacionados a: condiciones de los equipos en el momento de la visita; capacitación y experiencia de operadores y encargados del mantenimiento, además de los tipos de reparaciones que se ejecutan; tipos de fallas recurrentes en los equipos; disponibilidad en *stock* de repuestos por parte de los proveedores, entre otras. Esto con el objetivo de comprobar la situación de las empresas y equipos empleados por éstas, mediante un diagnóstico con Herramientas de Confiabilidad Operacional, para determinar los factores que afectan de manera directa e indirecta la disponibilidad de las máquinas.

La investigación se encuentra estructurada de la siguiente manera:

Capítulo I se expone los fundamentos de la investigación, es decir, el problema, los objetivos y justificación de la misma. Capítulo II se resaltan en primera instancia los antecedentes de la investigación y posteriormente definiciones teóricas

necesarias para comprender el estudio del proyecto y los términos utilizados en él. Capítulo III resume la metodología empleada, que permitió desarrollar la presente investigación. Capítulo IV engloba toda la información relacionada a las empresas, condiciones de los equipos al momento de aplicar las encuestas y demás datos recopilados de manera visual. Capítulo V resume el análisis realizado a los resultados obtenidos, mediante el diagnóstico con Herramientas de Confiabilidad Operacional como: Análisis Causa-Raíz (ACR), Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) y Análisis de Criticidad (AC), así como, un breve análisis de ocurrencia de fallas con la Curva de la Bañera y su relación con las “edades” de los equipos.

Por último se dan las conclusiones en base a los análisis realizados y las recomendaciones de manera puntual, para cada uno de los sectores vinculantes, en la afectación de la disponibilidad de los equipos empleados en la actividad minera del estado Mérida.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES DE LA INVESTIGACIÓN

El presente capítulo tiene como finalidad dar a conocer información referente a la causa primordial que originó dicha investigación, el objetivo fundamental del desarrollo de la misma y a su vez, resaltar la justificación, alcance y limitaciones.

1.1 Planteamiento del Problema.

La ausencia de un diagnóstico real y accesible de las condiciones físicas de los equipos utilizados para el arranque, carga y acarreo de material por las empresas mineras del estado Mérida, constituye una problemática, motivado a que, el ente regulador de este sector y las casas matrices proveedoras de partes y repuestos, ignoran la realidad de los recursos con los que cuentan estas empresas para ejecutar sus actividades, en resumen se toman decisiones para impulsar proyectos vinculantes a este sector, sin antes considerar información real de estas empresas.

Un análisis exhaustivo del estado físico de las maquinarias empleadas por estas empresas, permitirá definir la disponibilidad de los equipos y la capacidad de producción efectiva que poseen, es decir, las autoridades gubernamentales pueden ser más acertados, en el momento de proyectar planes de desarrollo social que relacione a la actividad minera, como por ejemplo: planes habitacionales, recuperación y asfaltado de vialidad, entre otros. Si se tienen acceso a esta información, también las casas matrices importadoras y proveedoras de partes y repuestos, tendrán idea de sus necesidades y así podrán realizar las solicitudes necesarias y pertinentes de importación, para garantizar la mayor disponibilidad en *stock* de repuestos.

Con este estudio se pretende realizar un análisis de las condiciones físicas de los equipos empleados en el arranque, carga y acarreo, con la recopilación de información *in situ* mediante la aplicación de una encuesta (CEMCA modificada), recaudándose datos relacionados a: situación de los equipos, experiencia de los operadores, del personal de mantenimiento y planes de mantenimiento, así como también datos sobre las averías recurrentes encontradas en las maquinas, entre otros,

con la finalidad de hacer en primera instancia, un análisis de fallas y posteriormente aplicar a éstas, herramientas cualitativas y cuantitativas de Confiabilidad Operacional, de modo de verificar la disponibilidad y confianza de los recursos con los que cuentan las empresas mineras del estado Mérida, así como deducir las condiciones de trabajo propias que llevan a estos equipos al estado en que se encuentran.

1.2 Objetivos de la Investigación.

1.2.1 Objetivo General

Analizar las condiciones físicas de los equipos en empresas mineras del estado Mérida, mediante la aplicación de herramientas metodológicas de Confiabilidad Operacional.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Recopilar datos en la entidad mencionada, respecto a las condiciones físicas y estatus de los equipos mineros mediante el uso de una encuesta modificada de CEMCA.
- Sistematizar los datos obtenidos en la encuesta modificada de CEMCA, empleando hojas de cálculos que permitirá un mejor manejo de estos.
- Analizar los datos obtenidos de las empresas mineras encuestadas, empleando las herramientas de confiabilidad operacional aplicables a la información conseguida con la encuesta modificada de CEMCA.
- Identificar los factores que afectan la disponibilidad de los equipos mineros, en las empresas mineras encuestadas del estado Mérida.

1.3 Justificación

La investigación tiene como propósito, analizar información que se recopile sobre: condiciones físicas de los equipos empleados para la extracción de material, experiencia de los operadores que los manipulan, tipos de mantenimientos que se aplican, fallas recurrentes padecidas por estos en el periodo enero-agosto 2013, disposición en *stock* de repuestos por parte de los proveedores, entre otros, estos son algunos factores que afectan la disponibilidad de las maquinarias y pueden ocasionar inoperatividad e improductividad, ocasionando paradas imprevistas y largos tiempos en reparaciones, impactando negativamente la producción de las empresas por falta de recursos que garanticen el alcance de lo proyectado, dificultando la capacidad de cubrir las necesidades de productos obtenidos del aprovechamientos del material extraído y que son fuertemente demandados por los planes de desarrollo social impulsados por los entes gubernamentales.

Por lo antes expuesto, se considera que este estudio es de utilidad tanto para las autoridades reguladoras del sector minero del estado Mérida, así como, para los proveedores de partes y repuestos. El mismo aportará información sobre el estado físico de los equipos de estas empresas y sus necesidades de partes y repuestos, además de conocer las capacidades reales de producción que tienen las canteras de la entidad y en qué circunstancias se encuentran.

De manera más general, las empresas y canteras también se verán beneficiadas con este estudio, puesto que los resultados esperados les proporcionarán información importante en relación a las condiciones en que están siendo operados los equipos; si los mantenimientos son los adecuados y si el manejo ejecutado por el operador es el correcta. Por otro lado la investigación resaltaré la importancia de implementar Herramientas de Confiabilidad, al momento de definir los recursos con los que se cuentan, ya que aportará asertividad a la hora de elaborar sus planes de trabajo y producción, atribuyendo a una mayor disponibilidad de productos en el mercado por parte de este sector, necesarios para el desarrollo de proyectos de beneficio social impulsados por los entes gubernamentales a nivel regional.

1.4 Alcance

El desarrollo del proyecto abarca el estudio de 16 empresas del total que se dedican a la actividad minera en el estado Mérida, de las condiciones físicas de los equipos empleados para el arranque, carga y acarreo, de los programas de mantenimientos que se le aplican, las fallas recurrentes de estos y experiencia de los operadores en su manipulación, cuya información es indispensable para hacer el análisis aplicando herramientas estadísticas cualitativas y cuantitativas de Confiabilidad Operacional tales como: causa-raíz, análisis de criticidad y análisis de modo y efecto de fallas, a fin de identificar los factores que afectan la disponibilidad de estos.

1.5 Limitaciones

Entre las limitaciones o dificultades existentes, se puede mencionar primero, la falta de apoyo económico e interés de los principales beneficiarios de este estudio, tales como: las empresas y canteras mineras, proveedores de partes y repuestos y ente gubernamental encargado de este sector, en la realización de la fase de campo y recaudación de información, lo que disminuye en cierto modo la cantidad de empresas visitadas.

Por otro lado la falta de información por parte de las empresas en relación a las averías padecidas por los equipos durante un tiempo específico, es decir, un historial donde se contemple el tiempo de parada o en reparación de las maquinarias y el tiempo promedio entre fallas, constituye otra limitante a la investigación, esto podría ayudar a realizar un estudio más cuantitativo, ya que, existen métodos estadísticos que permiten determinar el comportamiento y la disponibilidad por cada uno de los equipos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el capítulo a continuación, se recopila información indispensable para el entendimiento de la investigación, como lo son, los estudios previos y las bases teóricas, que permitirán darle sentido a la presente.

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Garrido Z, Marianne L. (2012). Diagnóstico del estado físico mediante 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 de esta investigación se enfocó principalmente en el diseño de una metodología de recolección de información en las empresas mineras a cielo abierto de las condiciones de los equipos empleados en actividades mineras, además de diagnosticar el estado físico y situación legal de estos específicamente en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital, con el propósito de asegurar la confiabilidad de los equipos empleados por las empresas mineras de las entidades y garantizar la disponibilidad de materia prima para ejecutar actividades de desarrollo económico-social de las entidades mencionadas.

Martínez B, Keyla J. (2010). Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo *scoop* de la mina Isidora-Valle Norte, pertenecientes a la empresa minera Venrus C.A., El Callao-estado Bolívar.

Resumen: La investigación consistió en hacer un análisis de fallas aplicado a los equipos de carga tipo *scoop* de la mina Isidora-Valle Norte, perteneciente a la empresa minera Venrus, C.A. Ubicada en El Callao-estado Bolívar, con la finalidad de determinar cuál es la disponibilidad y operatividad de los equipos con el objetivo final de generar planes de mantenimientos programados, ya que estos son la garantía del acarreo y tienen la responsabilidad de llevar el mineral a la superficie, sin tener posibilidad de que sean sustituidos.

Morales F, Juan L. (2012). 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.

Resumen: El objetivo de esta investigación consistió en analizar la situación física de los equipos mineros que operan a cielo abierto mediante el uso de herramientas de confiabilidad operacional en el estado Aragua, con la finalidad de garantizar la confianza en los equipos y responder a las necesidades de materia prima por parte de los demandantes de material proporcionada por estas empresas en la entidad.

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 en el año 2011.

Resumen: La fundamentación principal de realizar este estudio, consistió en hacer un diagnóstico en base a las condiciones físicas de los equipos mineros que operan en las promotoras mineras a cielo abierto de la entidad, todo esto con el objetivo principal de verificar cual es la disponibilidad de los equipos y que factores afecten una improductividad sobrevenida y así sincerar la realidad del parque automotor y la garantía de alcanzar los planes de producción planteados por las empresas.

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 en el año 2011.

Resumen: El objetivo principal de esta investigación se enfocó 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 finalidad de asegurar la confianza en los equipos mineros y garantizar el suministro de material necesario para desarrollar proyectos sociales en las entidades mencionadas.

Rodríguez, Yexi. (2012). Análisis del estado físico de los equipos que operan en minas a cielo abierto en los estados Guárico y Anzoátegui.

Resumen: La razón primordial de la ejecución de esta investigación, consistió en hacer un análisis del estado físico de los diferentes equipos mineros empleados en esta actividad por las empresas de los estados Guárico y Anzoátegui, todo esto con el objetivo de determinar con que recurso se cuenta en estas entidades por parte de las empresas, que garantizará el desarrollo de los proyectos y planes de producción planificados por ellas.

2.2 BASES TEÓRICAS

En la sección a continuación se citarán las bases teóricas y los elementos necesarios para el entendimiento de la investigación, aportando un significado importante al estudio.

2.2.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO.

El estado Mérida está situada al suroeste del país en la región de los andes figura 2.1 y está limitada por el norte con los estados Zulia y Trujillo por el sur con Barinas y Táchira, por el este con Barinas y por el oeste con el estado Táchira.

Figura 2.1 Ubicación Geográfica del estado Mérida.

Fuente: <http://www.google.co.ve>.



Estado Mérida

De manera más específica en la figura 2.2 se representa la ubicación de las empresas vinculadas a la presente investigación.

Figura 2.2 Ubicación Geográfica de las empresas visitadas.

Fuente: Elaboración propia utilizando Google Earth.



Leyenda.

- 1 Pavimentadora Onica C.A.
- 2 Cantera San José C.A.
- 3 Pedrera Santo Domingo C.A.
- 4 Incurvi C.A.
- 5 Constructora Rocal C.A.
- 6 Materiales Hermanos Rodríguez Pérez C.A.
- 7 Vemzo C.A.
- 8 Premezclados Occidente C.A.
- 9 Cal y Suministros la Roca II C.A.
- 10 Ferre- Agropecuaria Arenera El Santo Niño F.P.
- 11 Saque San José F.P.
- 12 Transporte Minas Aracay C.A.
- 13 Manufacturas San Javier C.A.
- 14 Constructora Los Paujies F.P.
- 15 Agropecuaria El Gran Chaparral F.P.
- 16 Transporte Vera Ávila F.P.

2.2.2 DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA DEL ESTADO MÉRIDA.

Pereira (2010), clasifica el estado Mérida en cuatro (4) regiones, las cuales se definieron en función de sus características físico-geográficas.

1.- Región Panamericana

Los sedimentos sueltos presentes en la zona son de origen aluvio-fluvial formado por la dinámica hidráulica de los ríos, tratándose de arcillas, gravas, arenas y conglomerados de espesores variables. Por lo general el material es mal estratificado y mal seleccionado; corresponde a fragmentos de rocas graníticas, gneises, cuarcitas, esquistos y areniscas de variado grado de desgaste y heterométrica.

2.- Región Mocotíes

Se caracteriza por ser un fondo de Valle, delimitado por vertientes de fuertes pendientes, está relleno principalmente por aluviones, lo cual constituye numerosos conos de deyección y terrazas de topografía plana e inclinada. Las vertientes de los ríos están constituidas por formaciones rocosas variadas que van desde las más antiguas (precámbricas), paleozoico (granitos, gneises, filitas, pizarras, cuarcitas, areniscas y esquistos), hasta los aluviones recientes de edad cuaternaria.

3.- Región Metropolitana

Los sedimentos aluviales y coluviales que rellenaron la fosa que conforma la Meseta de Mérida y sus conos coalescentes. Están formados por cantos predominantemente gneises, esquistos y granitos, recubiertos por abundante arena y grava.

4.- Región Páramo

Su composición litológica está conformada por rocas metamórficas e ígneas, tales como gneises, esquistos intercalados, esquistos cuarzos moscovíticos y feldspatos con silimanita y granates.

ANÁLISIS DE SEDIMENTOS DE LA PARTE ALTA Y MEDIA DE LA CUENCA DEL RÍO CHAMA

Según Rodríguez y otros (2005), el estudio de sedimentos en los diferentes ambientes que gobiernan un ciclo sedimentario, permite obtener información acerca del origen de los mismos, distancia recorrida a lo largo de su transporte, condiciones en el momento de su depositación, entre otros. El trabajo consistió en la toma de muestras a lo largo del río Chama, recolectando cierta cantidad de sedimentos superficiales, depositados en el cauce del mismo.

El análisis de las muestras se realizó mediante un estudio de granulometría y reconocimiento de minerales pesados presentes en éstas. Los resultados obtenidos luego de hacer el respectivo estudio a las muestras recolectadas en la parte alta y media de la cuenca de río, fueron los siguientes: la primera es característica de un ambiente glacial, mientras que la segunda de un ambiente fluvial. En resumen hay abundante presencia de mica muscovita, granate y circón, los cuales afloran a lo largo del flanco norte del río Chama, también hay presencia de litologías como: gneis anfibolíticos, esquistos granatíferos y andalucíticos, así como esquistos micáceos a la altura de la cuenca media.

2.2.3 MINERÍA A CIELO ABIERTO

La minería a cielo abierto, es definida por Villanueva (2003) como un tipo de minería superficial en la cual el mineral metálico o no metálico se extiende muy profundamente en el suelo, lo cual demanda la remoción de capas de excedente y mineral.

2.2.4 MÉTODOS DE EXPLOTACIÓN A CIELO ABIERTO

Herbet (2006) divide los métodos de explotación en minería a cielo abierto, de la siguiente manera:

- Cortas.
- Descubiertas.
- Terrazas.
- Contorno.
- Canteras.
- Graveras.

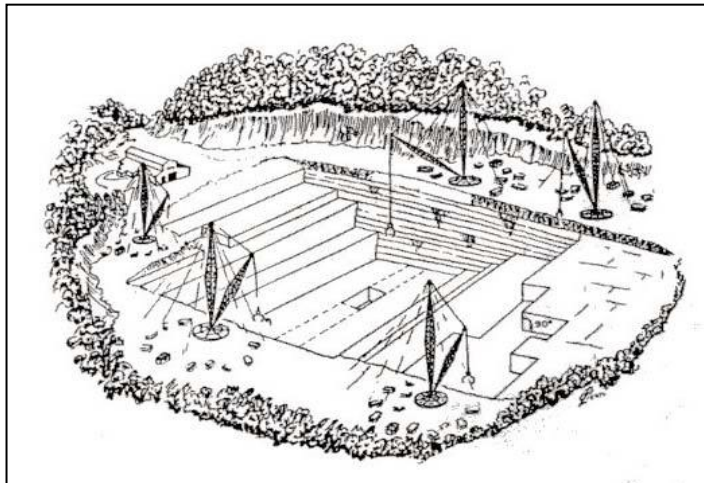
Sin embargo solo citaremos a las canteras y las graveras, ya que son las formas de explotación a que haremos mayor referencia en la presente investigación.

- **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 2.3 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 las palas cargadoras 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 2.4 Graveras método de explotación a cielo abierto.

Fuente: Herbet (2006).



2.2.5 OPERACIONES UNITARIAS BÁSICAS DE LA MINERÍA

Villanueva (2003), define a las operaciones unitarias como las actividades básicas ejecutadas para obtener minerales a partir de yacimientos, apoyadas con las operaciones auxiliares requeridas. Estas contribuyen directamente con la extracción del mineral y son llamadas operaciones de producción.

- **Arranque**

Se denomina arranque al proceso de separar o arrancar el mineral de la corteza terrestre. Salvo algunas excepciones, esta operación se realiza en las mayorías de los casos haciendo detonar cargas explosivas emplazadas en huecos cilíndricos perforados en el macizo rocoso.

- **Carga**

Por carga se entiende la recogida de la roca arrancada del suelo y su traslado hasta un medio de transporte.

- **Acarreo**

El acarreo es la operación por la que se traslada el mineral arrancado fuera de los frentes de la mina o al exterior. Puede ser continuo, discontinuo o una mezcla de ambos. El transporte continuo utiliza medios de transporte que están continuamente en funcionamiento como por ejemplo cintas transportadoras y en el transporte discontinuo los medios de transporte realizan un movimiento alternativo entre el lugar de carga y el de descarga, por ejemplo los ferrocarriles y los camiones.

2.2.6 EQUIPOS USADOS EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

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

- | | |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1).- Camiones. | 5).- Tractores. |
| 2).- Cargadores frontales. | 6).- Mototraillas. |
| 3).- Excavadoras. | 7).- Dragalinas, entre otros. |
| 4).- Excavadoras Cargadoras. | |

Sin embargo a continuación solo se describirán los primeros 5 antes expuestos, ya que son los más citados en la presente investigación.

- **Camión.**

Está diseñado para el acarreo de material y su respectiva descarga, figura 2.5. 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 moverse el camión (esto para no dañar el camino existente).

Figura 2.5 Camión Mack Toronto R6000.

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, figura 2.6. Los cargadores son equipos de carga, acarreo y eventualmente excavación, en el caso de acarreo solo se recomienda realizarlo en distancias cortas.

Figura 2.6 Cargador frontal de ruedas Caterpillar 966-D.

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 2.7.

Figura 2.7 Excavadora Kobelco.

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 2.8.

Figura 2.8 Tractor de orugas 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 2.9.

Figura 2.9 Excavadora Cargador John Deere 510.

Fuente: Propia.



2.2.7 MANTENIMIENTO

Según Nava (2004), es 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.

El mantenimiento es un factor que influye en el correcto desempeño de equipo o sistema, generando así productos de alta calidad.

IMPORTANCIA DEL MANTENIMIENTO EN LAS EMPRESAS.

El mantenimiento si bien es visto como un costo, puede llegar a ser una inversión que a mediano o largo plazo traerá ganancias, ya que se puede garantizar altos números de producción y ahorros en lo que representa mejoras de calidad del medio ambiente para los trabajadores e índices de accidentalidad bajos.

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.

2.2.8 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.

- **Clasificación de las fallas.**

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.).

- **Análisis de Falla**

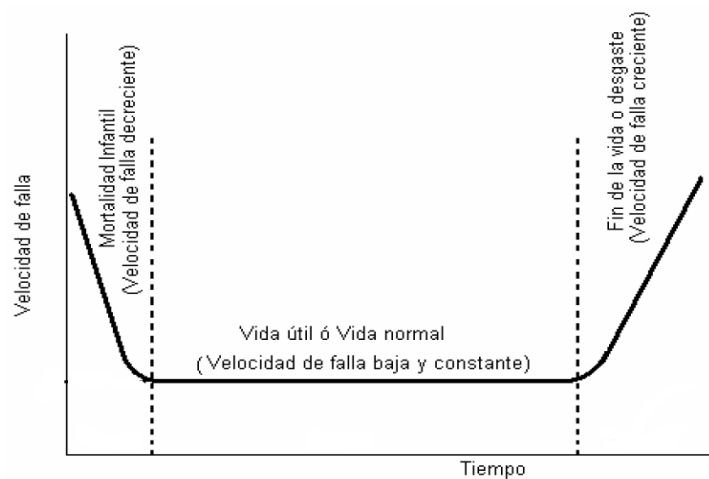
El análisis de falla es definido por Suárez (2001), como la recopilación y almacenamiento de toda la información necesaria referente a las fallas sucedidas en los equipos para utilizarla en futuros estudios y análisis estadísticos, que permiten conocer el comportamiento de las fallas que presenta determinado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

2.2.9 CURVA DE LA BAÑERA.

La curva de la bañera es definida por Mariani (2007), como una representación gráfica de las fallas que puede padecer un equipo durante su tiempo de vida útil. En la figura 2.10, 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 2.10 Curva de la Bañera.

Fuente: Mariani (2007).



2.2.10 CONFIABILIDAD OPERACIONAL (CO)

Según Benítez (2012), 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.

- Confiabilidad humana.
- Confiabilidad de los procesos.
- Mantenibilidad de los equipos.
- Confiabilidad de los equipos.

Figura 2.11 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.

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

Según Benítez (2012), son múltiples técnicas desarrolladas por el hombre de mantenimiento 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 a emplear y citadas en la presente investigación podemos mencionar:

- Análisis de Causa Raíz (ACR).
- Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF).
- Análisis de Criticidad (AC).

- **Análisis de Causa-Raíz (ACR).**

Benítez (2012), define el Análisis de Causa Raíz como la herramienta que permite descubrir el evento indeseable o causa raíz que ocasiona una falla. Al eliminarlo no sólo se aumenta la confiabilidad, la seguridad y la disponibilidad, sino también la eficiencia y productividad de operaciones en 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 (CFA)**, la cual implica el estudio de las piezas dañadas.
- 2.- **Investigación de causa de raíz (RCI)**, ésta herramienta incluye a la anterior e investiga las causas físicas.
- 3.- **Análisis de causa raíz (RCA)**, ésta herramienta incluye a los dos anteriores y estudia además el error humano.

- **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.

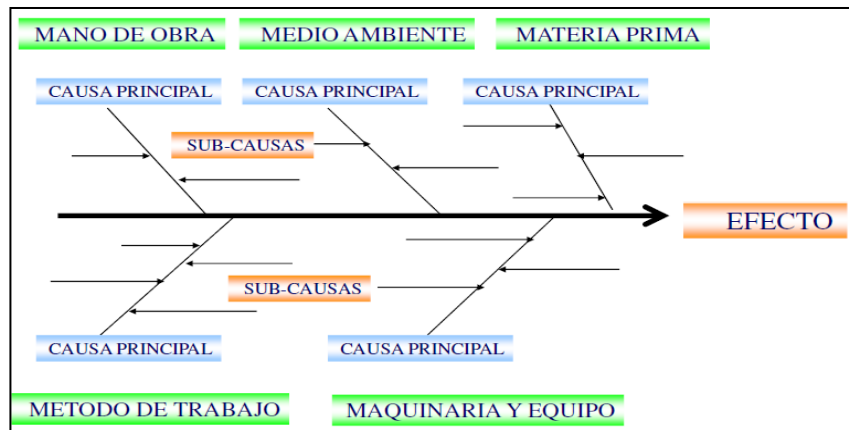
Gálvez (2009), lo define como un método de trabajo que muestra la relación entre una característica de calidad (efecto) y sus factores (causas), este método tiene la particularidad de agrupar las causas en distintas categorías, tales como: Máquinas, Mano de Obra, Materiales y Métodos y también se pudiera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

En este diagrama las causas que generan un potencial de efecto se presentan de manera jerarquizada, por su particular forma también se le denomina como espina

de pescado. En la figura 2.12 a continuación, se denota un ejemplo típico del diagrama de Ishikawa.

Figura 2.12 Representación del Análisis Causa-Raíz (Diagrama de Ishikawa).

Fuente: Gálvez (2009).



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 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 ACR.

- **Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF).**

Primitivo (2007), lo define como una herramienta clave para mejorar la confiabilidad de procesos y productos.

La metodología del Análisis de Modo y Efecto de Fallas, proporciona la orientación y los pasos que se deben seguir para identificar y evaluar las fallas potenciales de un producto o un proceso, junto con el efecto que las provocan. A partir de lo anterior se debe establecer prioridades y acciones para intentar eliminar o reducir la posibilidad de que ocurran las fallas potenciales que más vulneran la confiabilidad del producto o proceso.

El AMEF 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, mejorando la eficiencia de procesos.

De ésta forma una tarea fundamental cuando se busca caracterizar y mejorar un proceso es aplicar la metodología del AMEF, 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.

Actividades para realizar un AMEF.

Primitivo (2007), a continuación describe las actividades generales para realizar un AMEF:

1. Delimitar los equipos, productos o proceso a los que se le aplicará.
2. Identificar y examinar todas las formas posibles en que puedan ocurrir fallas de un equipo, producto o proceso (identificar los modos potenciales de falla).
3. Para cada falla, identificar su efecto y estimar la **severidad** del mismo.

Por cada falla potencial hacer:

4. Encontrar las causas potenciales de la falla y estimar la frecuencia de **ocurrencia** de éstas debido a cada causa.
5. Hacer una lista de los controles o mecanismos de revisiones que existen para detectar la ocurrencia de la falla, antes de que el equipo la padezca y genere consecuencias graves. Además estimar la probabilidad de que los controles hagan la **detección** de éstas.
6. Calcular el número prioritario de riesgo **NPR**, que resulta de multiplicar la severidad por la ocurrencia y la detección.

7. Establecer prioridades de acuerdo al **NPR**, y para los **NPR** más altos decidir acciones para disminuir severidad y ocurrencia, o en el peor de los casos mejorar la detección.
8. Revisar y establecer los resultados obtenidos, lo cual incluye precisar las acciones tomadas y volver a calcular el **NPR**.

Severidad (S): La severidad de los efectos potenciales de falla se evalúa en una escala del 1 al 10, como se indica en la tabla 2.1 y representa la gravedad de la falla para una operación o el operador, una vez que esta falla ha ocurrido. La severidad solo se refiere o se aplica al efecto.

Tabla 2.1 Criterios de Severidad sugerido para un AMEF
Fuente: Tomado y modificado de Primitivo (2007).

Tabla de criterio de Severidad		
Efectos	Criterio evaluativo de severidad del efecto de falla	Valor
Alerta peligrosa	La falla afecta la operación total y segura del equipo e implica su desincorporación, por falta de compromiso adecuado de la dirección de mantenimiento poniendo en riesgo la vida del operador	10-9
Muy arriba	El equipo es inoperable con pérdida total de su función y puede poner en riesgo la vida del operador	8
Alto	El equipo es operable, pero reduce su nivel total de funcionamiento y puede ocasionar lesiones al operador	7
Moderado	El equipo es operable, pero genera incomodidad e inseguridad en el operador por el desempeño del equipo	6
Bajo	El equipo es operable a un nivel reducido de su funcionamiento	5
Muy bajo	La falla presente en el equipo es notable fácilmente por el operador	4-3
Muy de menor importancia	La falla presenta algún desajuste y exceso de ruidos al equipo	2
Ninguno	Ningún efecto	1

Ocurrencia (O): Es la frecuencia con la que se espera ocurra la falla. La posibilidad de que ocurra cada causa potencial se estima en una escala del 1 al 10, como se representa en la tabla 2.2. Si hay registros estadísticos adecuados, éstos deben utilizarse para asignar un número a la frecuencia de ocurrencia de la falla. Es importante ser consciente y utilizar los criterios de la tabla para asignar tal número. Si no hay datos históricos puede hacerse una evaluación subjetiva utilizando las descripciones dadas por los encargados de los equipos o procesos.

Tabla 2.2 Criterios de Ocurrencia de fallas sugerido en un AMEF
Fuente: Tomado y modificado de Primitivo (2007).

Tabla de criterio de Ocurrencia		
Probabilidad de ocurrencia de fallas	Criterio evaluativo de las ocurrencias de las fallas en los equipos	Valor
Muy alta probabilidad	Se producirá el fallo casi con total seguridad	10-9
Alta probabilidad	Los fallos se presentan con frecuencia	8-7
Moderada probabilidad	Asociado a situaciones similares que hayan tenido fallos esporádicos, pero no en grandes proporciones	6-5-4
Baja probabilidad	Ocasionalmente podría producirse un número relativo bajo de fallos	3-2
Remota probabilidad	Sería irrazonable esperar que se produjera un fallo	1

Detección (D): Con una escala del 1 al 10, se estima la probabilidad de que los controles y revisiones empleados en los equipos o procesos detecten alguna falla y su efecto, una vez que haya ocurrido y antes de que el producto o equipos salga hacia procesos posteriores o antes de que esté en el área de mantenimiento. Se debe suponer que la avería ha sucedido y entonces se evalúa la eficacia de los controles actuales para prevenir el embarque del defecto. Es decir, es una estimación de la probabilidad

de detectar, suponiendo que ya ha ocurrido la falla y no es una estimación sobre la probabilidad de que la misma ocurra, en la tabla 2.3, se representan los valores correspondientes al criterio de detección.

Tabla 2.3 Criterios de Detecciones de fallas sugerido en un AMEF
Fuente: Tomado y modificado de Primitivo (2007).

Tabla de criterio de Detección		
Detección	Criterio evaluativo en las detecciones de fallas en los equipos	Valor
Incertidumbre absoluta	No existe un control ni revisiones que detecte una causa potencial de incidente o modo de falla en los equipos, no hay control de nada.	10
Alejada	Probabilidad alejada de que el control empleado en las revisiones y mantenimientos, detecten alguna causa potencial de incidente o modo de presentarse alguna falla en los equipos.	9-8
Muy baja	Probabilidad Muy baja de que el control empleado en las revisiones y mantenimientos, detecte alguna causa potencial de incidente o modo de presentarse alguna falla en los equipos.	7
Baja	Probabilidad baja de que el control empleado en las revisiones y mantenimientos, detecte alguna causa potencial de incidente o modo de presentarse alguna falla en los equipos.	6
Moderada	Puede ser que el control empleado en las revisiones de los equipos, detecte alguna causa potencial de falla.	5-4
Alta	La probabilidad es muy alta en la detección de las fallas por parte de los encargados de mantenimientos en las revisiones de los equipos.	3-2
Casi Segura	Los criterios de evaluaciones y revisiones de los equipos son totalmente seguros para detectar futuras fallas en los equipos.	1

Número de prioridad del riesgo (NPR): El NPR es el resultado de multiplicar la puntuación dada a la severidad (S) del efecto de falla, las probabilidades de ocurrencia (O) de fallas y la probabilidad de que los controles y revisiones empleados en los equipos o procesos detecten (D) alguna falla y su efecto. Es decir, para cada efecto se tienen varias causas y para cada causa un grupo de controles. El valor viene dado por la siguiente expresión:

Ecuación (1) $NPR = (S) \times (O) \times (D)$

El NPR cae en un rango del 1 a 1.000 y proporciona un indicador relativo de todas las causas de falla. A los más altos números de NPR se les deberá dar prioridad para acciones correctivas, ya sea para prevenir la causa o por lo menos para emplear mejores controles de mantenimientos y revisiones de los equipos, productos o sistemas. Especial atención debe darse cuando se tengan altos NPR (mayores a 80) con severidades altas.

- **Análisis de Criticidad (AC).**

Según Benítez (2012), la criticidad es una medida ponderada que considera los siguientes aspectos:

- 1.- El efecto que provocaría una falla del módulo funcional (ó 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, el mismo será empleado para definir la estrategia de mantenimiento del módulo o equipo evaluado, o sea que todos los criterios que se adoptan para definir y cuantificar la criticidad.

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 considerados son extremadamente pequeñas; 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 manejar 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 uso de acuerdo a la productividad y la rentabilidad de los activos.

Repsol YPF en el año 2005 a través de su Departamento de Ingeniería de Mantenimiento, realizó la estandarización de un estudio de criticidad para sus equipos, dicho procedimiento se tomó como base para formular un análisis y jerarquización de las fallas recurrentes en los equipos pesados empleados por las empresas mineras del estado Mérida.

El estudio propone una metodología que permite determinar el valor de criticidad de las fallas en los equipos, la cuantificación va en una escala de 0 a 100, la cual ayudará a definir tres tipos de criticidad (crítico, semi crítico y no crítico), lo que permitirá dar prioridad al tomar las decisiones.

Los factores a considerar para el cálculo de criticidad son los siguientes:

- 1).- Frecuencia de fallas (**F_{ff}**).
- 2).- Pérdida en la producción (**PROD**).
- 3).- Costos Operativos (**COP**).
- 4).- Impacto al medio ambiente y seguridad (**MAS**).
- 5).- Disponibilidad en *Stock* de repuestos y equipos de reemplazos (**Stanby**).

Para determinar el valor de criticidad se emplea la siguiente expresión:

$$\text{Ecuación (2) } CR = \{[(PROD + COP)*Stanby] + MAS\} * F_{ff}$$

En función del valor obtenido en la ecuación, se clasificara en nivel de criticidad de la siguiente manera:

Si $28 \leq CR < 40$ es Semi Crítico; Si $28 > CR$ es No Crítico; Si $CR > 40$ es Crítico.

A continuación en las tablas 2.4, 2.5 y 2.6, se definirán los valores estandarizados de los factores a considerar en el Análisis de Criticidad, realizado por la Repsol YPF.

Tabla 2.4 Estandarización de frecuencia de fallas
Fuente: Tomado y modificado de Repsol YPF (2005).

Estandarización de Frecuencias de Fallas					
Frecuencia de fallas (F_{ff}) y Tiempo promedio entre fallas (MTBF)	$F_{ff} > 4$ fallas por año MTBF ≤ 3 meses	F_{ff} entre 1 y 4 fallas por año MTBF entre 3 y 12 meses	F_{ff} entre 0.2 y 1 fallas por año MTBF entre 1 y 5 años	F_{ff} entre 0.1 y 0.2 fallas por año MTBF entre 5 y 10 años	$F_{ff} < 0.1$ fallas por año MTBF > 10 años
Valor de F_{ff}	1	0.9	0.8	0.6	0.4

Tabla 2.5 Estandarización de los efectos en la producción, costos operativos y medio ambiente y seguridad
Fuente: Tomado y modificado de Repsol YPF (2005).

Cuantificación de los efectos en la Producción (PROD), Costos operativos (COP), Medio ambiente y seguridad (MAS).									
Valor	Efecto en la Producción (PROD)			Efecto en el Medio ambiente y seguridad (MAS)			Costos operativos (COP)		
	45	23	0	45	23	0	10	5	0

Tabla 2.6 Estandarización de los efectos por la falta de disponibilidad de repuestos y equipos de reserva

Fuente: Tomado y modificado de Repsol YPF (2005).

Disponibilidad de Repuestos y equipos de reservas (<i>Stanby</i>)				
	Se requieren de repuestos de alto tiempo de entrega importados y no se dispone de equipos de reemplazo o reserva.	Se requieren de repuestos de corto tiempo de entrega nacionales y no se dispone de equipos de reemplazo o reserva.	Se requieren de repuestos de corto tiempo de entrega y se dispone de equipos de reemplazo.	Se dispone de repuestos para reparar al equipo y no requiere de equipos de reemplazo.
Valor	1	0.75	0.5	0.25

2.2.12 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) como parte de una línea de investigación en el Departamento de Minas, Universidad Central de Venezuela, la finalidad

de la misma es recaudar información acerca del estatus de los equipos mineros usados en las operaciones unitarias, auxiliares y de beneficio mineral. Todo esto con miras a ser aplicada, fundamentado por la necesidad nacional y falta de una base de datos disponible y accesible, que fuera depósito permanente y actualizado de información referente a los equipos destinados a la extracción de mineral por empresas mineras venezolanas.

CAPÍTULO III
MARCO METODOLÓGICO.

El presente capítulo tiene como objetivo fundamental, definir el tipo de investigación, la metodología empleada para poder ejecutarla y llevarla a cabo, la población y muestra vinculada en la misma, así como los alcances y limitaciones encontradas durante el desarrollo.

3.1 Tipo de investigación.

La investigación es de tipo Exploratoria de Campo, para la misma se requirió de la recolección directamente en las empresas de información acerca de las condiciones físicas de los equipos empleados para la realización de las actividades mineras y del personal vinculado directa e indirectamente en la operatividad de las maquinarias, con la finalidad de establecer los factores que afecten su disponibilidad y correcta operatividad.

3.2 Diseño de la investigación.

El diseño de esta investigación es del tipo No Experimental Transversal, ya que se tomó información relacionada a la situación física de los equipos mineros en el momento de visitar las empresas encuestadas y del personal vinculado directa e indirectamente en su operatividad, sin importar en qué condiciones se encontraban (operativos, en reparación, inoperativos o fuera de servicio) y sin alterar alguna variable encontrada en las empresas, esto se puede detallar en la página siguiente figura 3.1.

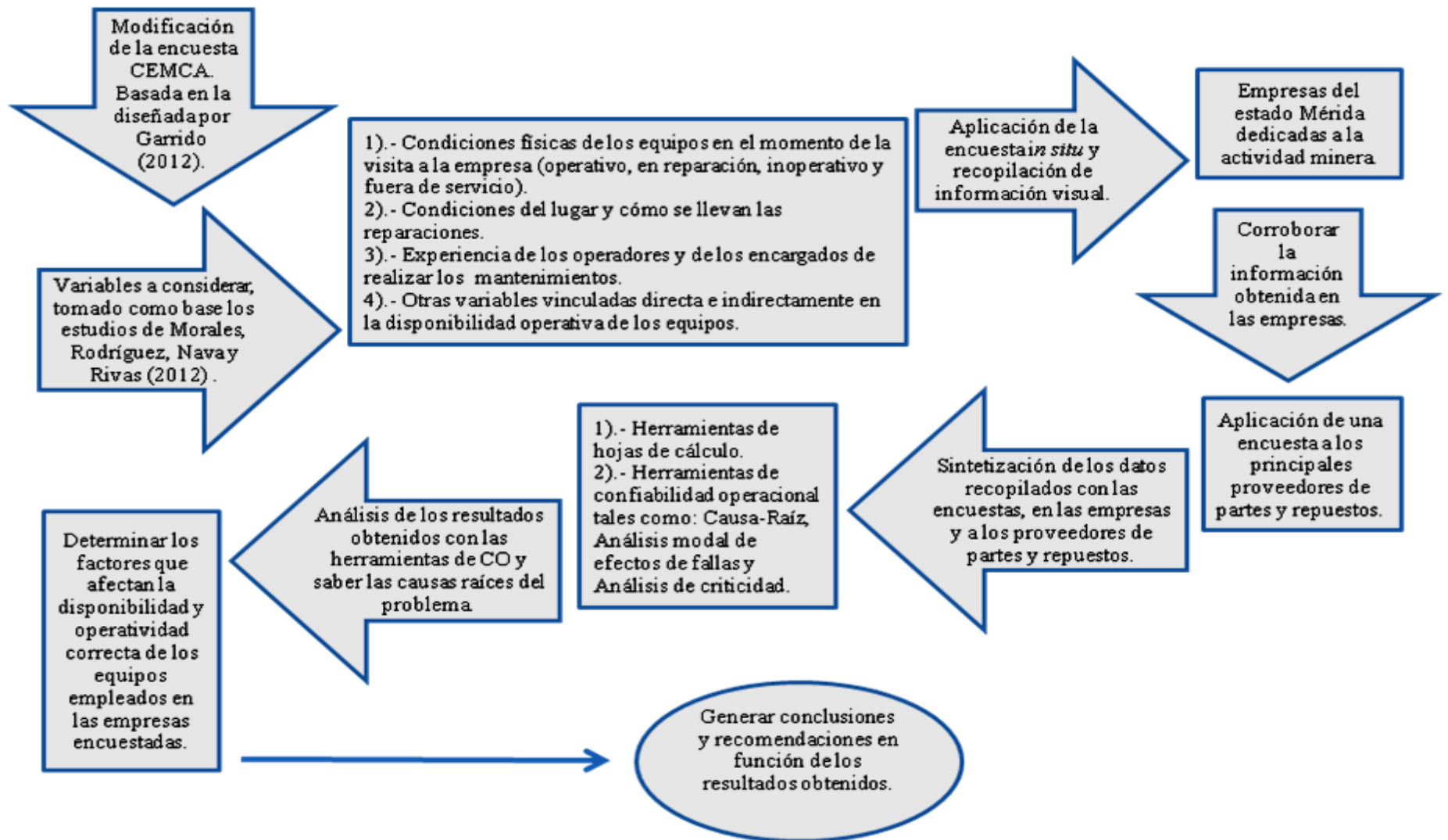
3.3 Población y Muestra.

La población del estudio la componen las 16 empresas visitadas, vinculadas y dedicadas a la actividad minera del estado Mérida.

La muestra está conformada por las 113 maquinarias encontradas en las 16 empresas visitadas, las cuales son empleadas para el arranque, carga y acarreo de material.

Figura 3.1 Diseño y metodología de la investigación.

Fuente: Elaboración del autor.



3.4 Medios, técnicas e instrumentos empleados en la recolección de datos de la investigación.

La información fue recolectada mediante la aplicación de la encuesta (CEMCA modificada), a los dueños y encargados de realizar los mantenimientos mecánicos en las empresas visitadas, también se recaudaron datos mediante la inspección visual de los equipos empleados para el arranque, carga y acarreo de material. Luego de obtener toda la información posible suministrada por los entrevistados en Mérida, se aplicó una nueva encuesta a representantes de las casas matrices proveedoras de partes y repuestos, específicamente a los de las marcas Caterpillar y John Deere, con la finalidad de certificar la información proporcionada en las empresas mineras. En los anexos 1, 2 y 3 se encuentran reflejados los modelos de encuestas aplicados para esta investigación.

3.5 Análisis de los datos.

Para ordenar y sistematizar los datos recopilados con la encuesta, se procedió a lo siguiente: 1).- se emplearon hojas de cálculo y algunas herramientas estadísticas, que permitieron clasificar la información correspondiente de cada empresa para el mejor manejo de ésta; 2).- para hacer el análisis estadístico cualitativo y cuantitativo se utilizaron Herramientas de Confiabilidad Operacional que pudieron ser aplicadas: la primera Análisis Causa-Raíz (ACR) “Diagrama de Ishikawa”, con la que se determina de manera cualitativa las causas que originan las fallas comunes de los equipos.

La segunda herramienta el Análisis del Modo y Efectos de Fallas (AMEF), la cual permitió a través de una matriz, reflejar las razones de recurrencia y como se presentan en los equipos, en la misma se citan las posibles consecuencias que las ocasionan y las prioridades a considerar por los encargados, a esta información luego

se aplicó unas tablas diseñadas que relacionan la frecuencia de ocurrencia de las averías, la severidad que puede ocasionar al operador y al equipo, así como también las probabilidades de ser detectadas por los planes de mantenimientos y controles existentes, que permiten obtener información cuantitativa en relación a la prioridad que se le debe dar a los equipos.

Por último el Análisis de Criticidad (AC), que nos permitió jerarquizar cuantitativamente las fallas recurrentes padecidas por las maquinarias, tomando en consideración factores que intervienen en la disponibilidad y confiabilidad operacional del mismo, tales como: frecuencia de fallas, disponibilidad de repuestos en *stock* del proveedor y tiempo de entrega, efectos que puedan poner el riesgo la seguridad y medio ambiente, entre otras.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo se desarrollan los resultados obtenidos luego de las visitas realizadas en algunas empresas dedicadas a la actividad minera del estado Mérida, estos corresponden a la aplicación de una encuesta a los encargados de la empresa y del mantenimiento de las maquinarias. La información recopilada se recolecta con preguntas relacionadas a: tipos de equipos empleados para la extracción, carga y acarreo; experiencia de los operadores, condiciones del taller, tipos de mantenimientos que se practican y experiencia de quiénes los realizan, fallas recurrentes de los equipos para el año en curso, tiempo de duración para las reparaciones, entre otras. Por otra parte la información que se pudo constatar de manera visual para el momento de la visita, sobre todo a los equipos y sus condiciones de trabajo, esto con la finalidad de realizar un análisis que se pretende sea exhaustivo para la presente investigación.

Para definir las condiciones de los equipos en el momento de la visita a las empresas, se hará de la siguiente manera:

1).- Equipos disponibles: los cuales se clasifican como:

- Operativos: Aquellos que están siendo empleados para el momento.
- En espera: No están en uso para el momento.

2).- En reparación: Clasificados como:

- Inoperativos: Equipos en estado de reparación desde un día hasta un año.
- Fuera de servicio: Maquinas en estatus de reparación a partir de un año.

4.1 INFORMACIÓN GENERAL DE LAS EMPRESAS, EQUIPOS Y SUS CONDICIONES.

A continuación se mostrará una breve descripción de las empresas mineras visitadas en el estado Mérida, así como información relevante de sus equipos en el momento de la aplicación de la encuesta, del personal de operación y mantenimiento.

4.1.1 VEMZO C.A

Cantera de agregados dedicada a la extracción y aprovechamiento de material granular de río, para la obtención de piedra picada, arena lavada y polvillo. La empresa tiene una capacidad de producción aproximada de 50000 m³/año y cuenta con taller propio dotado de herramientas necesarias para las reparaciones a los equipos. Los mantenimientos se realizan cada 150 horas y el personal destinado para ello posee cierta experiencia, adquirida de manera empírica en el área de la mecánica, los operadores de los equipos tampoco poseen algún tipo de certificación, pero tienen conocimientos prácticos de muchos años en el manejo de equipos pesados.

VEMZO C.A, se encuentra establecida en el municipio Sucre parroquia Los Estanques en la rivera del río Chama y cuenta con un total de (6) equipos utilizados para el arranque, carga y acarreo de material extraído. En la tabla 4.1 se puede detallar información en cuanto a los equipos y sus condiciones en el momento de la visita a la empresa.

Tabla 4.1 Información general de los equipos y sus condiciones VEMZO C.A

Fuente: Elaboración del autor.

VEMZO C.A										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio).	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	KOBELCO	SK 210	1.3 m ³	2006	*	1	Disponible (en espera)	Propio/usado	El equipo se encontraba en ese estado, ya que, se le estaba realizando mantenimiento a la planta de beneficio. Cabina del operador descubierta sin parabrisas y vidrios de ventana. El equipo recibe mantenimiento preventivo cada 150 horas.	Fallas en el sistema hidráulico (fallas en la bomba hidráulica, mangueras rotas y desgaste de los sellos). Fallas estructurales (desgaste del elemento cortante del cucharón, bujes y pasadores).
	CATERPILLAR	330BL	2.1 m ³	2001	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Equipo operativo en ladera de río. Cabina del operador aparentemente en buen estado.	
Cargador Frontal	CATERPILLAR	950F	3.5 m ³	1992	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Una semana en reparación en el taller por desgaste en los pasadores y dientes del balde. Cabina del operador sin parabrisas y ventanas. El equipo recibe mantenimiento preventivo cada 150 horas.	Fallas en el sistema hidráulico (mangueras rotas y sellos). Fallas estructurales (desgaste en los bujes y pasadores, desgaste de los elementos cortantes del balde).
		950F	3.5 m ³	1992	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Dos (2) días en taller, el equipo recibió mantenimiento preventivo y por otra parte una revisión exhaustiva para descartar fallas potenciales.	

Cargador Frontal	CATERPILLAR	950B	1.5 m ³	1987	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Equipo sin vidrios y parabrisas de cabina, se encontraba realizando el apilamiento en patio de almacenamiento del material extraído del río. Opera seis (6) horas promedio diarias.	Fallas en el sistema hidráulico (mangueras rotas y sellos). Fallas estructurales (desgaste en los bujes y pasadores de los baldes, desgaste de los elementos cortantes del balde).
Camión	MACK	*	8 m ³	*	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Cuatro (4) semanas en reparación por problemas en la transmisión. Los encargados de mantenimiento carecen de experiencia para reparar diferentes tipos de fallas.	Fallas en el sistema hidráulico (fallas en la bomba hidráulica). Fallas mecánicas (transmisión y problemas en la bomba de inyección).

(*) Sin información.

Según la información suministrada por el encargado de mantenimiento y dueño de la empresa, los equipos pueden llegar alcanzar un lapso de tiempo en reparación de una (1) semana hasta un (1) mes, todo esto en función de la gravedad de la falla y disponibilidad de repuestos en las casas matrices proveedoras de partes y piezas.

En relación al tema sobre el estado funcional de los equipos al momento de la visita a la empresa, un 50% de las maquinarias totales se encontraban en reparación de dos (2) a cuatro (4) semanas por la falta de repuestos y personal especializado; el otro 50% restante estaban disponibles. Sin embargo, solo dos (2) equipos y no el total de estos, cumplían con labores de la empresa, esto debido a una parada de la planta de beneficio por mantenimiento mayor.

4.1.2 TRANSPORTES VERA F.P

Empresa dedicada al aprovechamiento de material granular y sedimentos para el llamado préstamo o relleno, se encuentra establecida en la vía Ejido – El Vigía del municipio Sucre Parroquia estanques Sector El Anís, quebrada La Onda. En relación a la producción la empresa no había tenido actividad en los meses transcurridos del año. Según información suministrada por los operadores las revisiones a los equipos se hacen cada ocho (8) días, es decir cada cuarenta (40) horas, en donde se realizan actividades como: chequeo de nivel de aceite, filtros y engrase de las piezas en el mismo frente de extracción. Cuando se presenta alguna falla correctiva imprevista, se traslada el equipo hasta un taller donde es revisado por un mecánico para ser reparado. Transporte Vera cuenta con tres (3) excavadoras destinadas para el arranque de material en los frentes de trabajo.

Con respecto al estado de los equipos en el momento de la visita a la empresa, se puede apreciar en la siguiente página tabla 4.2, que las tres (3) excavadoras se encontraban en reparación (inoperativas), cuya razón es justificada por la recurrencia de fallas múltiples.

Tabla 4.2 información general de los equipos y sus condiciones TRANSPORTE VERA F.P

Fuente: Elaboración del autor

TRANSPORTE VERA										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio).	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	JOHN-DEERE	790EL-C	1.3 m ³	1999	2001	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	En reparación en el mismo frente de extracción. La cabina en mal estado descubierta sin parabrisas y vidrios de ventana. Realizando revisión del sistema hidráulico en el área de trabajo, por pérdida de fuerza en los gatos.	Fallas en el sistema hidráulico (fallas en la bomba hidráulica, mangueras rotas y desgaste de los sellos). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del cucharón, bujes y pasadores).
	KOMATSU	PC200-LC	1.2 m ³	2002	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	El equipo se encontraba parado en el área de trabajo a la espera de ser trasladado al taller por presentar falla de la bomba del sistema hidráulico, (se presume por exceso de trabajo).	
	HYUNDAI	210	1.6 m ³	2008	2010	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	El equipo se encontraba parado en el área de trabajo a la espera de ser trasladado al taller por presentar falla de la bomba del sistema hidráulico, (se presume por exceso de trabajo).	

(*). Sin información.

4.1.3 CAL Y SUMINISTROS LA ROCA II C.A

Empresa dedicada a la explotación de caliza para el posterior beneficio de cal industrial, cal agrícola e hidratada necesaria para los cultivos. La producción en promedio es de 700 Tm/año y está establecida en el municipio Campo Elías, parroquia Matriz, sector La Roca del Manzano Alto, vía Jají del estado Mérida. Los dueños de la empresa, son los encargados de hacer el mantenimiento a los equipo, el lugar destinado ara ejecutar dicha actividad es amplio y poseen las herramientas necesarias para cualquier tipo de reparación. Por otro lado existen maquinarias que han sufrido modificaciones y adaptaciones debido a la dificultad que se tiene para encontrar repuestos y mantenerlas operativos.

El estado funcional de los equipos en el momento de la visita a la empresa se puede detallar en el gráfico 4.1, en donde un 60% estaban en reparación (inoperativos y fuera de servicio) y el otro 40% disponibles. Es importante destacar que la condición en reparación, obedece a la falta de repuestos, motivo por el cual no se había efectuado sus reparaciones. La empresa dispone de diez (10) equipos en total, empleados para el arranque, carga y acarreo del material, ver tabla 4.3 en las siguientes páginas.

Gráfico 4.1 Relación de las condiciones de equipos CAL Y SUMINISTROS LA ROCA II C.A.

Fuente: Elaboración del autor.

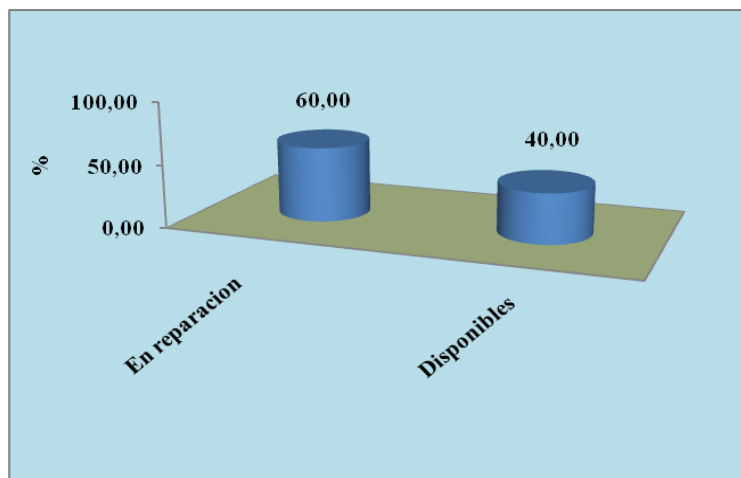


Tabla 4.3 Información general de los equipos y sus condiciones CAL Y SUMINISTROS LA ROCA II C.A
Fuente: Elaboración del Autor.

CAL Y SUMINISTROS LA ROCA II C.A										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio).	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora Cargadora	JOHN DEERE	JD 510-D	0.5 m ³	1996	*	2	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	El equipo operativo solo se emplea para levantar rocas grandes en el área del horno. El equipo fuera de servicio, se encuentra en esa condición desde hace dos (2) años, el motivo por exceso de equipos en la empresa, se emplean algunas de sus partes como repuestos si el equipo operativo así lo requiriere.	Fallas en el sistema hidráulico (fallas en los gatos, mangueras rotas y desgaste de los sellos). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del balde, desgaste de bujes y pasadores).
		JD 410-D	0.5 m ³	1980	*	1	En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	Se encuentra en esa condición, por exceso de equipos en la empresa y la baja productividad, en ocasiones se emplea algunas de sus partes como repuestos por si presenta fallas el equipo que se encuentra operativo.	

Cargador Frontal	JOHN DEERE	JD 644-B	3.5 m ³	1980	*	3	(1) Disponible (operativo) (2) En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	El equipo operativo es el que se emplea para las labores de carga en el frente de explotación. Los equipos fuera de servicio tienen dos (2) años en esa condición, fueron adquiridos con horas operativas acumuladas. Presentan pérdidas de aceite del sistema hidráulico. Uno (1) de ellos presenta problemas con el turbo y en el sistema de enfriamiento, así como también desgaste en los cauchos. Las cabinas del operador, se encontraban en mal estado.	Fallas en el sistema hidráulico (fallas en la bomba hidráulica, mangueras rotas y desgaste de los sellos). Fallas mecánicas (recalentamientos por problemas en el sistema de enfriamiento, fallas en el turbo, reparaciones exhaustivas de motor).
	KINCO HAUGH	30	*	*	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Inoperativo desde hace dos (2) meses, se le ejecutaba reparaciones del motor, ya que sufrió un fuerte recalentamiento por falta de refrigerante, lo que originó que se quemaran las empaaduras de la cámara y se doblaran las válvulas. Es importante resaltar que este equipo tiene una adaptación de un motor 380 a gasolina.	Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del balde, desgaste de bujes y pasadores, cambio de cauchos desgastados).
Camión	GMC	*	5 m ³	*	*	2	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	El equipo operativo trabaja solo dos (2) días a la semana y es empleado para transportar el material del sitio de extracción al patio de almacenamiento. Mientras tanto el equipo fuera de servicio tiene tres (3) años en esa condición, por problemas en el tren delantero, debido a una adaptación. También	Fallas mecánicas (problemas en la transmisión y puntas de ejes por desgaste en rodamientos, problemas en tren delantero y dirección, bomba hidráulica de la dirección).

Camión									presenta problemas en la dirección y fuertes botes de aceite del motor, que para ese momento, aun no habían sido corregidas.	Fallas mecánicas (problemas en la transmisión y puntas de ejes por desgaste en rodamientos, problemas en tren delantero y dirección, bomba hidráulica de la dirección).
	CHEVROLET	*	5 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Este equipo trabaja de dos (2) a tres (3) días a las semana y es empleado para llevar material del frente al patio de almacenamiento.	

(*) Sin información.

4.1.4 PREMEZCLADOS OCCIDENTE C.A

Dedicada a la venta y distribución de premezclados de concreto, se encuentra establecida en la rivera del río Chama, en el municipio Campo Elías, parroquia Fernández Peña, del sector La Vega de Ejido: Tiene una producción aproximada de 30000 m³/año. Posee taller propio y el personal encargado de las reparaciones con alguna experiencia en el área de la mecánica. Los mantenimientos se hacen cada 200 horas. En lo que respecta a los operadores, tienen años de experiencia en el manejo de equipos pesados, sin embargo carecen de algún tipo de certificación profesional de manejo de maquinarias.

El estado funcional de los equipos se encontró de la siguiente manera: 53.85% equipos disponibles y 46.15% en reparación, gráfico 4.2. Del segundo caso, un (1) equipo se encontraba fuera de servicio, los alegatos fueron, que presentaba una fuerte falla y qué es más factible, usar sus partes como repuestos que repararlo, dado que se considera que ha terminado su tiempo de vida útil económica para la empresa. Las reparaciones pueden durar de una (1) semana a tres (3) meses, todo dependiendo de la dificultad que presenten los equipos y la disponibilidad de repuestos. La empresa dispone de trece (13) equipos para el arranque, carga y acarreo de material granular de río, cuyas condiciones en el momento de la visita están resumidas en la tabla 4.4 de la siguiente página.

Gráfico 4.2 Relación de las condiciones de equipos PREMEZCLADOS OCCIDENTE C.A.

Fuente: Elaboración del autor.

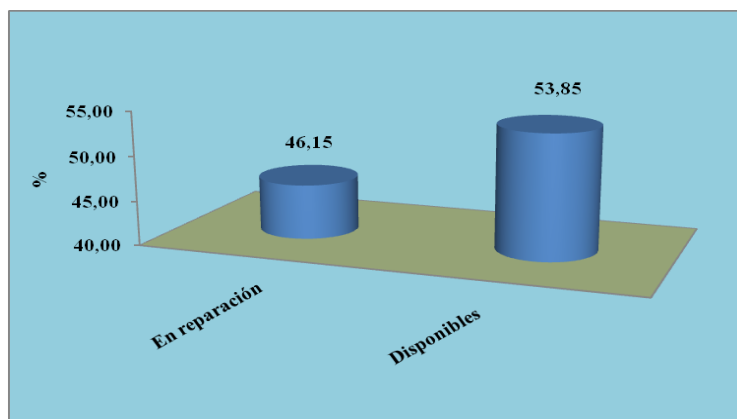


Tabla 4.4 Información general de los equipos y sus condiciones PREMEZCLADOS OCCIDENTE C.A
Fuente: Elaboración del Autor.

PREMEZCLADOS OCCIDENTE C.A										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio).	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	JOHN DEERE	690EL-C	1.3 m ³	*	*	3	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (fuera de servicio) (1) En reparación (inoperativo)	Propio/usado	El equipo operativo es el que realiza el trabajo de extracción actualmente, el inoperativo se encuentra desde hace tres (3) meses en el taller por cambio de motor, ya que cumplió su tiempo de vida útil. Por otro lado la maquina fuera de servicio, se encuentra en ese estado desde hace 5 años, debido a que la empresa considera que cumplió su tiempo de vida útil, las partes y piezas de éste se emplean como repuestos para las otras dos (2) excavadoras.	Fallas mecánicas (reparaciones de motor, por cumplimiento de vida útil). Fallas sistema hidráulico (reparación de bombas, mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del cucharón, desgaste de pasadores y bujes).
		530	2 m ³	*	*	2	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (inoperativo)	Propio/usado	El equipo operativo es utilizado en la planta para cargar los camiones que distribuyen material a los compradores. El equipo inoperativo lleva dos (2) semanas en el taller ya que presentó desgaste en los engranajes y rolineras de la caja.	Fallas mecánicas (reparaciones de la bomba de inyección). Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del cucharón, desgaste de pasadores y bujes).
Cargador Frontal	INTERNATIONAL	JH-65	*	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Equipo que lleva a cabo las labores de llenado de camiones en el río, material que tiene como destino la planta trituradora.	Fallas mecánicas (reparaciones de la bomba de inyección). Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del balde, desgaste de pasadores y bujes).

Camión	FIAT	N3	6 m ³	*	*	3	(2)Disponibles (operativos) (1)En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Los equipos operativos, ejecutan las labores del acarreo del material extraído de río hasta la planta trituradora. El equipo inoperativo se encuentra en reparación motivado a una falla en el motor y en sistema de frenado desde hace dos (2) meses.	Fallas mecánicas (problemas en la suspensión, ballestas rotas, fallas en las trasmisión, puntas de ejes y rodamientos) Fallas en sistema de frenado.
	FORD	750	8 m ³	*	*	2	En reparación (inoperativos)	Propio/usado	Estos equipos inoperativos llevaban dos semanas en reparación, debido a fuertes fallas en el sistema de frenado.	
	MACK	B42	8 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Equipo empleado para hacer el despacho del material derivado a los compradores y grandes mayoristas.	
	FORD	7000	10 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Equipo empleado para hacer el despacho del material derivado a los compradores y grandes mayoristas.	

(*). Sin información.

4.1.5 CONSTRUCTORA ROCAL C.A

Dedicada a la elaboración y distribución de mezcla asfáltica, se encuentra instalada a la rivera del río Chama, municipio Sucre, parroquia San Juan del sector Las González. Tiene una producción de 20000 m³/año de material granular de río. Posee taller propio y dotado de herramientas necesarias para hacer las reparaciones que se presenten en los equipos, los mantenimientos se hacen cada 250 horas/uso, los operadores y mecánicos poseen experiencia adquirida de manera empírica dentro de la misma empresa y pueden dar solución a cualquier eventualidad que se pueda presentar a las maquinarias, según alegó el entrevistado.

En el momento de la visita se encontraron: 64.29% equipos disponibles y 35.71% en reparación, en el grafico 4.3 se puede constatar esta distribución. Las reparaciones pueden llegar alcanzar un lapso de espera de hasta dos (2) semanas si la falla es menor y hasta ocho (8) meses si son fallas mayores, por ejemplo: un cambio de motor o tren de rodaje. Esto se debe a la baja disponibilidad de repuestos en las casas proveedoras de partes. La empresa dispone de 14 equipos para el arranque, carga y acarreo de material granular de río, ver tabla 4.5.

Gráfico 4.3 Relación de las condiciones de equipos COSTRUCTORA ROCAL C.A.

Fuente: Elaboración del autor.

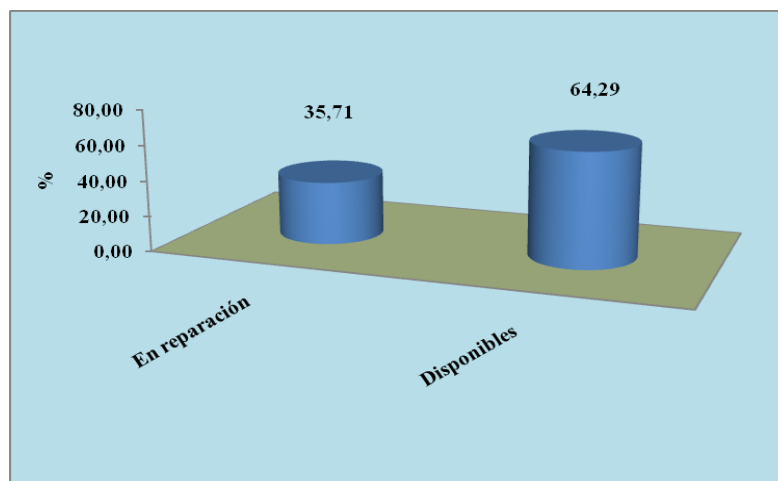


Tabla 4.5 Información general de los equipos y sus condiciones CONSTRUCTORA ROCAL C.A
Fuente: Elaboración del Autor.

CONSTRUCTORA ROCAL C.A										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio).	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	CATERPILLAR	320	*	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Estos equipos son los que se encontraban llevando a cabo la extracción de material granular de río en la zona de saque. No se pudieron observar, ya que, el frente de extracción estaba ubicado en otro lugar.	Fallas mecánicas (reparación del motor, por cumplimiento de vida útil). Fallas sistema hidráulico (reparación de bombas, mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del cucharón, desgaste de los pasadores y bujes).
		E200-B	*	1990	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado		
	POCLAIN	GC-200	*	*	*	2	En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado		
	INTERNATIONAL	H-90 DE RUDAS	*	*	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado		

Cargador Frontal	CATERPILLAR	966-D	3 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Este equipo es el empleado para llevar el material desde el patio de almacenamiento, hasta el lugar de alimentación de la planta trituradora, cuyo acarreo es corto.	Fallas mecánicas (reparación de las cámaras por recalentamiento). Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de pasadores y bujes). Fallas eléctricas (reparación del electro ventilador).
	INTERNATIONAL	530	2.8 m ³	*	*	3	(2) Disponibles (operativos) (1) En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Los equipos operativos son empleados en planta para el carguío de los camiones que distribuyen material a los grandes mayoristas. El equipo inoperativo llevaba más de dos (2) semanas en reparación por fugas de aceite del motor.	
	JOHN DEERE	544-J	2.5 m ³	2005	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Este equipo llevaba más de de dos (2) semanas en el taller, por presentar problemas de recalentamiento, cuya causa se le atribuye a problemas en el rayador que estaba perforado. La cabina del operador se encontraba en óptimas condiciones.	
Camión	MACK	R600	12 m ³	*	*	2	Disponibles (operativos)	Propio/usado	Los equipos son empleados para el despacho de material de los clientes grandes mayoristas.	Fallas mecánicas (suspensión y rodamientos de la transmisión).
Excavadora Cargadora	CATERPILLAR	426	*	1988	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	El equipo es empleado solo para el apilamiento de material acabado y para el carguío de camiones si es necesario.	Según alegatos el equipo no ha presentados fallas, solo se le ha hecho el mantenimiento preventivo cuando le corresponde.

Tractor de Oruga	CATERPILLAR	D8-K	*	1986	*	1	Disponible (en espera)	Propio/usado	Este equipo se encuentra en esta condición desde hace seis (6) meses, solo se emplea en los frentes cuando existe la necesidad de un movimiento fuerte de material o para crear un acceso a otro frente o saque.	Según alegatos el equipo no ha presentado fallas, solo se le ha hecho el mantenimiento preventivo cuando le corresponde.
-------------------------	-------------	------	---	------	---	---	------------------------	--------------	--	--

(*) Sin información.

4.1.6 PEDRERA SANTO DOMINGO C.A

Cantera de agregados dedicada al aprovechamiento de material granular de río para la obtención de piedra picada, arena lavada y polvillo, está ubicada en el municipio Santos Marquina, parroquia Tabay, a la rivera del río Chama en Los Llanitos de Tabay kilómetro 8, tiene una producción aproximada de 8000 m³/año. Posee taller propio y amplio para realizar reparaciones, los operadores y personal de mantenimiento tienen alguna experiencia en el manejo de equipos y mecánica, las revisiones y chequeos de las maquinarias las ejecutan cada 350 horas.

En relación a las condiciones y funcionalidad de los equipos para el momento de la visita a la empresa, podemos visualizar en el gráfico 4.4, que 42.86% están disponibles y 57.14% en reparación. Las reparaciones alcanzan un lapso de tiempo de hasta cuatro (4) meses cuando son averías mayores, debido a la falta de disponibilidad en *stock* de repuestos de los proveedores de partes.

En la empresa Pedrera Santo Domingo hay en existencia siete (7) equipos, empleados para el arranque, carga y acarreo de material granular de río, ver tabla 4.6.

Gráfico 4.4 Relación de las condiciones de equipo PEDRERA SANTO DOMINGO C.A.

Fuente: Elaboración del autor.

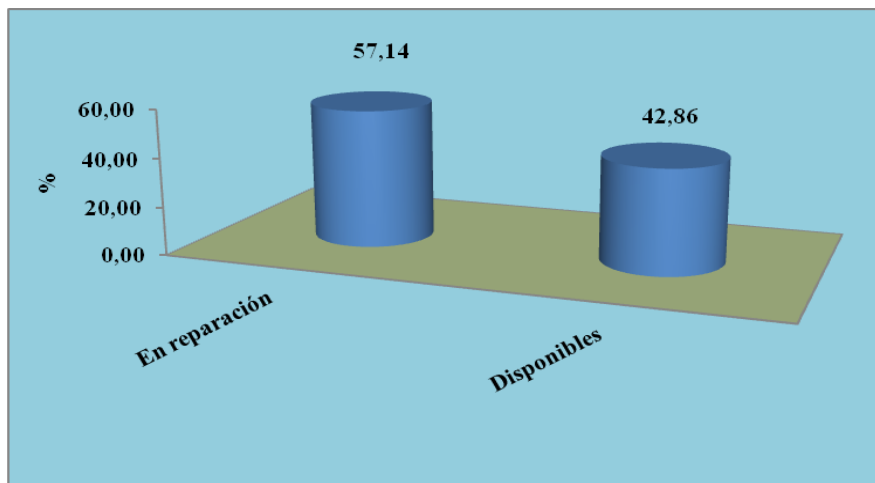


Tabla 4.6 Información general de los equipos y sus condiciones PEDRERA SANTO DOMINGO C.A
Fuente: Elaboración del autor.

PEDRERA SANTO DOMINGO C.A										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio).	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	JOHN DEERE	690EL-B	1.5 m ³	*	*	1	En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	El equipo se encontraba en una situación de abandono en un lugar cercano al taller. La cabina del operador presentaba deterioro estructural, con los vidrios y parabrisas rotos. Presencia de una falla que no fue especificada, alegaron que no hay repuestos para repararlo. Tampoco especifican el tiempo que tenía el equipo en ese estatus.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del cucharón, desgaste de pasadores y bujes).
	KOBELCO	SK 210	1.5 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	El equipo no se logró observar para verificar en qué condiciones se encontraba.	

Cargador Frontal	CATERPILLAR	966-C	2.5 m ³	*	*	3	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (inoperativo) (1) En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	El equipo operativo, se encontraba realizando las labores de carga de material en patio de almacenamiento hacia la planta trituración. El equipo inoperativo se encontraba en reparación desde hace tres (3) meses aproximadamente, debido a fallas en el motor. El equipo fuera de servicio llevaba más de un (1) año en ese estatus y se están usando sus partes como repuestos para otros.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas mecánicas (reparación exhaustiva del motor, reparación de la bomba de inyección, reparación de la caja por desgaste de engranajes).
	JOHN DEERE	544-C	2 m ³	*	*	2	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	El equipo operativo, estaba llevando a cabo las labores del carguío de los camiones para despachar material a los compradores. Del equipo fuera de servicio se empleaban sus partes como repuestos para el equipo operativo en caso de que presente fallas mayores, éste llevaba aproximadamente dos (2) años en esta condición.	Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del balde, desgaste de pasadores y bujes).

(*) Sin información.

4.1.7 CANTERA SAN JOSÉ C.A

Empresa minera dedicada a la extracción de material granular de río para la obtención de piedra picada, arena lavada y polvillo, se encuentra localizada en el municipio Santos Marquina, parroquia Tabay, a la rivera del río Chama en Los Llanitos de Tabay, kilómetro 9, tiene una producción aproximada de 5000 m³/año de material. No posee taller para hacer las reparaciones y mantenimiento de equipos, en caso de que un equipo padezca una falla se contrata un mecánico particular para que lleve a cabo la reparación pertinente

En relación al estado de las maquinas al momento de visitar la empresa se encontró: 70% en reparación y 30% disponibles, gráfico 4.5. Es importante destacar que de los equipos en reparación, la mayoría están fuera de servicio y de éstos se emplean, sus partes como repuestos para reparar a los que presenten fallas. La tabla 4.7 cita información importante recopilada a la empresa de los diez (10) maquinarias empleadas para el arranque, carga y acarreo.

Gráfico 4.5 Relación de las condiciones de equipos CANTERA SAN JOSÉ C.A.

Fuente: Elaboración del autor.

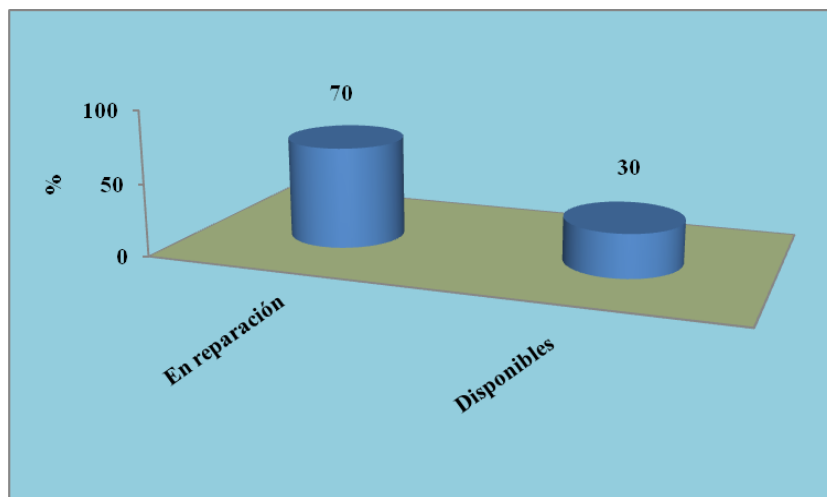


Tabla 4.7 Información general de los equipos y sus condiciones CANTERA SAN JOSÉ C.A

Fuente: Elaboración del autor.

CANTERA SAN JOSÉ C.A										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio).	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	JOHN DEERE	690EL-B	1.5 m ³	*	*	2	En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	El primer equipo fuera de servicio, se encuentra en ese estatus desde hace más de un (1) año por presentar una falla en el motor y falta de repuestos, ya que en la empresa no hay mucha actividad desde hace cuatro (4) meses. Del segundo se emplean sus partes como repuestos para los operativos y tiene dos (2) años en esa condición, ya que repararlo implicaría un costo superior si se adquiriera un equipo nuevo.	Fallas del sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos, reparación de la bomba). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del cucharón, desgaste de bujes y pasadores y en el tren de rodaje y cadenas de orugas).
	CATERPILLAR	320B-L	1 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	El equipo no se pudo observar, ya que realizaba labores de mantenimiento de vía en otro sitio, según información suministrada sus condiciones son operativas y óptimas.	

Cargador Frontal	JOHN DEERE	644-B	3 m ³	*	*	2	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (inoperativo)	Propio/usado	La maquina operativa estaba siendo empleado para hacer la alimentación de material a la trituradora, mientras que el inoperativo se encontraba desde hace cinco (5) meses en esa condición a la espera de ser reparado el motor.	Fallas del sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de bujes y pasadores del balde). Fallas mecánicas (rodamiento, cauchos, reparación del motor).
		A-62	*	*	*	2	En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	Estos se encontraban aislados en un patio dentro de la misma empresa y estaban totalmente desmantelados. Según alegatos llevan más de cinco (5) años en esa condición.	
Camión	MERCEDEZ	19-24	10 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Realiza el traslado del material desde el frente de extracción hasta la planta trituradora.	Fallas mecánicas (trasmisión y desgaste de rodamientos, suspensión, motor fundido, cauchos). Sistema eléctrico (arranque).
	FORD	600	6 m ³	*	*	1	En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	Las Maquinarias se encontraron en muy malas condiciones, los cauchos, parabrisas rotos, fugas de aceites, entre otros. Desde hace dos (2) años están en ese estatus y no los reparan por ser muy viejos y por el alto costo de esta.	
	MACK	*	6 m ³	*	*	1	En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado		

(*). Sin información.

4.1.8 AGROPECUARIA EL GRAN CHAPARRAL

Dedicada al aprovechamiento de material granular de río para la obtención de arena lavada y granzón, se encuentra ubicada en municipio Santos Marquina, parroquia Tabay quebrada Mucuy, sector Hacienda y Vega. Su producción es de 7000 m³/año. La empresa no posee taller para ejecutar las reparaciones de los equipos y contratan personal mecánico especializado cuando estos presentan algunas fallas. Los operadores son contratados de manera eventual y éstos se encargan de hacer las revisiones y chequeos a los equipos cada ocho (8) días.

En cuanto al estado físico de los equipos en el momento de la visita se encontró 66.67% en reparación y 33.33% disponibles. En relación al primero de los casos su estado se debía a la espera de éstos en el lugar de extracción, a ser trasladados a un taller para ser reparados. Este tiempo puede llegar alcanzar hasta siete (7) meses y todo depende de la gravedad de la falla y disponibilidad de repuestos en las casas proveedoras de parte. Esta información se puede sintetizar en el gráfico 4.6 y la tabla 4.8, nos aportará información resumida de las seis (6) maquinas empleadas para el arranque, carga y acarre.

Gráfico 4.6 Relación de las condiciones de equipos EL GRAN CHAPARRAL.

Fuente: Elaboración del autor.

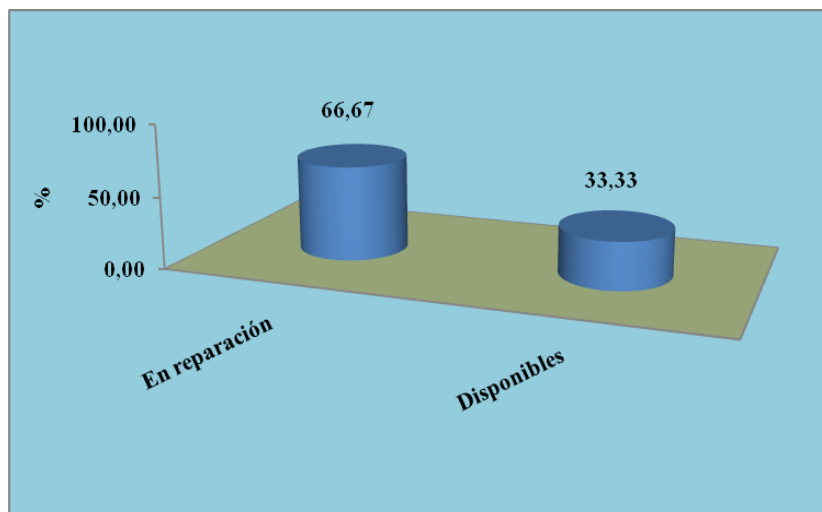


Tabla 4.8 Información general de los equipos y sus condiciones AGROPECUARIA EL GRAN CHAPARRAL
 Fuente: Elaboración del autor.

AGROPECUARIA EL GRAN CHAPARRAL											
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio)	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos	
Excavadora	DOOSAN	DL06	1.3 m ³	*	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Se encontraba en el frente de extracción desde hace seis (6) meses a la espera de ser reparado por la falta de repuestos. La falla que presenta este equipo es en el sistema hidráulico, avería de la bomba y manueras, válvulas y sellos de los gatos. Se observó buenas condiciones en la cabina del operador.	Fallas del sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos, cuerpo de válvulas y bomba en malas condiciones). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del cucharón, desgaste de bujes y pasadores).	
	POCLAIN	*	1.5 m ³	*	*	1	En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	Cuatro (4) años en esa condición. Cumplió su tiempo de vida útil y no se consiguen repuestos.		
	CATERPILLAR	320-C	1.5 m ³	*	*	2	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (inoperativo)	Propio/usado	El equipo Operativo se encontraba realizando las labores de extracción en el río. La cabina del operador está en buenas condiciones. El equipo inoperativo lleva más de siete (7) meses a la espera de ser reparado por la falta de repuestos.		

Cargador Frontal	DOOSAN	250V	3 m ³	*	*	2	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (inoperativo)	Propio/usado	<p>La maquina operativa se encontró en el frente de extracción y era empleado para el carguío de camiones. La inoperativa llevaba tres (3) meses a la espera de ser reparado el turbo que se encontraba en mal estado. Se pudo observar que ambos equipos presentaban buenas condiciones en la parte estructural y cabina del operador.</p> <p>Fallas del sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de bujes y pasadores del balde). Fallas Mecánicas (turbo en malas condiciones).</p>
-------------------------	--------	------	------------------	---	---	---	---	--------------	--

(*): Sin información.

4.1.9 MANUFACTURAS SAN JAVIER C.A

Compañía dedicada a la elaboración de productos de alfarería derivados de la arcilla. Sostiene una producción de 2000 Tm/año.

En relación a las reparaciones y mantenimientos, se ejecutan cada 200 horas y el personal encargado de dicha actividad son profesionales certificados del área de la mecánica. Es importante resaltar que las maquinarias tienen más de 50 años en operación y se la han hecho adaptaciones para mantenerlas esas estatus.

Las condiciones de los equipos para el día de la visita se encontró que: 66.67% disponibles y 33.33% en reparación. En pocas ocasiones se efectúan paradas por alguna falla inesperada, esto se debe a la realización de los mantenimientos programados que se les hacen y a pesar de que pueden considerarse obsoletos, su disponibilidad es alta. En la gráfica 4.7, se refleja las condiciones de éstos en el momento de la visita a la empresa y el resumen en la tabla 4.9.

Gráfico 4.7 Relación de las condiciones de equipos MANUFACTURAS SAN JAVIER C.A

Fuente: Elaboración del autor.

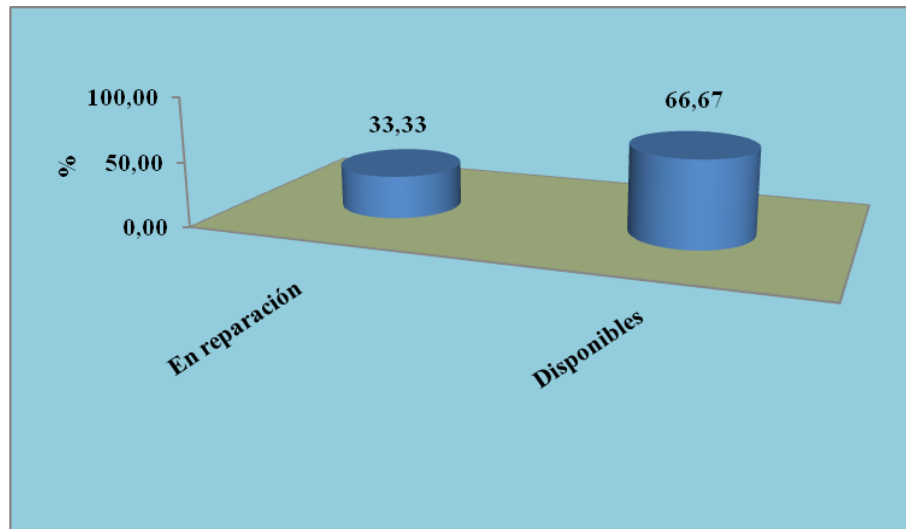


Tabla 4.9 Información general de los equipos y sus condiciones MANUFACTURAS SAN JAVIER C.A
 Fuente: Elaboración del autor.

MANUFACTURAS SAN JAVIER, C.A.										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio)	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Tractor de Oruga	CATERPILLAR	D4	*	1945	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Equipo empleado para hacer el arranque de la arcilla del frente de extracción. Este presenta características diferentes a su diseño original, ya que le hicieron cambios y adaptaciones de muchas de sus partes.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos, reparación de la bomba). Fallas estructurales (desgaste de pasadores y bujes, desgaste de los elementos cortantes, desgaste de cadenas). Fallas eléctricas (reparación del arranque).
		D7	*	1975	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Se encontraba en reparación desde hace dos (2) meses, le estaban realizando una adaptación del tren de rodaje de otro equipo y revisión del sistema hidráulico por fallas en la bomba y sellos dañados.	
Cargador Frontal de Cadena	CATERPILLAR	977L	*	1973	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	El equipo es empleado para hacer el acarreo del material de arcilla al patio de almacenamiento. Según información suministrada, este equipo ha presentado fallas en el arranque en los últimos meses.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos, reparación de la bomba). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del balde, pasadores y bujes). Fallas eléctricas (reparación del arranque).

(*) Sin información

4.1.10 TRANSPORTE MINAS ARACAY

Empresa minera dedicada a la extracción de material granular de río. Se localiza en el municipio Cardenal Quintero, parroquia Las Piedras del sector La Vega a la rivera del río Aracay. Tiene una producción de 1000 m³/año. Posee solo un cargador frontal marca Palazzani empleado para el arranque, carga y acarreo del material. Con relación a los mantenimientos se contrata los servicios del proveedor cada 200 horas. Esta máquina fue adquirida nueva durante el 2008 y todos sus componentes están conectados a un sistema electrónico automatizado que al presentar alguna falla, se indica en un tablero. Durante la visita se pudo visualizar la buena condición del equipo, en relación a las fallas recurrentes por éste se sintetiza en la tabla 4.10.

Tabla 4.10 Información general de los equipos y sus condiciones TRANSPORTE MINAS ARACAY.
Fuente: Elaboración del Autor.

TRANSPORTE MINAS DE ARACAY										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio)	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipo en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Cargador Frontal	PALAZZANI	PL-85	1,5 m ³	2006	2008	1	Disponible (operativo)	Propio/nuevo	El equipo es empleado para hacer la extracción del material al inicio de la alimentación de la represa José Antonio Páez del río Santo Domingo. Se pudo observar que el equipo estaba en buenas condiciones, debido a que es relativamente nuevo.	Fallas Sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de pasadores y bujes del balde).

4.1.11 CONSTRUCTORA LOS PAUJIES

Aprovechamiento de material granular de río. Se localiza en el municipio Cardenal Quintero, parroquia Las Piedras sector La Vega a la rivera del río Aracay.

La producción es de 1500 m³/año y posee solo un cargador frontal marca Caterpillar empleado para el arranque, carga y acarreo del material. Con respecto al tema de los mantenimientos, se hacen mensual y para ello se contrata los servicios de un mecánico que trabaja como particular. Por su parte el operador no posee una certificación especializada en el manejo de maquinarias; sin embargo, manifiesta tener años de experiencia en el manejo de éstos. En relación a la información relevante de la condición del equipo y otra adicional en el momento de la visita se puede visualizar en la tabla 4.11.

Tabla 4.11 Información general de los equipos y sus condiciones CONSTRUCTORA LOS PAUJIES
 Fuente: Elaboración del Autor

CONSTRUCTORA LOS PAUJIES										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio)	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Cargador Frontal	CATERPILLAR	936	2 m ³	*	2006	1	Disponible (operativo)	Propio/nuevo	El equipo es empleado para hacer la extracción del material al inicio de la alimentación de la represa José Antonio Páez del río Santo Domingo. Se pudo observar que el equipo estaba en buenas condiciones.	Fallas Sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de pasadores y bujes del balde).

(*) Sin información

4.1.12 INCURVI C.A

Empresa que elaboración y distribuye mezcla de asfáltica, está ubicada en el municipio Alberto Adriani, parroquia Nucete Sardi en el kilómetro 6, vía Los Naranjos, sector Aroa El Vigía. Produce 18000 m³/año de material granular de río. Posee un taller dónde se lleva a cabo las reparaciones de los equipos y mantenimientos programados cada 200 horas, el personal encargado de ejecutar dichas actividades son profesionales del área. Con relación a los operadores de las maquinas, fueron entrenados dentro de la misma empresa y no poseen certificación profesional ni capacitación formal comprobada.

Los equipos que se encontraron están distribuidos de la siguiente manera: 80% disponibles y 20% restantes en reparación, gráfico 4.8. La tabla 4.12 muestra información suministrada sobre las fallas recurrentes que se deben a desgaste natural de piezas, ésta es llevada en un registro e historial para hacerles un seguimiento a los equipos y tomar medidas correctivas programadas en los mantenimientos.

Gráfico 4.8 Relación de las condiciones de equipos INCURVI C.A
Fuente: Elaboración del autor.

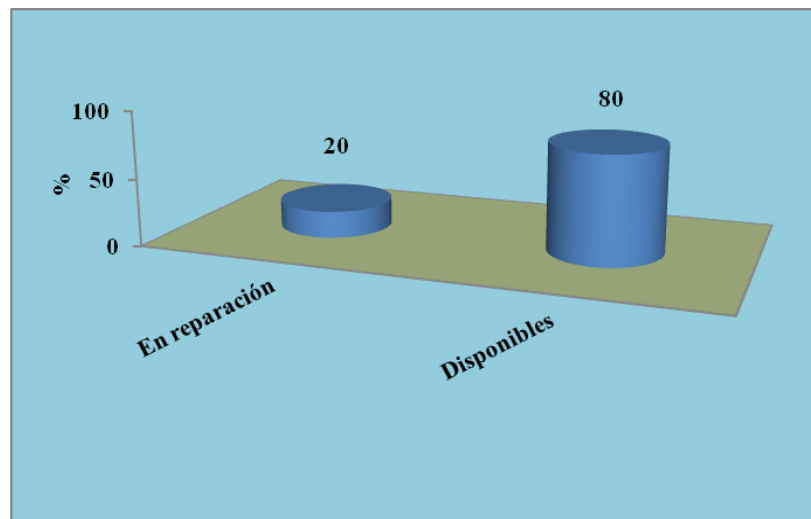


Tabla 4.12 Información general de los equipos y sus condiciones INCURVI C.A

Fuente: Elaboración del Autor.

INCURVI C.A										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio)	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	CATERPILLAR	330-D	1 m ³	2005	2008	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	El equipo es empleado para la extracción del material granular de río.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes del cucharón, pasadores y bujes y cadenas de las orugas).
Cargador Frontal	CATERPILLAR	330-D	2.8 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	El equipo es empleado para alimentar la planta trituradora y hacer el apilamiento del material producto de ésta.	Fallas Sistema Hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de elementos cortantes, pasadores y bujes).
	CASE	621-D	2.5 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	El equipo es empleado para alimentar la planta trituradora y hacer el apilamiento del material producto de ésta.	Fallas mecánicas (palancas de mando).
Camión	VOLVO	A-35D	22 m ³	2008	2012	2	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (inoperativo)	Propio/usado	Los equipos son empleados para acarrear el material granular extraído del río hacia la planta de trituración. El equipo en reparación se encontraba en esas condiciones desde hace dos (2) meses por fallas en la bomba del sistema hidráulico y en el motor del electro ventilador.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y cuerpo de válvulas). Fallas mecánicas (motor de ventilador, suspensión y transmisión rodajes y punta de ejes de las ruedas). Fallas eléctricas (arranque).

(* Sin información.

4.1.13 FERRE-AGROPECUARIA ARENERA EL SANTO NIÑO.

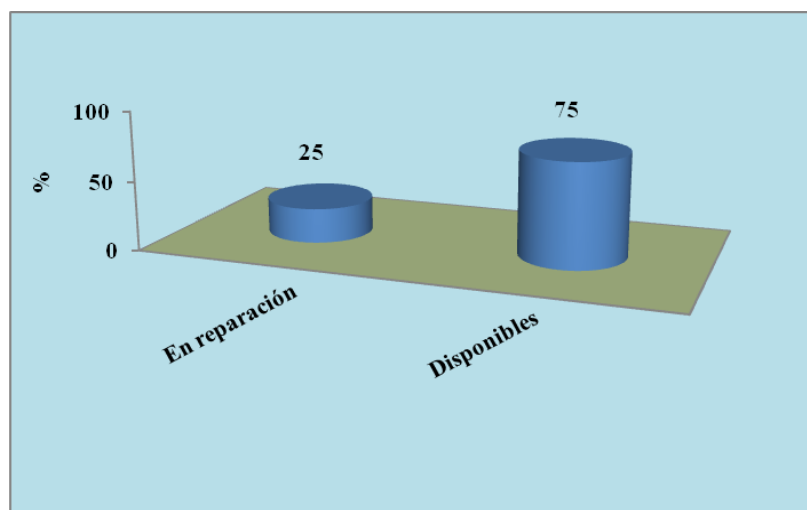
Aprovecha el material granular de río para la obtención de productos utilizados en la construcción, se localiza en el municipio Alberto Adriani, parroquia Rafael Pulido Méndez, a la rivera del río Mucujaje sector Aroa El Vigía. La producción aproximada es de 5000 m³/año, no posee taller mecánico para llevar a cabo las reparaciones requeridas en los equipos. Los mantenimientos se ejecutan cada 150 horas y en caso de que algún equipo presente una falla de distinta magnitud que lo amerite, contratan un mecánico especializado.

Se encontró 75% de equipos disponibles y 25% en reparación, gráfica 4.9. Estas maquinarias pueden llegar a permanecer entre uno (1) y tres (3) meses en espera para ser reparados cuando son fallas mayores, esto debido a la poca disponibilidad de repuestos en las casas proveedoras.

Más adelante en la tabla 4.13, se agrupa la información sobre las condiciones de los equipos al momento de la visita a la empresa y datos relevantes suministrados en relación a las fallas recurrentes durante el año (2013).

Gráfico 4.9 Relación de las condiciones de equipos FERRE-AGROPECUARIA ARENERA EL SANTO NIÑO.

Fuente: Elaboración del autor.



**Tabla 4.13 Información general de los equipos y sus condiciones
FERRE-AGROPECUARIA ARENERA EL SANTO NIÑO**

Fuente: Elaboración del Autor.

FERRE-AGROPECUARIA ARENERA EL SANTO NIÑO										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio)	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	HYUNDAI	180	0.5 m ³	2006	2008	1	Disponible (operativo)	Propio/nuevo	El equipo es empleado para la extracción del material granular de río. Se encontraba en óptimas condiciones la cabina del operador.	Fallas sistema hidráulico (bomba, válvulas, mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de elementos cortantes, pasadores, bujes y cadenas de la orugas).
Cargador Frontal	CATERPILLAR	950	2 m ³	1985	2012	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Los equipos son empleados para hacer el apilamiento de material y llenar los camiones que compran arena lavada.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de pasadores y bujes). Fallas mecánicas (reparación de las cámaras por recalentamiento).
	JOHN DEERE	624	1.5 m ³	1985	2012	1				
Excavadora Cargadora	KRAMER ALL-RAD	416-S	*	*	*	1	En reparación (fuera de servicio)	Propio/usado	El equipo fue adquirido hace dos (2) años usado y no ha sido reparado por presentar fallas múltiples y disponer de repuestos.	Fallas sistema hidráulico (bomba, mangueras y sellos rotos y cuerpo de válvulas en malas condiciones). Fallas mecánicas (motor, fallas en la bomba de inyección).

(*) Sin información.

4.1.14 SAQUE SAN JOSÉ.

Empresa dedicada al aprovechamiento de material granular de río, ubicada en el municipio Alberto Adriani, parroquia Rómulo Betancourt Los Pozones, sector El Dique. Tiene una producción aproximada de 4000 m³/año, posee taller dentro de sus instalaciones para reparar fallas menores y mayores; los mantenimientos de los equipos se realizan cada 150 horas y los encargados de estas actividades son técnicos profesionales en mantenimiento mecánico. En la empresa se lleva un control e historial de las fallas padecidas por los equipos con la finalidad de hacer un seguimiento permanente del estado funcional de éstos.

Saque San José dispone de nueve (9) equipos empleados para el arranque, carga y acarreo del material, de los cuales al momento de la visita, 77.78% estaban disponibles y 22.22% en reparación, gráfico 4.10.

Las fallas recurrentes presentes por éstos, se deben al desgaste de las piezas y a que el tiempo de espera para ejecutar las reparaciones pueden llegar de hasta un (1) mes a seis (6) meses, debido a la poca disponibilidad de repuestos en las casas proveedoras, según alega la empresa. En la tabla 4.14, se resume esta información sobre las condiciones de los equipos, aportada por la empresa.

Gráfico 4.10 Relación de las condiciones de equipos SAQUE SAN JOSÉ.

Fuente: Elaboración del autor.

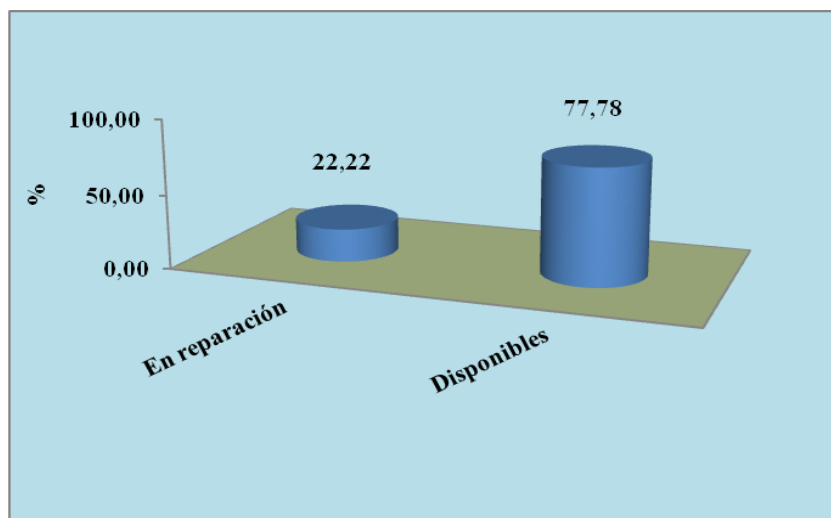


Tabla 4.14 Información general de los equipos y sus condiciones SAQUE SAN JOSÉ
Fuente: Elaboración del Autor.

SAQUE SAN JOSÉ										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio)	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	JONH DEERE	450LC	4 m ³	2004	2005	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	El equipo tenía un (1) mes en reparación por falla en el motor y el tren de rodaje por desgaste en las cadenas de orugas, también por desgaste en los bujes y pasadores de la pala.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de elementos cortantes, pasadores, bujes y cadenas de la oruga). Fallas Mecánicas (reparación del motor por pérdida de potencia).
		330LC	2 m ³	2010	2011	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Los equipos estaban siendo empleados para la extracción del material granular de río y se encontraban en óptimas condiciones.	
		690LC	1.3 m ³	2000	2005	1	Disponible (operativo)	Propio/usado		
Cargador Frontal	CATERPILLAR	988	5 m ³	*	2007	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	El equipo se encuentra en reparación desde hace seis (6) meses por presentar fallas de recalentamiento y falta de compresión, no ha sido reparado por falta de repuestos.	Fallas sistema Hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (Desgaste de pasadores y bujes del balde). Fallas mecánicas (desgaste de rodamientos de las ruedas y recalentamiento por problemas de compresión en las cámaras).
		950	2.5 m ³	1985	2000	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Se emplea para hacer la carga de los camiones del material extraído del río.	
	JONH DEERE	744I	3.5 m ³	1990	2009	1	Disponible (operativo)	Propio/usado		
		644D	3 m ³	*	2006	1	Disponible (operativo)	Propio/usado		

Camión	IVECO	EURO TRAKIN	25 m ³	*	2013	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Este equipo es empleado para hacer el acarreo del material granular del río al patio donde se clasifica.	Fallas mecánicas (cambio del plato, disco y collarín del sistema de embrague, reparación de la caja y cauchos).
	FORD	CARGO 815	*	*	2004	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Equipo utilizado para cargar los materiales y herramientas para el mantenimiento de los equipos en frentes de explotación.	

(*) Sin información.

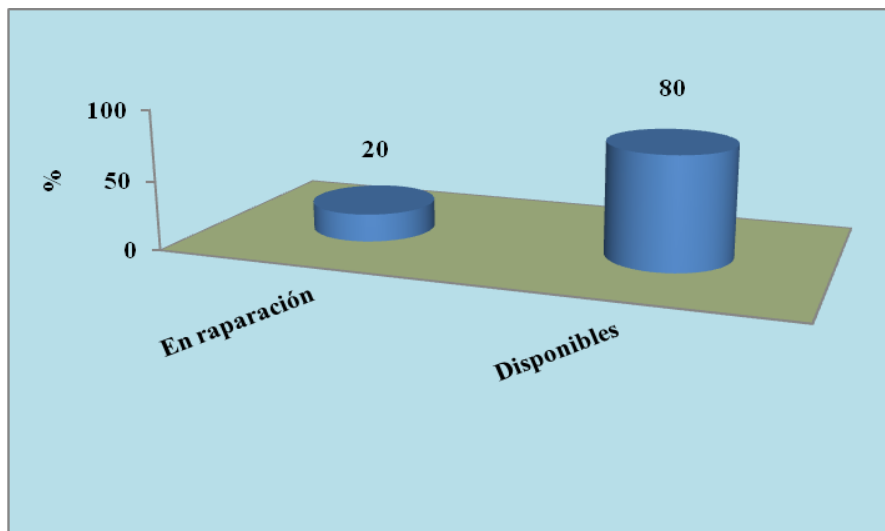
4.1.15 MATERIALES HERMANOS RODRÍGUEZ PÉREZ C.A.

Aprovecha material granular de río, se encuentra ubicada en el municipio Alberto Adriani, parroquia Rómulo Betancourt Los Pozones, sector El Dique vía Santa Bárbara El Vigía. Produce aproximadamente 85000 m³/año. Cuenta con taller dentro de sus instalaciones en donde se reparan las fallas menores y mayores. El mantenimiento de los equipos se realiza cada 200 horas. Con relación al personal encargado de realizar las revisiones de las maquinas y los operadores, tiene 15 años laborando de manera continua para la empresa y sus experiencias fueron adquiridas de manera práctica.

Sobre las condiciones de los equipos se puede observar en el gráfico 4.11, un 20% en reparación y 80% disponibles. Por otro lado en la tabla 4.15, se cita información suministrada por la empresa sobre las fallas en lo que va del año (2013), las cuales se deben a desgaste de las piezas.

Gráfico 4.11 Relación de las condiciones de equipos MATERIALES HERMANOS RODRÍGUEZ PÉREZ C.A.

Fuente: Elaboración del autor.



**Tabla 4.15 Información general de los equipos y sus condiciones MATERIALES HERMANOS RODRÍGUEZ
PÉREZ C.A**

Fuente: Elaboración del Autor.

MATERIALES HERMANOS RODRIGUEZ										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio)	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de las visitas.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	JONH DEERE	450LC	4 m ³	*	*	2	(1) Disponible (operativo) (1) En reparación (inoperativo)	Propio/usado	El equipo en reparación tenía dos (2) semanas en esa situación, por presentar fallas en el motor debido a recalentamiento, también por desgastes de bujes y pasadores.	Fallas Sistema Hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de elementos cortantes, pasadores, bujes y cadenas de las orugas). Fallas mecánicas (reparación del motor por recalentamiento en las cámaras).
		330LC	2 m ³	*	2007	1	En reparación (inoperativo)	Propio/nuevo	Llevaba en reparación dos (2) semanas por desgaste en las cadenas del sistema de rodaje de las orugas.	
	DOOSAN	DL06	1.3 m ³	*	*	2	Disponible (operativo)	Propio/usado	Estaban llevando a cabo las operaciones de extracción de material granular de río.	
Cargador Frontal	CATERPILLAR	980	3 m ³	*	*	4	Disponibles (operativos)	Propio/usado	Equipos operativos en el frente de extracción.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de pasadores y bujes). Fallas mecánicas (reparación de la bomba de inyección por contaminación del gasoil).
		950	2.5 m ³	1985	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado		
		910	1 m ³	*	*	1	En reparación (inoperativo)	Propio/usado	En reparación desde hace un (1) año, adquirido usado y se está armando.	
	DOOSAN	400V	3.5 m ³	*	2006	3	Disponibles (operativos)	Propio/nuevo	Los equipos se encontraban en el taller por mantenimiento preventivo.	
Camión	FORD	TORONTO 8000	12 m ³	*	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	Empleado para acarrear el material desde el río hasta el patio de almacenamiento para ser clasificado y despachado.	Fallas mecánicas (reparación de la transmisión y rodamientos de las puntas de ejes).

(*) Sin información.

4.1.16 PAVIMENTADORA ONICA C.A

Compañía dedicada al aprovechamiento de material de río para posterior elaboración de premezclado de concreto y mezcla asfáltica. Produce 18000 m³/año de material extraído del río. Está ubicada en el municipio Alberto Adriani, municipio Rómulo Betancourt, carretera El Vigía santa Bárbara Los Pozones, sector El Dique. Posee taller propio totalmente especializado para ejecutar cualquier tipo de actividad de mantenimiento entre los cuales se encuentran el predictivo y preventivo programado. El encargado de dirigir dichas actividades es profesional de la Ingeniería mecánica y los operadores tienen más de 10 años de experiencia en el manejo de equipos pesados. Según información sobre el mantenimiento, los equipos no han padecido en lo que va del año (2013) fallas mayores, que ameriten mantenimientos correctivos.

Por otra parte en la información suministrada por la persona empresa, se alega que se tiene un control e historial de las fallas recurrentes presentadas en cada uno de los equipos, lo que permite hacer un seguimiento permanente a la maquinaria y de esta manera poder programar mantenimientos correctivos, de forma que se puede evitar paradas inesperadas de éstos, que pueda afectar la producción. En el momento de la visita a la empresa el 100% de los equipos se encontraban disponibles y operativos para el arranque, carga y acarreo.

La tabla 4.16, se resume información importante de los equipos, suministrada por la empresa, relacionada a las fallas recurrentes.

Tabla 4.16 Información general de los equipos y sus condiciones PAVIMENTADORA ONICA C.A
 Fuente: Elaboración del Autor.

PAVIMENTADORA ONICA C.A										
Maquinaria Tipo	Marca	Modelo	Capacidad (Tn o m ³)	Año de Fabricación	Año de Adquisición	Cantidad	Condición del Equipo al momento de la visita: Disponible (operativo o en espera) o En reparación (inoperativo o fuera de servicio)	Situación del Equipo: Propio o Arrendado	Observaciones importantes de los equipos en el momento de la visita.	Fallas recurrentes que han presentado los equipos
Excavadora	CATERPILLAR	330	1 m ³	2005	*	1	Disponible (operativo)	Propio/usado	El equipo no se logró observar, ya que se encontraba en el lugar de extracción. Según alegatos, está destinada solo a la extracción de material del río, se encontraba en buenas condiciones y no ha presentado fallas imprevistas.	Fallas sistema hidráulico (mangueras y sellos rotos). Fallas estructurales (desgaste de los elementos cortantes, pasadores y bujes).
Camión	MACK	*	19 m ³	*	*	5	Disponibles (operativos)	Propio/usado	Los equipos se encontraban operativos y son los encargados de acarrear el material granular del río hacia la planta de trituración.	Fallas mecánicas (reparación de la transmisión y rodamientos de las puntas de ejes).

(*) Sin información.

4.2 MARCAS Y EQUIPOS EXISTENTES EN EL ESTADO MÉRIDA.

En el estado Mérida las compañías dedicadas a la actividad minera, emplean equipos de diferentes distribuidores, para ejecutar sus actividades de arranque, carga y acarreo, entre los cuales resaltan proveedores como: Caterpillar, John Deere, Doosan, entre otros, para el arranque y carga, mientras que para el acarreo resaltan las marcas Mack y Ford, en la tabla 4.17 se muestran las distintas marcas de equipos encontrados en las empresas mineras encuestadas de la entidad.

Tabla 4.17 Marcas de equipos usados por la empresas mineras encuestadas.

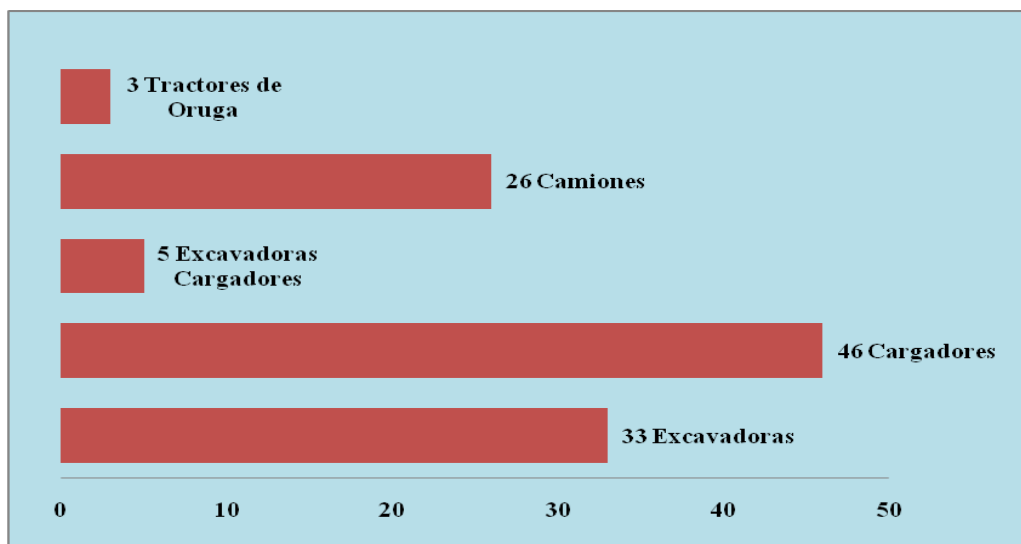
Fuente: Elaboración del Autor.

Marcas Equipos	Caterpillar	John Deere	Hyundai	International Dresser	Doosan	Ford	Mack	Otros (Kobelco, Komatsu, Poclain, Palazzani, Case, Volvo, GMC, Iveco, Chevrolet, Fiat, Mercedes)	Total
Excavadoras	8	13	2	1	3	0	0	6	33
Cargadores Frontales	18	14	0	6	5	0	0	3	46
Excavadoras Cargadores	1	3	0	0	0	0	0	1	5
Camiones	0	0	0	0	0	5	10	11	26
Tractores	3	0	0	0	0	0	0	0	3
Total	30	30	2	7	8	5	10	21	113

Por otra parte, los equipos empleados en las 16 empresas visitadas, son en su gran mayoría similares. Para el arranque y carga se emplean excavadoras y cargadores frontales, mientras que para el acarreo camiones que van de cinco (5) a veinticinco (25) m³ de capacidad. En el gráfico 4.12, se puede detallar la cantidad de equipos encontrados por tipos en las empresas encuestadas.

Gráfico 4.12 Cantidad y tipos de equipos existentes en las empresas encuestadas del estado Mérida.

Fuente: Elaboración del Autor



4.3 CONDICIONES Y ESTADO OPERACIONAL DE LOS EQUIPOS.

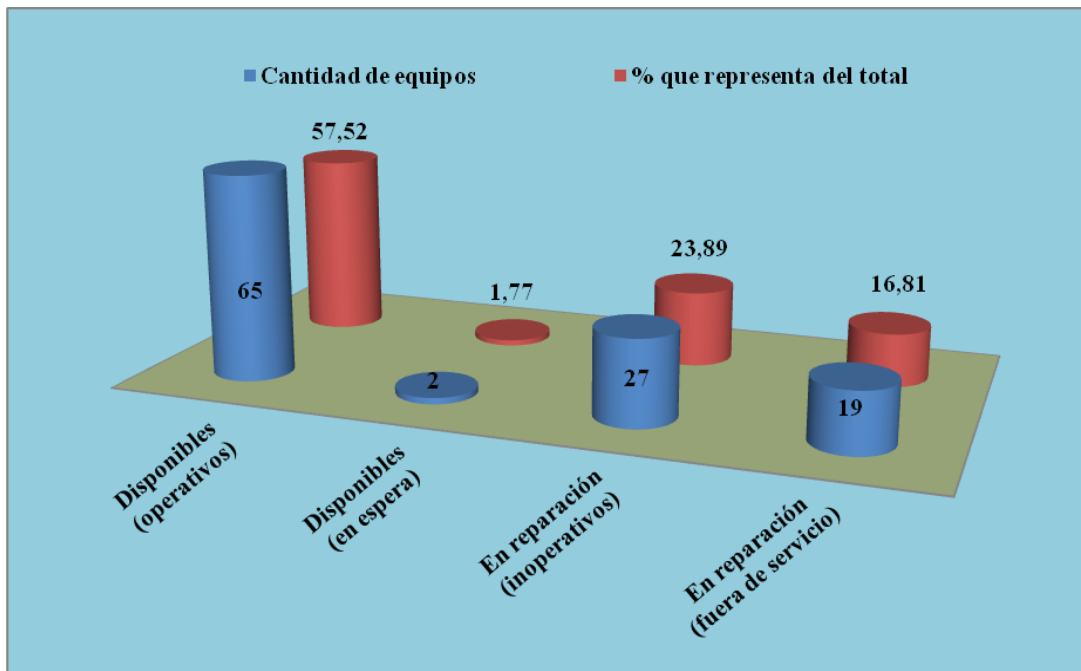
En relación a la situación de los equipos en la entidad, se visualiza en el gráfico 4.13, que de 113 maquinarias, 65 estaban disponibles (operativas), dos (2) disponibles (en espera); 27 en reparación (inoperativas) y 19 (fuera de servicio). Del último de los casos las empresas alegaron, que estas máquinas habían cumplido su tiempo de vida útil, siendo empleados como suministros de repuestos a otros equipos que si están operativos. Por otro lado los encontrados en estatus de reparación, tenían en común los tipos de fallas, en las que resaltan: sistema hidráulico, rotura de mangueras y sellos; averías estructurales, tren de rodaje y componentes, desgaste de

elementos cortantes; mecánicas, transmisión, suspensión, rodamientos de ruedas, entre otras.

Por su parte los equipos operativos, se encontraban realizando actividades como: arranque directo del material granular a las laderas de los ríos por parte de las excavadoras; los cargadores frontales llevaban a cabo el carguío de los camiones, ya sea en el frente de extracción o para despachar material en los patios de almacenamiento, sin embargo, éstos en algunos casos realizaban acarreo corto para alimentar las plantas; mientras que los camiones hacían el acarreo, desde los ríos hasta las planta de beneficio.

Gráfico 4.13 Condiciones y estado operacional de los equipos.

Fuente: Elaboración del autor.



4.4 FALLAS RECURRENTE EN LOS EQUIPOS EMPLEADOS PARA EL ARRANQUE, CARGA Y ACARREO.

La presente sección tiene como intención, resaltar los tipos y frecuencias de averías de los equipos, con la finalidad de conocer el comportamiento de éstas y qué relación guarda con la disponibilidad de las maquinarias.

4.4.1 Fallas Sistema Hidráulico (FSH).

Para las fallas ocurridas en el Sistema Hidráulico, se detallan en la tabla 4.18. Según la información suministrada por las empresas, las averías de este tipo son bastantes comunes, especialmente en los equipos empleados para el arranque directo y carga.

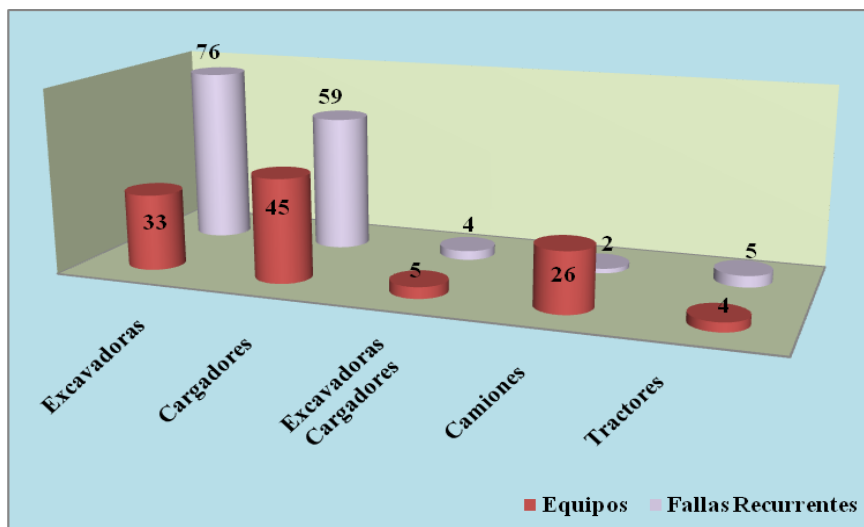
Tabla 4.18 Tipo de fallas del Sistema Hidráulico.
Fuente: Elaboración del Autor.

Tipos de Fallas		Equipos				
		Excavadoras	Cargadores	Excavadoras Cargadores	Camiones	Tractores
Fallas del SH	Bomba hidráulica	6	0	1	1	0
	Sellos rotos	29	28	1	0	3
	Rotura de mangueras	37	31	1	0	2
	Válvulas	4	0	1	1	0
Total		76	59	4	2	5

Las fallas que resaltan en el SH, son: rotura de mangueras, sellos rotos; principalmente en las excavadoras y cargadores frontales. Estos tipos de averías se caracterizan por presentarse de manera inesperada. Se estima que el intervalo de frecuencia de ocurrencia de este tipo de fallas en el SH, en tiempo puede ir entre dos (2) y tres (3) meses.

Las frecuencias de fallas en el SH, se pueden resumir de manera visual en el gráfico 4.14, donde al menos 76 han ocurrido en las 33 excavadoras, mientras que 59 en los 45 cargadores. Esto puede interpretarse como dos (2) fallas en promedio para el primer caso y una (1) para el segundo. La posible causa de estos resultados, es debido a qué, son los equipos encargados de asegurar la producción y disponibilidad del material, con horarios de trabajo continuo entre 7-8 horas diarias.

Gráfico 4.14 Frecuencia de FSH.
Fuente: Elaboración del Autor.



Las empresas suministraron información acerca de los tiempos en reparación de los equipos en que son más frecuentes, están entre dos (2) días y una (1) semana, causa que depende de la disponibilidad en *stock* de repuestos. Por otra parte, los representantes de proveedores de partes y repuestos, afirman contar con disponibilidad y variedad para reparar este tipo de averías, las cuales pueden considerarse como menores.

4.4.2 Fallas Estructurales (FE).

Los tipos de fallas estructurales ocurridas, se detallan en la tabla 4.19. Según información suministrada por las compañías, el intervalo en que se presentan estas averías está en el orden de dos (2) a tres (3) meses. Entre algunas de estas tenemos:

desgaste en bujes pasadores (debido a la falta de revisión frecuente), deformación de pasadores (por exceso de roce entre piezas), desgaste de los elementos cortantes de los equipo de arranque y carga (causada por la presencia de minerales abrasivos e irregularidad en el material extraído del río); y por último, averías en el tren de rodaje de las excavadoras (debido a la falta de revisión y ajuste en la tensión de las cadenas, así como la irregularidad en el piso de los frentes de extracción).

Tabla 4.19 Tipo de fallas estructurales.

Fuente: Elaboración del Autor.

Tipos de Fallas		Equipos			
		Excavadoras	Cargadores	Excavadoras Cargadores	Tractores
FE	Desgaste de elementos cortantes del cucharón, balde o cuchilla.	20	5	1	0
	Desgaste de bujes y pasadores.	33	34	1	2
	Tren de rodaje y desgaste de cadenas de orugas	11	1	0	1
Total		64	40	2	3

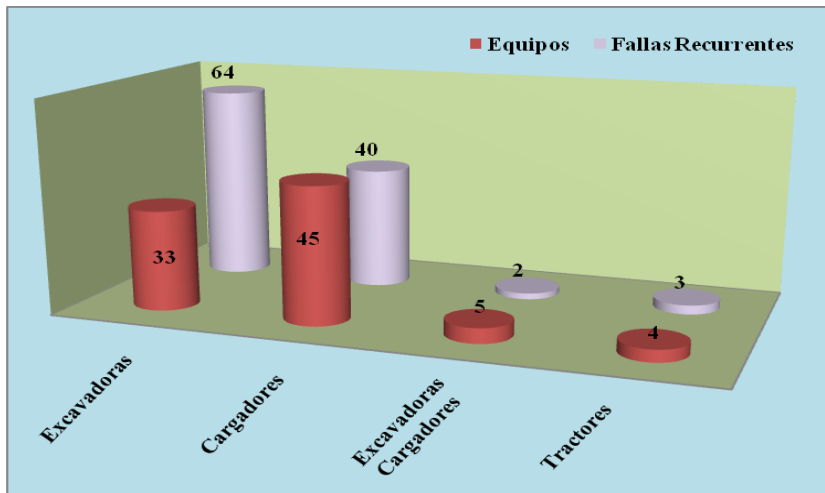
Por su parte, los encargados del suministro de repuestos, alegan que el desgaste es un tipo de falla bastante común, debido al material con el que trabajan las maquinarias. La abrasión de los elementos cortantes, se puede deber a un uso incorrecto de éstos o el material utilizado, no corresponde con la dureza del mineral que se extrae del río. Aunado a esto, contribuyen al deterioro de las piezas, la falta de revisión y supervisión, así como la irregularidad del área de trabajo donde se lleva a cabo la extracción o frentes de explotación.

El gráfico 4.15, representan las frecuencia de FE ocurridas en las máquinas estudiadas, información proporcionada por las empresas, de las cuales 64 fallas han ocurrido en 33 excavadoras y 40 en los 45 cargadores. Al igual que en el caso de las FSH, las averías ocurren más en los equipos empleados para el arranque, por las

mismas razones de asegurar la producción del material y el trabajo de manera continua (7 a 8 horas/día). La ocurrencia es mayor en los elementos cortantes y en las orugas del tren de rodaje, debido a las irregularidades en los frentes de extracción ubicados a las riveras de los ríos.

Gráfico 4.15 Frecuencia de FE.

Fuente: Elaboración del autor.



4.4.3 Fallas Mecánicas (FM).

Entre las fallas mecánicas más comunes se cuentan con las siguientes: averías en la suspensión, transmisión, desgaste de rodamientos en puntas de ejes, sistema de frenado, entre otras. Algunas de las causas que originan la aparición de FM son: irregularidades en las vías de acceso (que afectan sobre todo a los equipos de acarreo como los camiones); así como el porcentaje de humedad del material extraído directamente del río, lo cual puede incidir en la capacidad nominal del equipo de acarreo, afectando principalmente la transmisión y suspensión. Los problemas del sistema de frenado se puede presentar, si el operador en vez de reducir la velocidad con la caja, usan los frenos con mucha frecuencia.

En el caso de los cargadores frontales, las FM aparecen según el grado y tipo de mantenimiento que reciben. De las empresas visitadas, se recopilaron datos de cuatro (4) equipos en reparación de motor, debido a que se considera que ya cumplieron su vida útil. De cualquier modo, no puede considerarse una falla en común para este tipo de máquina. La tabla 4.20, muestra los distintos tipos de fallas mecánicas presentadas en los equipos de las empresas entrevistadas.

Tabla 4.20 Tipo de fallas mecánicas.

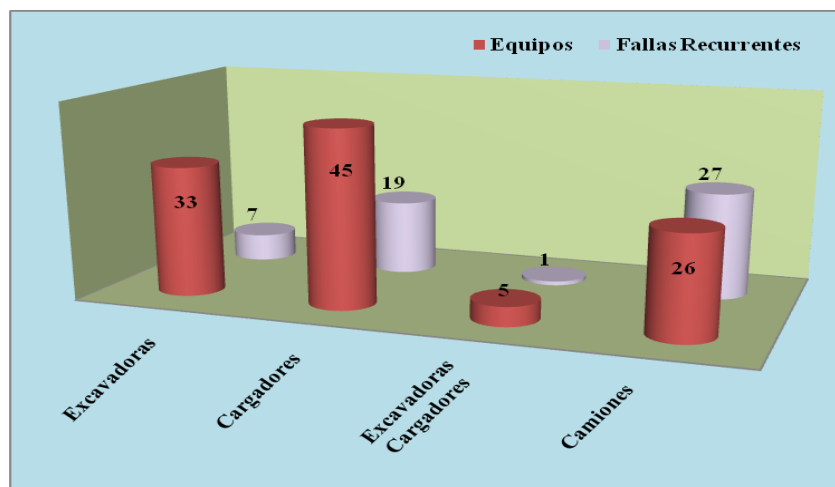
Fuente: Elaboración del Autor.

Tipos de Fallas		Equipos			
		Excavadoras	Cargadores	Excavadoras Cargadores	Camiones
FM	Bomba de inyección	3	3	0	0
	Falla en el turbo	0	2	0	0
	Cambio de cauchos	0	2	0	4
	Palancas de mando	0	1	0	0
	Trasmisión	0	0	0	7
	Reparación de la caja y sistema de engranaje	0	2	0	1
	Tren delantero y dirección	0	0	0	1
	Reparación de cámaras por recalentamiento	1	3	0	0
	Puntas de ejes y rodamientos de las ruedas	0	2	0	7
	Sistema de frenado	0	0	0	3
	Reparación del motor	3	4	1	2
	Suspensión (amortiguadores y ballestas)	0	0	0	2
Total		7	19	1	27

La frecuencia de FM, se puede ver en el gráfico 4.18. Estas averías parecen más común en los camiones (27 fallas en 26 equipos), pero también con algo de ocurrencia en los cargadores (19 en 45). Según información suministrada por las empresas, estas averías se deben en su mayoría a la sobrecarga de las capacidades nominales a las que están sometidos los equipos, así como a la falta de mantenimiento y diseño adecuado de las vías de acarreo. Para las maquinarias de carga, el más resaltante es la reparación de motor, lo cual se debe por cumplimiento de vida útil o por defecto de algún componente vinculado a éste, como reparaciones de las cámaras por recalentamiento.

Gráfico 4.16 Frecuencia de FM.

Fuente: Elaboración del autor.



4.4.4 Fallas Electromecánicas (FEM).

En la tabla 4.21, se reflejan los tipos más comunes de FEM, en los equipos estudiados, en base a la información suministrada por las empresas. Es resaltante, que no son fallas significativa, debido a los alegatos de los propios entrevistados sobre la poca o ninguna relevancia dada a su aparición. Sin embargo, este tipo de avería puede ocasionar otros daños a diversos componentes en la máquina. Un ejemplo de ello, es una experiencia compartida por algunas de las empresas, donde uno de los equipos

entro a mantenimiento por recalentamiento, producto a una falla relacionada con el electro ventilador que no fue detectada a tiempo.

Tabla 4.21 Tipo de fallas electromecánicas.

Fuente: Elaboración del Autor.

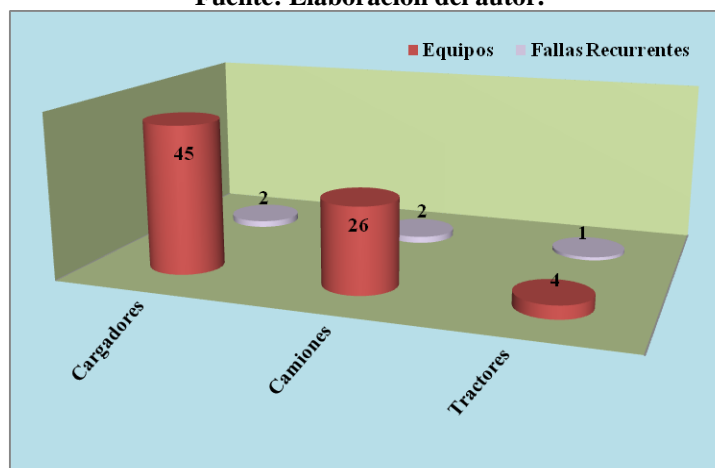
Tipos de Fallas		Equipos		
		Cargadores	Camiones	Tractores
FEM	Bobinas	0	0	0
	Alternador	0	0	0
	Electro ventilador	0	1	0
	Arranque	2	1	1
	Computadora	0	1	0
Total		2	3	1

Este tipo de falla es común, porque los equipos relativamente nuevos tienen componentes electrónicos a los que se les hace seguimiento por computadora. Al ser equipos viejos solo mecánicos y tener fallas de esa naturaleza, las FEM son menospreciadas e ignoradas, trayendo como consecuencia daños notables a otros componentes del equipo relacionados con la señal electrónica.

La frecuencia de fallas se ve en el gráfico 4.19, donde podemos apreciar fallas recurrentes reportadas por las empresas, donde al menos (26 de 3) camiones presentan este tipo de FEM.

Gráfico 4.17 Frecuencia de FEM.

Fuente: Elaboración del autor.



4.5 TIEMPO PROMEDIO DE LOS EQUIPOS EN REPARACIÓN (INOPERATIVOS O FUERA DE SERVICIO).

Dentro de la investigación realizada, reportar el número de equipos que no estén trabajando por diversas razones, también se hace necesario para conocer el contexto de la situación de los equipos mineros del estado Mérida. De un total de 46 máquinas en estatus de reparación, 27 representan a los inoperativos y 19 “fuera de servicio”. Para el primer caso, las fallas no han podido repararse, según alegan las empresas, debido a la falta de disponibilidad en *stock* de repuestos y partes en el país. Mientras que para el segundo caso, las máquinas se han sacado de las flotas debido a que una o múltiples averías se vuelven persistentes y se hacen muy costosas sus reparaciones (probablemente por envejecimiento del equipo) comparado con la adquisición de una nueva similar para realizar la misma actividad.

En relación a las maquinarias “fuera de servicio”, las empresas prefieren denominarlas de esa manera que usar el término “desincorporadas”, dado que éste último implicaría un trámite legal (ver anexo IV), precedente y aplicable a equipos que se encuentran realizando labores en minas del país. La omisión o el desconocimiento, es quizás la razón para evitar realizar este procedimiento administrativo, cada vez que, un equipo queda apartado de la flota sin que se le haya actualizado su estatus legal.

Por otro lado de información suministrada por personas entrevistadas representantes de casas matrices proveedoras de partes y repuestos, afirmaron poder garantizar la disponibilidad de repuestos, en la medida que haya una política económica de estado que pueda avalar y asegurar a tiempo las divisas necesarias para importar los productos que cubran las necesidades del mercado.

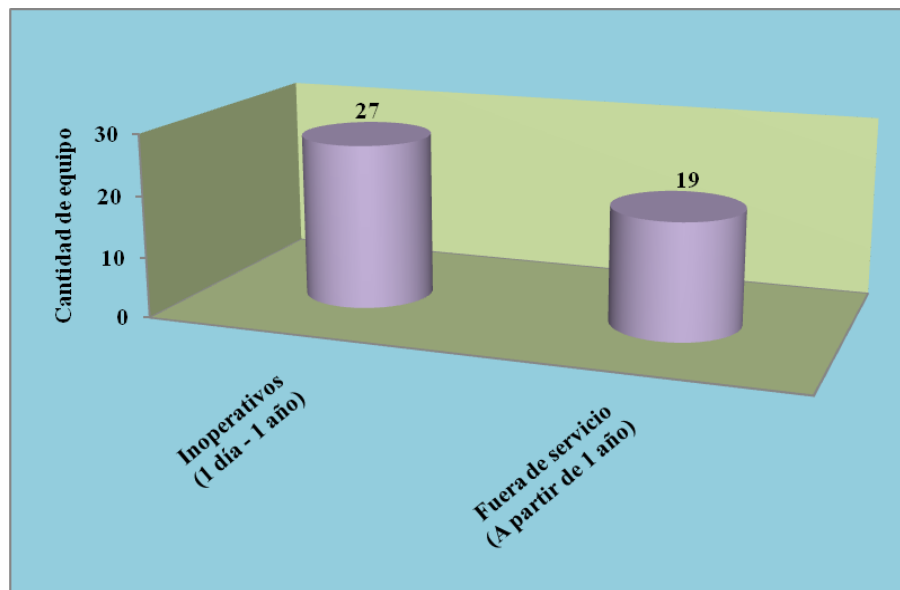
Por su parte, las empresas en el país que se encargan de representar y distribuir los equipos mineros de las marcas encontradas en el estado Mérida, afirman que pueden garantizar la disponibilidad y suministros de repuestos, siempre y cuando se mejore la política en materia económica desde el Estado Central, de modo que se

garantice la disponibilidad de acceso a tiempo y de manera oportuna a las divisas, para la importación de estos productos que no se producen en el territorio nacional, pero que son importantes en el ámbito de estudio.

Podemos visualizar a continuación en el gráfico 4.20, información recopilada sobre los tiempos promedio de parada y espera de los equipos en reparación, en el estado Mérida.

Gráfico 4.18 Tiempo promedio en reparación de los equipos (inoperativos y fuera de servicio).

Fuente: Elaboración del autor.



CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

El presente capítulo, tiene como finalidad exponer el análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación, así como los factores que afectan la disponibilidad de los equipos empleados en actividades mineras.

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

Para la realización de un diagnostico integral, sobre las causas que han llevado a la situación actual de los equipos mineros del estado Mérida, se emplearon algunas Herramientas de Confiabilidad Operacional, entre las que se mencionan: Análisis Causa-Raíz (ACR), Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF) y Análisis de Criticidad (AC). Según sea el caso, podremos explicar o deducir, el estado físico y confiabilidad de las máquinas de la entidad merideña, para comprender los factores que intervienen y afectan su disponibilidad.

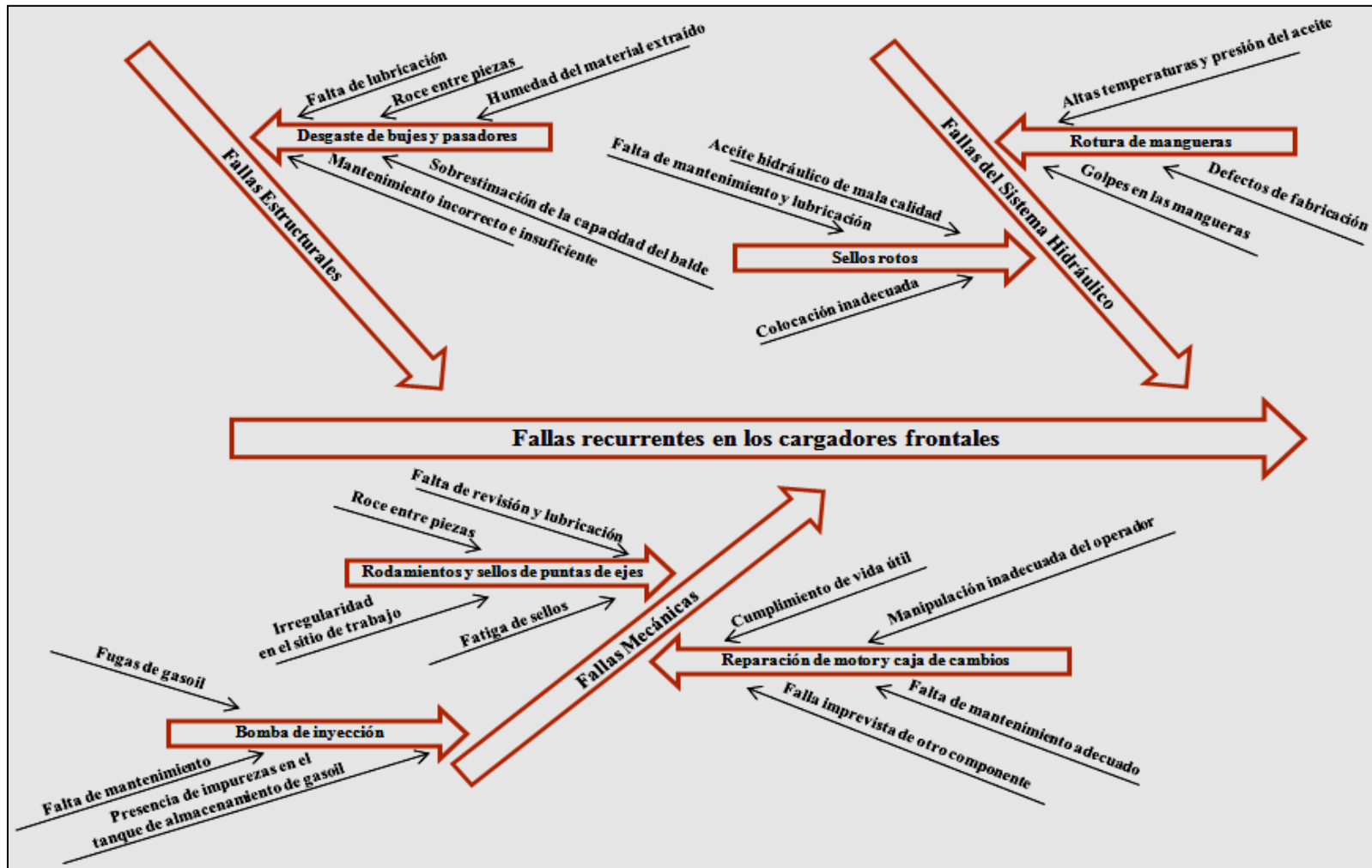
5.1.1 Análisis Causa-Raíz (ACR).

Con el ACR se deducen las causas que originan las averías de los equipos empleados en el sector minero del estado Mérida, cuya finalidad es generar el diagnostico de las condiciones en que se encuentran.

Para este análisis se ilustran en las siguientes figuras 5.1, 5.2 y 5.3 los posibles factores que dan origen a las fallas persistentes en los equipos empleados para el arranque, carga y acarreo, los cuales están basados en información suministrada por las empresas mineras de la entidad y los proveedores de partes y repuestos.

Figura 5.1 Análisis Causa-Raíz de fallas recurrentes en los cargadores.

Fuente: Elaboración del autor.



Como se pudo apreciar en la figura 5.1, el funcionamiento y condición óptima de trabajo de los cargadores frontales, están asociados a varios factores.

- **Fallas Mecánicas.**

Las reparaciones de motores y las cajas presentes, pueden tener inversa relación con el funcionamiento correcto del equipo. La experiencia y habilidad del operador juega un papel importante; debe tener conocimientos relacionados a la capacidad nominal de las maquinarias, lo que garantiza mayor disponibilidad y producción en la empresa, así como, mayor aprovechamiento del tiempo de vida útil para el cual fue proyectado. Otro factor vinculante que puede disminuir el rendimiento y potencia de los motores es la altitud (Manual de Rendimiento Caterpillar 42); ambas pueden verse reducidas desde 5% a 10% la potencia de los motores en alturas superiores a 3000 msnm.

Por su parte, los mantenimientos preventivos a los equipos deben realizarse cada 250 horas (según manuales de proveedores de partes y repuestos), que puede incluir alguna otra parada programada, en caso de requerir cambio de alguna pieza, de forma que no se comprometa el funcionamiento correcto y disponibilidad de los mismos.

Los rodamientos y sellos en punta de ejes, se pueden ver afectados por la experiencia del operador: Sin embargo, con un mantenimiento adecuado y a tiempo, se logra disminuir el roce entre piezas, producido por la falta de lubricación. Por otro lado, las condiciones e irregularidades del lugar de trabajo (mal estado de las vialidades y accesos a los frentes de extracción), también afectan estos componentes.

Las fallas en la bomba de inyección, se presume haya sido afectada principalmente por el uso de combustible contaminado (presencia de agua). Sin embargo, es indiscutible la posibilidad de presencia de impurezas en el tanque de almacenamiento del gasoil, pudiendo verse comprometido el mantenimiento realizado a dicha bomba.

- **Fallas Estructurales.**

Sobre el desgaste de bujes y pasadores, se infiere que han sido afectados por distintos causales. Se presume, dado que las mismas se presentan con mucha frecuencia en los equipos, son consideradas por los representantes de partes y repuestos, así como, las empresas como averías comunes. Esto puede deberse en principio, a la carencia de mantenimiento adecuado, es decir, falta de lubricación a tiempo o empleo de diferente lubricante al recomendado por los proveedores (los cuales se consideran expertos en el tema). Esto puede llegar a ocasionar, un roce excesivo (desgaste) y directo (aumento de temperatura) causando la deformación de los pasadores y por ende, deterioro de los bujes.

Por otro lado, el material extraído del río puede estar relacionado directamente con este tipo de FE, al no ser considerado la humedad de éste. El trabajo efectuado por el sistema se ve afectado, debido al esfuerzo que debe realizar el sistema encargado para levantar la carga, la cual puede estar por encima de la capacidad nominal por el aumento de la densidad aparente.

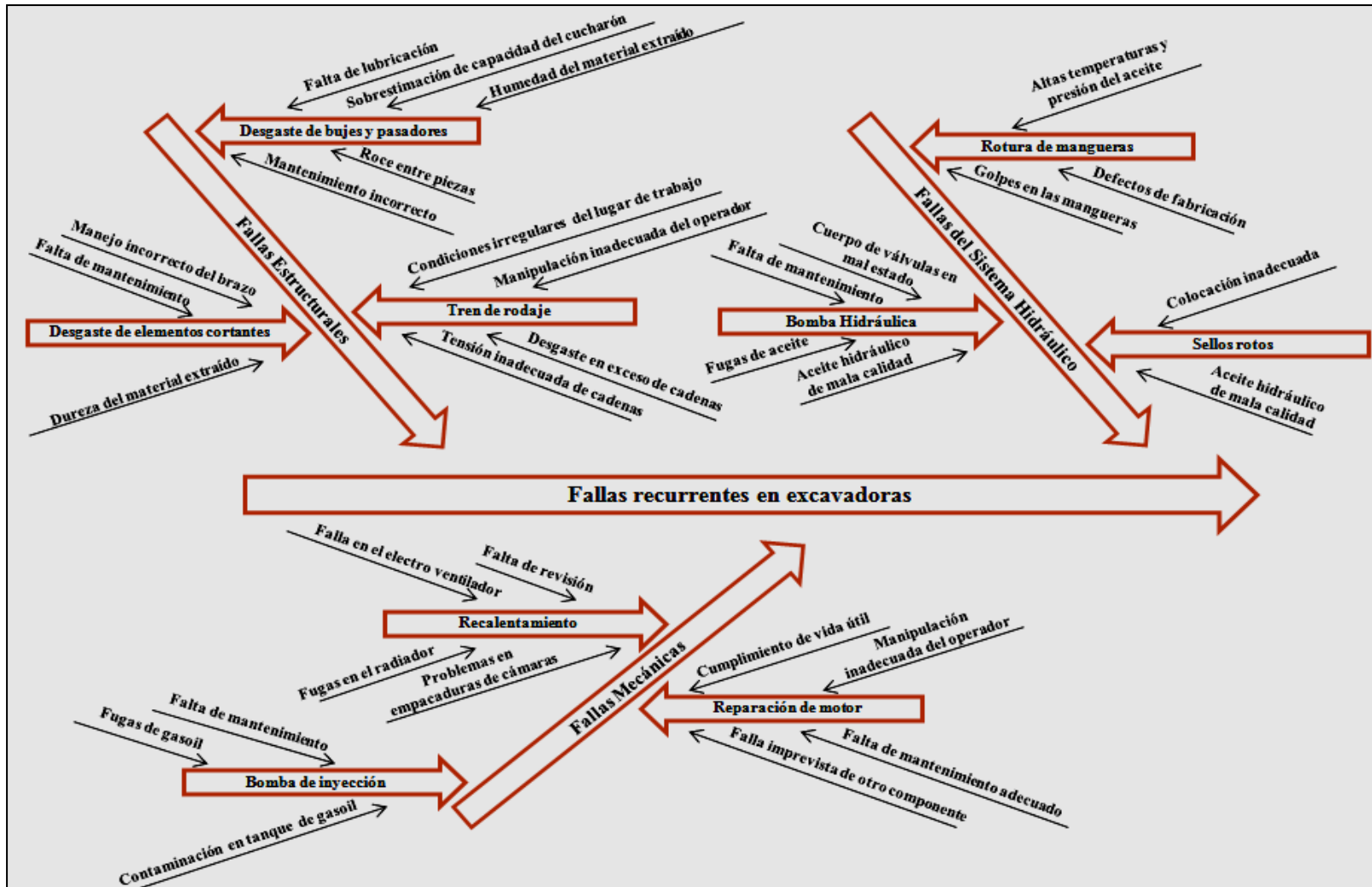
- **Fallas Hidráulicas.**

Al igual que en las FE, la humedad del material extraído, también juega un papel importante en las FSH. Esto ocasiona, un esfuerzo sobrestimado de la capacidad del sistema, lo cual tiene como consecuencia, aumento en las presiones y temperaturas a las que son sometidos sellos y mangueras. Estos efectos son: deformidad, desprendimiento o rompimiento de las piezas mencionadas anteriormente.

Por su parte, es importante considerar el diseño original de las partes, ya que las fallas se pueden presentar debido a defectos de fabricación, esto sin subestimar, mantenimiento y la calidad del aceite. El primero, ayuda a prevenir algún desperfecto, si se ejecutan las revisiones adecuadas y a tiempo; mientras que, el segundo puede incidir en las condiciones adecuadas de presión de trabajo.

Figura 5.2 Análisis Causa-Raíz de fallas recurrentes en excavadoras.

Fuente: Elaboración del autor.



Al igual que en los equipos de carga, la disponibilidad de las excavadoras también se ve afectada por factores similares (figura 5.2), que ocasionan fallas en el Sistema Hidráulico, Estructural y Mecánico.

- **Fallas Mecánicas.**

La habilidad del operador en el manejo de estos equipos es importante. Si éste desconoce los límites y capacidad de la máquina, puede incurrir en errores durante su maniobra, desencadenando averías al motor u otros mecanismos que estén relacionados con el trabajo que realiza. La altitud también juega un papel importante en el desempeño de estas maquinarias. Esto referido en el rendimiento y potencia de los motores (pueden disminuir en función de la altura sobre el nivel del mar), ocasionando una mengua importante en la vida útil del equipo.

Con respecto a los mantenimientos, es preciso seguir los indicados por los proveedores de partes y repuestos, los cuáles establecen, el tiempo y manera correcta de sustituir algún componente, de forma tal, que se evite comprometer el funcionamiento óptimo y disponibilidad de las maquinarias.

Se presume que el recalentamiento se debe a fallas en componentes relacionados al motor, tales como: el cese del funcionamiento del electro-ventilador o fugas en el radiador, ocasionando el aumento de temperatura en el sistema de refrigeración, causal de averías graves, si no se realizan revisiones de rutina de estos elementos.

En relación a la bomba de inyección, se cree que ha sido afectada por el uso de combustible contaminado, producto de impurezas en el tanque de almacenamiento del gasoil (similar a FM en los cargadores).

- **Fallas Estructurales.**

Al igual que en los cargadores frontales, el desgaste de bujes y pasadores están presentes en las excavadoras. Al ser los equipos encargados de garantizar la producción de las empresas, se presume que la presencia de este tipo de averías, es

debida a múltiples factores. En primer lugar, la falta de mantenimiento adecuado (lubricación de partes a tiempo y utilización del producto recomendado por los proveedores), representa un factor importante e incide directamente en la frecuencia de este tipo fallas (roce excesivo entre piezas y deformación de los pasadores y bujes). Aunado a esto, el alto contenido de humedad del material extraído del río, también contribuye a la presencia de FE; en múltiples casos se pudo constatar que, no se valora este factor en el llenado del cucharón por parte del operador, ni en las consideraciones de producción de las empresas, sobrestimando la capacidad nominal del equipo.

En lo que se refiere a las fallas en tren de rodaje (orugas) y desgaste de los elementos cortantes, es preciso pensar que éstos se ven afectados por distintos agentes, entre estos, las condiciones de los frentes de extracción y el material extraído, se pueden considerar como los primordiales. Las irregularidades propias del sitio de explotación y existencia de cantos rodados conformados por rocas de alta dureza como: gneises, granitos, cuarcita, entre otras, que contienen minerales altamente abrasivos: cuarzo, granate, circón; son elemento suficientes a resaltar en el desgaste frecuente de estas partes.

El contacto directo de las orugas sobre un material de este tipo, genera una fricción importante, lo cual se traduce en un mayor deterioro en menor tiempo de las cadenas y el desajuste de los elementos que conforman el tren de rodaje.

Mientras que en el caso de los elementos cortantes, al entran en contacto con sedimentos heterogéneos, de tamaños irregulares y de componentes abrasivos, potencian el efecto del roce, aunado a la falta de consolidación del material. Al ser una falla frecuente en estos equipos, los representantes de partes y repuestos, alegan que es indiscutible la posibilidad del uso inadecuado del tipo de elementos cortantes por parte de los usuarios, los cuales pudieran no responder a las exigencias de la dureza del material producido.

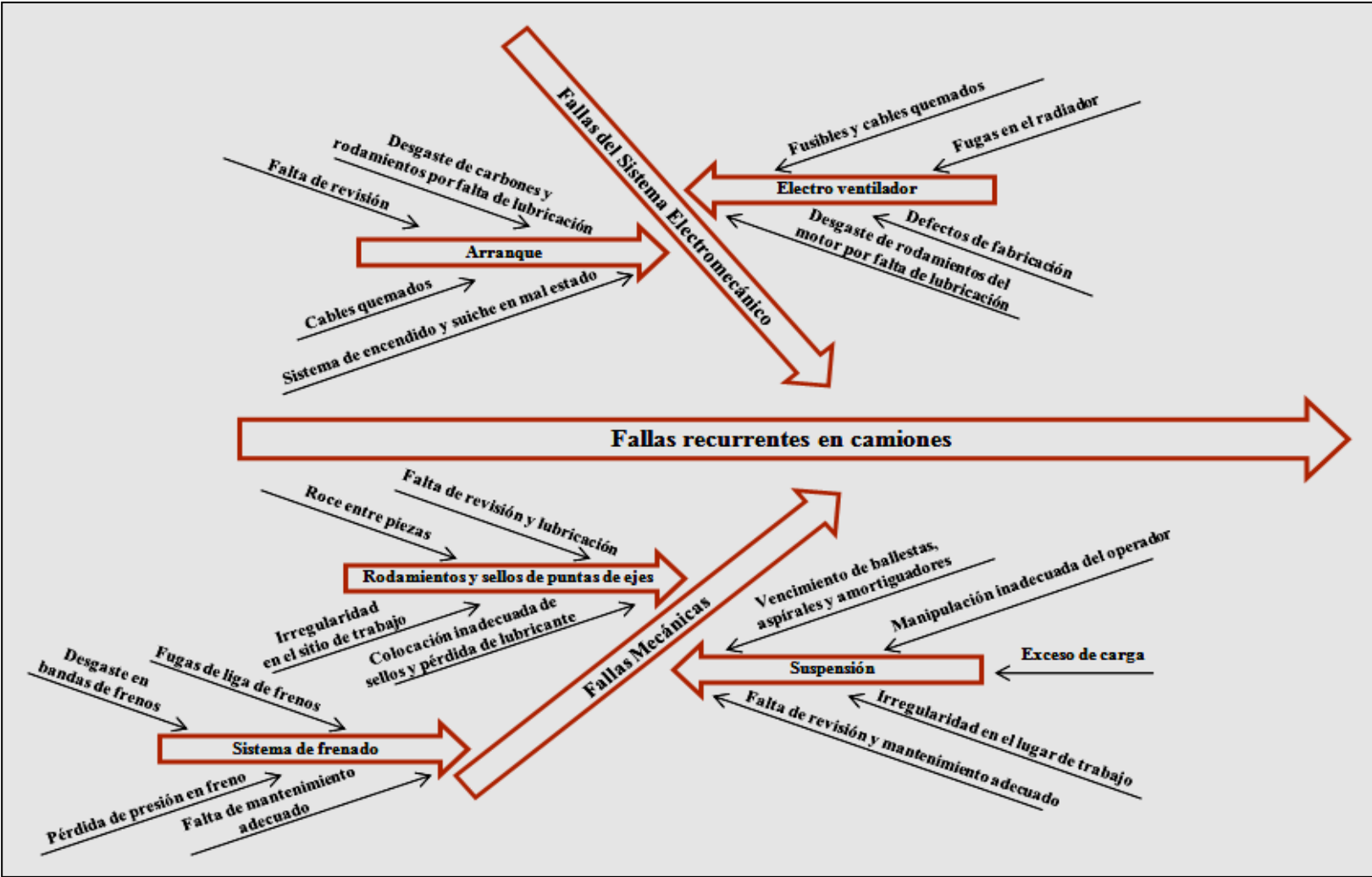
- **Fallas Hidráulicas.**

Al igual que en los cargadores frontales, las FSH se presentan con regularidad, debido a la falta de consideración de la humedad del material, generando un esfuerzo adicional en el equipo y como consecuencia altas presiones y temperaturas, a las que son sometidos sellos y mangueras, lo que ocasiona deformación, desprendimiento o rompimiento.

Los defectos de fabricación son también aspectos importantes a considerar, puesto que, pueden ocasionar otras fallas, entre las cuales no se puede descartar, la colocación inadecuada y la falta de revisión durante el mantenimiento de estos elementos.

La calidad del aceite hidráulico (AH) recomendado por el proveedor, puede prevenir alguna falla grave e imprevista a la bomba hidráulica u otro componente del sistema, dado que puede garantizar la presión adecuada que se requiere en los equipos para hacer el arranque y carga del material.

Figura 5.3 Análisis Causa-Raíz de fallas recurrentes en los camiones.
 Fuentes: Elaboración del autor.



En los equipos de acarreo, la disponibilidad también se ve afectada por factores similares a los de carga (figura 5.3), en donde las fallas del Sistema Mecánico son preponderantes.

- **Fallas Mecánicas.**

De forma similar que en los cargadores y excavadoras, el grado de capacitación y experticia del operador es un factor de peso en la presencia y ocurrencia de cierto tipo de fallas. Si éste desconoce los límites y capacidad de la máquina, puede incurrir en faltas concernientes a la maniobrabilidad.

Se conjetura que las irregularidades en los frentes de extracción y las vías de acarreo, son las causas esenciales en la presencia frecuente de FM; específicamente en el sistema de suspensión, ocasionando problemas a ballestas, amortiguadores y otros componentes. No hay que descartar la sobre-carga en la tolva, al momento de llenado debido que, al no considerarse la humedad del material, se incurre en un cálculo errado del peso, debido al aumento del volumen aparente ocurrido durante la ejecución de la actividad.

Los rodamientos y sellos en punta de ejes, también se pueden ver afectados por la sobrestimación de la capacidad nominal del equipo. En este punto un mantenimiento adecuado y a tiempo, puede lograr reducir un exceso de roce entre piezas. Por otro lado, las condiciones e irregularidades del lugar de trabajo, también afectan estos componentes, sobre todo el mal estado de las vialidades y accesos a los frentes de extracción.

- **Fallas Electromecánicas.**

A pesar de ser consideradas por las empresas como significativas, no se le ha dado la importancia necesaria, acarreado y ocasionando fallas a otros componentes de los camiones. Se supone que las averías en el electro-ventilador, son debido al cumplimiento de vida útil del motor del componente. Paralelamente, el arranque se

crea falla también por la misma razón, pero no se puede descartar, algún tipo de desperfecto electrónico (fallas de fabricación).

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

Con este análisis, se pretende sintetizar las causas y formas de manifestarse los diferentes tipos de fallas en los equipos usados en las operaciones unitarias de arranque, carga y acarreo. El AMEF arrojará información necesaria, que permitirá establecer prioridades y acciones que se consideren pertinentes, en la eliminación o disminución de las frecuencias en la ocurrencias de averías, que comprometa la disponibilidad de las maquinarias.

En esta sección del estudio se refleja en matrices de fallas (tablas 5.1 a 5.3), que resumen la información con respecto a los problemas funcionales de las máquinas de la entidad merideña, toda vez que, aporta datos sobre la profundidad en los mantenimientos realizados, así como, adicionar conocimientos para implementar controles y seguimientos en las clases de averías y estrategias para garantizar un correcto funcionamiento.

Tabla 5.1 Matriz de fallas recurrentes en las excavadoras.

Fuente: Elaboración del autor.

Análisis de modos de fallas en excavadoras de las empresas mineras enero-agosto 2013							
Fecha de elaboración: Agosto del 2013					Análisis de modo y efecto de fallas		
Funciones del equipo	Tipo de falla	Fallas funcionales del equipo	1).- ¿Qué ocurre? 2).- ¿Cómo se sabe que hay presencia de una falla?	Parte del equipo que afecta	Causas de fallas	Efecto de fallas o consecuencias	
					CAUSAS		
Equipo utilizado principalmente para hacer el arranque directo de material granular a las laderas de los ríos.	Fallas del sistema hidráulico	Sellos de los gatos hidráulicos rotos	Fugas de aceite hidráulico por los extremos de los gatos de levantamiento del cucharón.	1).- Brazo de la excavadora.	1).- Contenido de humedad del material.	1).- Paradas imprevistas del equipo.	
			Fugas y presencia de aceite hidráulico alrededor de las mangueras.	2).- Bomba hidráulica.	2).- Fatiga por exceso de trabajo.	2).- Pérdidas importantes en la producción.	
		Rotura de mangueras	Pérdida de fuerza en el brazo de la excavadora, para hacer el arranque de material.	3).- Cuerpo de válvulas.	3).- Posible mala manipulación del operador por exceso de confianza.	3).- Aumento en los costos por mantenimiento.	
			Pérdida en el nivel de aceite hidráulico.				
	Fallas estructurales	Desgaste de bujes y pasadores del cucharón.	Ruido al excavar.	1).- Brazo de la excavadora.	1).- Roce excesivo entre las partes, ocasionando desgaste de las piezas.	1).- Paradas imprevistas del equipo.	
			Deficiencias en el trabajo continuo del cucharón.	2).- Cucharón de la excavadora.			
		Desgaste de los elementos cortantes.	Deformación de las piezas.	3).- Sistema hidráulico.	2).- Abrasividad del material extraído del río.	2).- Pérdidas importantes en la producción.	
			Pérdida de algunos dientes del cucharón.				
		Desgaste de las orugas.	Deficiencias durante el trabajo del equipo.	4).- Rodamientos y cadenas.	3).- Posible mala manipulación del operador por exceso de confianza.	3).- Aumento en los costos por mantenimiento.	
			Dificultad en el desplazamiento del equipo.				
			Presencia de ruido en exceso.	5).- Tren de rodaje.	4).- Condiciones del lugar de trabajo muy irregulares.	4).- Dificultad al momento de hacer el arranque directo del material.	
		Fallas mecánicas	Bomba de inyección	Filtros consumidos en el menor tiempo de lo previsto.	1).- Motor, sistema de escape, cámaras y válvulas y otras partes mecánicas importantes.	1).- Cumplimiento de vida útil.	1).- Pérdidas importantes en la producción.
				Presencia de humo color negro, durante la operación del equipo.		2).- Falta de mantenimiento adecuado al equipo y sus partes, colocación inadecuada de empaaduras.	2).- Aumento en los costos de mantenimiento, debido a paradas inesperadas.
	Recalentamiento y Motor		Pérdida de fuerza en el equipo por falta de compresión.				

Tabla 5.2 Matriz de fallas recurrentes en los cargadores frontales.

Fuente: Elaboración del autor.

Análisis de modos de fallas en cargadores frontales de las empresas mineras enero-agosto 2013						
Fecha de elaboración: Agosto del 2013				Análisis de modo y efecto de fallas		
Funciones del equipo	Tipo de falla	Fallas funcionales del equipo	1).- ¿Qué ocurre? 2).- ¿Cómo se sabe que hay presencia de una falla?	Parte del equipo que afecta	Causas de fallas	Efecto de fallas o consecuencias
					CAUSAS	
Equipo utilizado principalmente para hacer el carguío de material en los camiones para llevar del lugar de almacenamiento a la trituradora ó para hacer la alimentación directa si el acarreo es corto, también son empleados para hacer el despacho hacia los camiones del material ya beneficiado.	Fallas del sistema hidráulico	Sellos de los gatos hidráulicos rotos	Fugas de aceite hidráulico por los extremos de los gatos de levantamiento del balde.	1).- Gatos de levantamiento del balde.	1).- Defectos de fabricación.	1).- Paradas imprevistas del equipo.
			Fugas y presencia de aceite hidráulico alrededor de las mangueras.	2).- Bomba hidráulica.	2).- Fatiga por exceso de trabajo.	2).- Pérdidas importantes en la producción.
		Rupturas de mangueras	Pérdida de fuerza en los gatos de levantamiento, para hacer la carga del material.	3).- Cuerpo de válvulas del sistema.	3).- Falta de mantenimiento adecuado y mala colocación, así como lubricación incorrecta.	3).- Aumento en los costos por mantenimiento.
			Pérdida en el nivel de aceite hidráulico.			
	Fallas estructurales	Desgaste de bujes y pasadores del balde	Ruido durante el desarrollo de la actividad del balde.	1).- Gatos de levantamiento del balde.	1).- Por roce entre partes y falta de lubricación, lo que ocasiona desgaste.	1).- Paradas imprevistas del equipo.
				2).- Bomba hidráulica, cuerpo de válvulas y demás componentes del sistema.	2).- Fatiga por exceso de trabajo.	2).- Pérdidas importantes en la producción.
			Deficiencias durante el desarrollo de la actividad del balde.	3).- Posible mala manipulación del operador por exceso de confianza.	3).- Aumento en los costos por mantenimiento.	
	Fallas mecánicas	Rodamientos y sellos de puntas de ejes	Ruido en exceso durante el rodaje.	1).- Trasmisión.	1).- Vencimiento de los sellos de las puntas de ejes.	1).- Paradas imprevistas del equipo.
			Ruedas obstruidas al rodar.			
		Bomba de inyección	Filtros consumidos en el menor tiempo de lo previsto	2).- Motor, sistema de escape y otras partes mecánicas importantes.	2).- Cumplimiento de vida útil del motor.	2).- Pérdidas importantes en la producción.
			Pérdida de fuerza del equipo por falta de compresión.		3).- Falta de mantenimiento adecuado al equipo y sus partes.	3).- Aumento en los costos por mantenimiento.
	Motor y caja	Presencia de humo color negro, durante la operación del equipo.				

Tabla 5.3 Matriz de fallas recurrentes en los camiones.

Fuente: Elaboración del autor.

Análisis de modos de fallas en camiones de las empresas mineras enero-agosto 2013						
Fecha de elaboración: Agosto del 2013					Análisis de modo y efecto de fallas	
Funciones del equipo	Tipo de falla	Fallas funcionales del equipo	1).- ¿Qué ocurre? 2).- ¿Cómo se sabe que hay presencia de una falla?	Parte del equipo que afecta	Causas de fallas	Efecto de fallas o consecuencias
					CAUSAS	
Equipo empleado para hacer el acarreo del material desde el frente de extracción hasta los patios de almacenamiento o directamente para alimentar la trituradora, también son empleados para despachar material ya beneficiado (arena, piedra, polvillo) a los clientes.	Fallas mecánicas	Rodamientos y sellos de puntas de ejes	Ruido durante el rodaje.	1).- Trasmisión.	1).- Vencimiento de los sellos de las puntas de ejes.	1).- Paradas imprevistas del equipo.
			Las ruedas obstruidas al rodar.			
		Suspensión	Amortiguación insuficiente.	2).- Rodamientos de las ruedas.	2).- Vencimiento de los amortiguadores.	2).- Pérdidas importantes en la producción.
			Ballestas en mal estado.			
		Sistema de frenado	Pérdida de presión al momento de frenar.	3).- Amortiguadores y aspirales.	3).- Falta de mantenimiento adecuado al equipo y sus partes.	3).- Aumento en los costos por mantenimiento.
			Fugas de aceite de freno.			
	Fallas del sistema electromecánico	Arranque	El componente no responde al accionar el suiche de encendido.	1).- Tablero de fusibles.	1).- Desgaste de rodamientos y carbones del arranque.	1).- Paradas imprevistas del equipo.
				2).- Batería del equipo.		
		Electro-ventilador	Aumento de la temperatura en el equipo.	3).- Empacaduras y cámaras por recalentamiento.	3).- Desgaste de rodamiento del motor del ventilador.	2).- Pérdidas importantes en la producción.
			Ruido constante en el motor del ventilador.			

Como se pudo apreciar en la sección anterior, los equipos de arranque, carga y acarreo, se ven afectados por fallas que se pueden considerar similares (mecánicas, hidráulicas, estructuras y electromecánicas), las cuales inciden negativamente en el funcionamiento adecuado de distintas partes de la máquina, trayendo como consecuencia, un aumento considerable en los costos de reparación y disminución de la producción.

- **Fallas Hidráulicas.**

Las FSH afectan principalmente a maquinarias de arranque y carga de material. Las partes y componentes que más se ven perjudicadas por este tipo de fallas son: brazo de levantamiento del cucharón, gastos hidráulicos de brazo, pluma y balde, bomba hidráulica y otros componentes del sistema. Esto puede ocasionar, una pérdida importante en la potencia de SH, al momento de efectuar el arranque directo y levantamiento del material.

En consecuencia, la producción se ve directamente afectada cuando se presentan estas averías, debido a que, estos equipos son los encargados de garantizar la disponibilidad de material producto del beneficio mineral. Por otro lado, se incrementa considerablemente los costos por mantenimiento, derivados de las paradas imprevistas de las máquinas.

- **Fallas Estructurales.**

Al igual que en las FSH los cargadores y excavadoras, son los principales en presentar fallas estructurales. Las mismas afectan partes y piezas de los equipos, que juegan un papel importante en el desempeño correcto del arranque y carga del material. Los desgastes de bujes y pasadores, pueden incurrir en el movimiento libre del cucharón y balde, lo cual implica, una disminución en la producción.

Por su parte, el desgaste de elementos cortantes y orugas, inciden en extracción directa del material para el primero y en la facilidad de desplazamiento de las excavadoras para el segundo. Las fallas de este tipo, pueden acarrear graves

consecuencias, causando un aumento considerable en el costo de reparación, dada su magnitud produciendo paradas imprevistas y prolongadas en el tiempo.

- **Fallas Mecánicas.**

Las FM se hacen presente en los equipos empleados en la tres (3) operaciones unitarias, en la región merideña. La funcionalidad de estas maquinarias puede verse alterada, por la presencia de este tipo de falla, las cuales impiden el trabajo adecuado de partes y piezas que componen este sistema y que juega un papel importante, durante el desempeño correcto de los equipos. Desperfectos en: motores, suspensión, transmisión, sistema de frenado, sistema de embrague, entre otras, son averías que pueden incidir en el desplazamiento libre y seguro de las máquinas, ocasionando, pérdidas importantes en la producción y en consecuencia, aumentos en los costos de mantenimientos, por la presencia de equipos inoperativos o fuera de servicio durante tiempos prolongados.

Posterior al AMEF y sistematización de matrices de fallas por equipo, es necesario priorizar, cuáles acciones correctoras deben practicarse y qué controles de mantenimiento se hacen necesarios para predecir y prevenir averías potenciales. Seguidamente en la tabla 5.4, se recoge los resultados de los cálculos, aplicando la ecuación (1).

Tabla 5.4 Número de prioridad de riesgos (NPR) de las fallas identificadas en las matrices de AMEF.

Fuente: Elaboración del autor.

		Criterios evaluativos de las fallas			NPR= S * O * D
		Severidad	Ocurrencia	Detección ¹	
FSH.	Bomba hidráulica	3	4	4	48
	Sellos rotos	3	7	4	84
	Rotura de mangueras	4	7	4	112
	Válvulas	3	4	4	48
FE	Desgaste de elementos cortantes	5	6	4	120
	Desgaste de pasadores y bujes	5	6	4	120
	Desgaste de cadenas de orugas	5	3	4	60
FM	Bomba de inyección	4	2	4	32
	Trasmisión	5	3	4	60
	Reparación de la caja y sistema de engranaje	5	3	4	60
	Tren delantero y dirección	5	2	4	40
	Reparación de cámaras por recalentamiento	4	2	4	32
	Puntas de ejes y rodamientos de las ruedas	5	4	4	80
	Sistema de frenado	6	2	4	48
	Reparación del motor	7	3	4	84
	Suspensión	5	3	4	60
FEM	Electroventilador	4	2	4	32
	Arranque	4	3	4	48

¹ Para el criterio de detección, se asignó el valor cuatro (4) de manera constante para todas las fallas evaluadas, esto debido, a la falta de mantenimientos predictivos en las empresas encuestadas y para determinar o predecir la presencia de fallas potenciales.

De acuerdo a los valores obtenidos del NPR, solo seis (6) fallas en equipos, pueden considerarse con valores elevados. Un ejemplo de ello, son los alcanzados en las averías agrupadas en el sistema hidráulico, tales como: sellos rotos y rotura de mangueras, las cuales se ven afectadas principalmente por el criterio de ocurrencia, dado a la frecuente con las que se presentan en los equipos. De las FE, las más destacadas son: desgastes de elementos cortantes, bujes y pasadores, influenciadas por los criterios de severidad y ocurrencia, en otras palabras, los equipos pueden llegar a reducir considerablemente su funcionalidad y disponibilidad, causando una caída en la producción debido a la frecuencia de fallas.

De los valores obtenidos por la categoría mecánica, cobran más importancia las averías relacionadas a puntas de ejes y rodamientos, así como reparaciones mayores de motor, las cuales se ven afectadas por el criterio de severidad, dando una disminución total o parcial de la operatividad en los equipos.

Considerando los valores obtenidos, es importante que las empresas mineras del estado Mérida, asuman el compromiso de profundizar y/o mejorar los mantenimientos, para los cuales es importante, seguir las recomendaciones indicadas por los proveedores de partes y repuestos, quienes alegan que es indescartable la posibilidad que las compañías mineras, hayan venido haciendo prácticas inadecuadas hasta el momento dada la frecuencia con la que se repiten estas fallas.

5.1.3 Análisis de criticidad (AC).

Con la aplicación del AC se pretende realizar una jerarquización de las fallas estudiadas, que permita conocer la magnitud del problema y cuáles son las estrategias de mantenimiento a considerar e implementar, de llegarse a presentar alguna avería de este tipo. La tabla 5.5, agrupa los valores de criticidad obtenidos, luego de efectuar los cálculos con la ecuación (2), contemplando los factores vinculados a dicho análisis.

Tabla 5.5 Valores y niveles de criticidad de las fallas recurrentes en los equipos.
Fuente: Elaboración del autor.

		Criticidad Ecuación (2)	Nivel de criticidad
FSH	Bomba hidráulica	38,20	Semi-crítico
	Sellos rotos	37,00	Semi-crítico
	Rupturas de mangueras	37,00	Semi-crítico
	Válvulas	39,60	Semi-crítico
FE	Desgaste de elementos cortantes	37,00	Semi-crítico
	Desgaste de pasadores y bujes	37,00	Semi-crítico
	Desgaste de cadenas de orugas	60,00	Crítico
FM.	Bomba de inyección	28,65	Semi-crítico
	Falla en el turbo	33,00	Semi-crítico
	Cauchos	29,60	Semi-crítico
	Palancas de mando	14,85	No crítico
	Trasmisión	16,50	No crítico
	Reparación de caja y sistema de engranaje	19,10	No crítico
	Tren delantero y dirección	19,10	No crítico
	Reparación de cámaras por recalentamiento	42,98	Crítico
	Puntas de ejes y rodamientos de las ruedas	33,30	Semi-crítico
	Sistema de frenado	39,60	Semi-crítico
	Reparación de motor	51,40	Crítico
	Suspensión (amortiguadores y ballestas)	42,98	Crítico
	FEM.	Bobinas	1,50
Alternador		15,30	No crítico
Electro-ventilador		11,20	No crítico
Arranque		19,80	No crítico
Computadora		33,00	Semi-crítico

En relación a los valores obtenidos, se deduce que solo cuatro (4) de las fallas presentan valores considerables de criticidad. El desgates de orugas de las FE, es la única que presenta nivel crítico, mientras que por las fallas mecánicas sobresalen: reparaciones de motor, cámaras y suspensión.

La criticidad presente en estas fallas, se debe principalmente a la demora en las reparaciones y entrega de equipos, ocasionado por la baja disponibilidad en *stock* de repuestos por parte de los proveedores. Esto origina una disminución importante en la producción y aumento en los costos operativos.

Los niveles semi-críticos se deben principalmente a la frecuencia con la que se presentan las fallas. Entre las más resaltantes: desgaste de elementos cortantes, desgaste de bujes y pasadores, roturas de mangueras y sellos. Estas también se ven influenciadas por la falta de reservas y variedad de repuestos de los proveedores de partes.

En función a los resultados obtenidos en el AC se concluye que: la importancia de hacer un seguimiento y revisión a tiempo de los componentes vinculados a estos tipos de fallas, evita o disminuye la presencia imprevistas de las anteriores. De esta manera, se podrá alcanzar la producción proyectada y el máximo aprovechamiento de la vida útil de las maquinarias.

5.2 ANÁLISIS DE LA OCURRENCIA DE FALLAS, LA CURVA DE LA BAÑERA Y SU RELACIÓN CON LA “EDAD” DE LOS EQUIPOS.

La curva de la bañera, expresa la presencia de fallas en los equipos a largo de su vida útil, las cuales pueden llegar a incidir en el funcionamiento parcial o total de la máquina.

Las averías que se presentan con mayor frecuencia en los equipos estudiados, pueden considerarse características en la etapa de la vida útil o normal en la que se encuentran, siendo la probabilidad de repetición alta, debido a las condiciones de operación a los cuales se ven sometidos. Entre las fallas más resaltantes en esta etapa

son: desgastes de bujes y pasadores por las FE, mientras que los roturas de mangueras y sellos por las FSH.

Por otra parte; también se encuentran las averías existentes en la etapa de desgaste o fin de vida útil de los equipos, cuya probabilidad de repetición es lenta, siempre y cuando, la máquina este siendo operada en sus condiciones normales y especificadas por el fabricante. Las fallas mecánicas estudiadas como: reparaciones de motores y desgastes de rodamientos de ruedas son características en la etapa final de un equipo, sin embargo, con el ACR realizado a éstos, se pudo determinar que las averías presentes de este tipo, se han debido a desperfectos en otros componentes y condiciones de operatividad irregulares, a los cuales son sometidos los equipos (envejecimiento prematuro). Dentro de este mismo contexto, es importante mencionar la ocurrencia de fallas electromecánicas encontradas, las cuales obedecen al vencimiento de vida útil de ciertos componentes que han afectado principalmente al electro-ventilador y arranque de algunas máquinas.

CONCLUSIONES

En las 16 empresas visitadas dedicadas a la actividad minera del estado Mérida, se encontraron 113 equipos empleados para el arranque, carga y acarreo de material. Sobresalen las excavadoras para el arranque directo, cargadores frontales para la carga y camiones cuyas capacidades no sobrepasan los 10 m³ en promedio para el acarreo. De las marcas más comunes encontradas están: Caterpillar, John Deere y Mack, representando un 61.95% del total de las maquinarias.

Las condiciones de éstos para el momento de la aplicación de las encuestas son: 59.29% disponibles (57.52% operativos y 1.17% en espera); mientras que 40.71% en reparación (23.89% inoperativos y 16.81% fuera de servicio).

Las fallas más frecuentes en los equipos para el periodo enero-agosto 2013 son: sistema hidráulico (roturas de mangueras y sellos); estructurales (desgaste de bujes, pasadores y elementos cortantes de cucharones y baldes, así como tren de rodaje) tanto en máquinas empleadas para el arranque como para carga de material. Por otro lado, las averías mecánicas y electromecánicas más frecuentes: (suspensión, transmisión, rodamientos de los ejes, recalentamiento de motor, electro-ventilador, entre otras) se dan fundamentalmente en los camiones.

Las reparaciones en los equipos inoperativos pueden demorar desde un (1) día a un (1) año, cuyo tiempo está sujeto a la gravedad de la falla y disponibilidad de repuestos por parte de los proveedores. Si las demoras están por encima de un (1) año, los equipos son calificados por las empresas como “fuera de servicio”, esto debido a la presencia de averías graves, que pueden llevar a las máquinas a una pérdida total de su funcionamiento (cumplimiento de vida útil del equipo o componentes).

La mayoría del personal encargado del mantenimiento y manejo de los equipos, carecen de conocimientos técnicos actualizados y pertinentes en estas áreas, y solo poseen experiencias adquiridas de manera empírica. Es importante destacar que los operadores y mecánicos realizan actividades muy puntuales; no obstante, si

alguna falla no puede ser reparada por el personal encargado, la empresa se ve en la necesidad de contratar asesoramiento técnico especializado, lo cual incide de manera directa en el aumento de los costos operativos.

El Análisis Causa-Raíz (ACR) refleja que las averías de los equipos están relacionadas directa e indirectamente por: manejo inadecuado y desconocimiento de las capacidad nominales de las máquinas por parte de los operadores y planificadores; condiciones irregulares observadas en los frentes de extracción y vías de acarreo; falta de mantenimientos adecuados y revisiones recomendados por los fabricantes y la baja disponibilidad en *stock* de repuestos por parte de los proveedores. Por otro lado, es igualmente importante considerar: la alta abrasividad del material extraído de los ríos, el uso incorrecto de los elementos cortantes de las excavadoras y la no correspondencia con la dureza del mineral a producir.

El AMEF permitió sintetizar información sencilla sobre las causas y efectos que las averías ocasionan a los equipos y las partes que pueden resultar afectadas. De las FSH y FE, se determinaron los valores de NPR, en dónde la ocurrencia es el principal factor que afecta los resultados obtenidos en los equipos de arranque y carga; mientras que en las FM y FEM, padecidas principalmente por los camiones, los NPR se ven influenciados principalmente por la severidad, ocasionando la pérdida parcial o total de la operatividad de los equipos.

El Análisis de Criticidad (AC) se manifiesta que de las fallas evaluadas, solo cuatro (4) representan niveles críticos, los valores se vieron afectados por la baja disponibilidad de repuestos, ocasionando demoras en las reparaciones y en consecuencia, el aumentando de los costos operativos y disminución de la producción. Por su parte, los niveles semi-críticos se debieron a la frecuencia de fallas y la falta de repuestos.

En el análisis con la curva de la bañera, se concluyó que los tipos de fallas son propias de las etapas de vida de los equipos, lo que nos permitió deducir, que la mayoría de éstos se encuentran en su etapa de vida útil o normal, dada la frecuencia

con la que se presentan las fallas. Sin embargo, solo algunos casos en particular, se hallaban en la etapa de desgaste o fin de vida debido a la magnitud y gravedad de las averías en componentes de estas máquinas.

De manera resumida, los factores que afectan la disponibilidad de los equipos empleados en la actividad minera del estado Mérida, no obedecen solo a una causa en particular. Algunos de éstos dependen directamente de las empresas, pero en otros casos, son producto de agentes externos, entre los que se mencionan:

- Desconocimiento y poca experiencia técnica actualizada en los encargados de llevar a cabo los mantenimientos.
- Maniobra inadecuada y falta de conocimiento de las maquinarias por parte de los operadores.
- Ejecución de mantenimientos incorrectos a los equipos siendo pertinente aplicar los recomendados por los proveedores.
- Sobrestimación de las capacidades nominales recomendadas por el fabricante de los equipos, al no considerar la humedad del material.
- Irregularidad de los frentes de extracción y vías de acarreo.
- Abrasividad del material extraído de los ríos.
- Uso inadecuados piezas (elementos cortantes) las cuales no corresponden con las características físicas del material producido.
- Baja disponibilidad en *stock* de repuestos en depósitos de los principales proveedores.

RECOMENDACIONES

A las empresas dedicadas a la actividad minera del estado Mérida.

En relación a la información recopilada en campo y los resultados obtenidos después de hacer los análisis, a continuación se plantean algunas recomendaciones importantes:

- Capacitar al personal que se encarga de la operación de los equipos y ejecución del mantenimiento, a fin de que puedan obtener una actualización y acceso a nuevas técnicas usadas en estas áreas. Esto aportaría, mejoras durante el desempeño de sus actividades.
- Se recomienda al personal encargado de los mantenimientos, hacer un seguimiento del funcionamiento de las maquinarias y fallas recurrentes en éstas, empleando alguna técnica que sintetice el tiempo de reparación y promedio entre averías. Esta información es importante para programar las revisiones y cambios de piezas que se requieran, reduciendo de este modo las paradas imprevistas de las máquinas por reparaciones correctoras.
- Se sugiere, aplicar los mantenimientos preventivos adecuadamente y en el tiempo recomendado por los proveedores de partes y repuestos, que ayude a mantener los equipos en condiciones óptimas de trabajo.
- Es importante que las empresas mineras, sean asesoradas por los distribuidores especialistas de equipos mineros, acerca de las piezas adecuadas y que correspondan con las características del material que producen, esto debido a la frecuencia de fallas relacionadas con desgastes de elementos cortantes, en busca de reducir los costos por reparación y ampliar la disponibilidad de los equipos.

A los proveedores de partes y repuestos de equipos empleados en las actividades mineras.

Se propone a los distribuidores de equipos tener un acercamiento a las empresas vinculadas al sector minero, para conocer sus necesidades de repuestos y asesoramiento técnico, dada la importancia que tienen estas compañías al constituirse en garantía de disponibilidad de materiales destinados al sector construcción. En resumidas cuentas, la presencia de equipos en malas condiciones, reduciría la capacidad de producción de las canteras y en consecuencia, acarrea la carencia de productos necesarios para ejecutar planes de desarrollo nacional de infraestructura previsto en el Plan de La Patria 2013-2019 como: planes habitacionales, recuperación y construcción de nuevas vías de comunicación, entre otros.

A la universidad, específicamente Departamento de Minas de la Facultad de Ingeniería.

Se recomienda al Departamento de Minas, incluir el tema de CO, como un tema en alguna de las asignaturas que guarde relación con los equipos empleados en la actividad minera, por ejemplo: Laboreo a Cielo Abierto o el diseño de un tópico especial.

A la Dirección de Tesorería del estado Mérida, específicamente al Departamento de Minería.

Se recomienda llevar un seguimiento e inspección de las condiciones de los equipos empleados por las empresas mineras en las operaciones unitarias, con la finalidad de disminuir la presencia de maquinarias en estado de obsolescencia o “fuera de servicio” denominadas así, por las empresas. En otras palabras, incluir en la Ley de Minas regional, el trámite administrativo correspondiente a la desincorporación de bienes de capital vinculados a la actividad minera, establecido en la Ley de Minas de 1999 (ver anexo 4), cuando se sospeche y verifique su inutilidad de un equipo, contribuyendo así de esta manera, a la presencia de activos reales y

funcionales en cada empresa, garantizando el desalojo de espacios ocupados por maquinarias que están completamente desmanteladas y disminuyendo la contaminación dentro de los espacios delimitados en las concesiones otorgadas.

Al ente gubernamental, encargados de aprobar divisas para el sector industria (CVG Internacional).

Se recomienda revisar y agilizar la asignación de las divisas a las empresas encargadas de importar equipos y repuestos, empleados en el desarrollo de las actividades mineras. Esto lograría aumentar la reserva de partes y piezas de los distribuidores, ayudando a disminuir los tiempos de parada de los equipos, redundando en mayor disponibilidad de maquinarias durante la producción en empresas mineras. Todo lo anterior da garantía de que habrá mayor existencia de productos utilizados en la construcción, necesarios para ejecutar los planes de desarrollo social de la nación.

Esta recomendación se hace en función a la información suministrada por los representantes entrevistados de las casas proveedoras de partes y repuestos, debido a la preocupación generalizada por el retardo, por parte de los entes competentes, en la asignación de las divisas para importar los materiales necesarios para cumplir con las exigencias y demandas de clientes que requieren repuestos de manera inmediata en el sector minero de manera particular.

BIBLIOGRAFÍA

Garrido Z. Marianne L. (2012).- *“Diagnostico del estado físico mediante 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”*. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Martínez B. Keyla J. (2010).- *“Análisis de fallas aplicados a los equipos de carga tipo scoop de la mina Isidora-valle norte pertenecientes a la empresa minera Venrus C.A., el Callao-estado Bolívar”*. Universidad de Oriente, Ciudad Bolívar, Venezuela.

Morales F. Juan L. (2012).- *“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”*. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela.

Benítez M. Reinaldo I. (2012).- *“Herramientas para mejorar la Confiabilidad Operacional”*. 16 Convención Científica de Ingeniería y Arquitectura 2012. La Habana, Cuba.

Caterpillar (2005).- *“Manual de Rendimiento Caterpillar 42”*. Disponible en:
<https://doc-00-14->

docsviewer.googleusercontent.com/viewer/securedownload/dsn1aovipa7l846lsfcf94nedj8q2p4u/1m6bgdo7fica8ekekurj5og6f4unt0ql/1383667200000/ZXhwbG9yZXI=/AGZ5hq8BgbJY1gwaOYx83cPOdNw6/MEIxV3ZYdVNWeWhIcVdYVvk1TVXRZCVd4SWJEQQ===?docid=7d2c423f0fbaf23896ae5ea654480851%7C08d24c03729cc3177f85935ae777b9b9&chan=EgAAAFe/%2Bby49kIxsUADaN5a2ECkSKsYfR06NqMnSgsRbLP&sec=AHSqidb7VbdyaHQtcqllqgy7YqK8X30gKI3TgaE0M0NY9YOpCR67EMUOpjfiCyQbVVAlYTx02_Xr&a=gp&filename=manual-operacion-

mantenimiento-cargador-966h-972h-caterpillar.pdf&nonce=olauod985ssvq&user=AGZ5hq8BgbJY1gwaOYx83cPOdNw6&hash=eig6kelqdebm0k12taq74lu6crav77rt. Consulta [2013 Octubre 20].

Gálvez C. Illich (2009).- ***“Herramientas para la Mejora de los Procesos”***.

Mariani. A, M. (2007).- ***“Tecnología Electrónica EST-IESE Confiabilidad”***.

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.

Pereira Nory (2010).- ***“Características Físico-Geográficas del estado Mérida”***. Disponible en:
<https://www.google.co.ve/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&ved=0CCwQFjAA&url=http%3A%2F%2Fies.faces.ula.ve%2FMerida2020%2FVisi%2FComp%2Fdiagnostico%2FD-Fisico-Ambiental%2Fcap-i-caracteristicas-fisico-geograficas.pdf&ei=Oi5wUvvEH8PdkQfHwoGYAg&usg=AFQjCNEYzaUE6iHJQjQQFIFgYVYyEd9zyw&bvm=bv.55123115,d.eW0>. Consulta [2013 Octubre 20].

Rodríguez A. (2005).- ***“Análisis de sedimentos en la parte alta y media de la cuenca del río chama”***. Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Disponible en:
<https://www.google.co.ve/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&ved=0CDIQFjAB&url=http%3A%2F%2Frevistas.saber.ula.ve%2Findex.php%2Fcienciaeingenieria%2Farticle%2Fdownload%2F316%2F335&ei=Oi5wUvvEH8PdkQfHwoGYAg&usg=AFQjCNExWWSPLdBQIf1Uu1rNbwOzHBRiig&bvm=bv.55123115,d.eW0>. Consulta [2013 Octubre 20].

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

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

Europeaid (2013).- ***“Evaluation Methodology”***. Disponible en:
http://ec.europa.eu/europeaid/evaluation/methodology/examples/too_qst_res_es.pdf.
Consulta [2013 Febrero 19].

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].

Primitivo Reyes (2007).- ***“Análisis del modo y efecto de falla”***. Disponible en:
https://www.google.co.ve/search?q= analisis+de+criticidad&oq= analisis+de+criticidad&aqs=chrome..69i57j0l5.26218j0&sourceid=chrome&espv=210&es_sm=93&ie=UTF-8#es_sm=93&q= analisis+del+modo+y+efecto+de+fallas+PFMEA+Dr+primitivo+re yes. Consulta [2013 Mayo 25].

ANEXOS