

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

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

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por Garrido Z., Marianne L
Para optar al título de Ingeniera de Minas**

Caracas, 2012

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

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

Tutora Académica: Profa. Aurora Piña
Cotutora Académica: Profa. Katherine Silva
Tutor Industrial: Ing. José Yazawa

**Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por Garrido Z., Marianne L
Para optar al título de Ingeniera de Minas**

Caracas, 2012

DEDICATORIA

La fe, el esfuerzo y optimismo dedicado a lo largo de los años de estudio, son el fruto de la gente que creyó en mi persona, apoyándome en todo sentido dándome la mano. Es por ello que este trabajo está dedicado a las siguientes personas:

Le dedico muy especialmente este trabajo a Dios primero, por permitir que este logro sea parte de un plan de vida que gracias a su misericordia, he podido llevar a cabo de la manera que he deseado. ¡Lo he querido y así lo he logrado!

A mi esposo, Jesús Guzmán, quien con toda su paciencia siempre estuvo a mi lado dándome todo el apoyo incondicional, te amo ¡Gracias!

A mis adorados hijos Cesar y Samuel que son el motivo de mi vida, especial agradecimiento a mi hijo Cesar por prestarme toda la colaboración en cuidar a su hermano en los momentos que más lo necesité.

A mi madre hermosa, Judith, quien me apoyo durante todo este tiempo para lograr esta meta. Mi triunfo es tuyo, ¡te Amo!

A mi abuela Carmen que durante mucho tiempo cuidó de mis hijos para yo poder hacer realidad este sueño y quien me aconsejó para nunca rendirme. ¡Mil Gracias!

A mis hermanas Mairim y Edysbel por su apoyo las amo muchísimo y a mi hermosa y hermoso sobrinos Victoria y Diego.

A mi suegra María Dolores por ayudarme con mis hijos cuando más lo necesita muchísimas gracias.

AGRADECIMIENTOS

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, Alma Mater que me ha acogido durante todos los años de mi formación académica profesional, enseñándome aspectos de la vida que ninguna clase formal pudiera enseñar.

A la Escuela de Geología, Minas y Geofísica, que se ha convertido en una de mis casas adoptivas y en la que he pasado momentos tan gratos y he conocido a gente tan valiosa a la cual poder llamar “amigo (a)”.

Agradezco a todas las personas y entidades que hicieron posible la realización exitosa de esta investigación, principalmente se agradece a mi esposo, hijos, madre, hermanas, abuela y suegra, por el apoyo y motivación entregada.

También agradezco a los profesores de la Facultad de Ingeniería, por los conocimientos compartidos y enseñados para mi desarrollo profesional, en especial a mi tutora académica la profesora Aurora que me dió siempre su sabio consejo y guía para que este trabajo cumpliera su objetivo. Que siempre estuvo dispuesta a atenderme sin importar la hora, el día ni el momento. Por todo su apoyo y paciencia y ser además una amiga, a mi cotutora académica la profesora Katherine que me ha tenido siempre presente y me ha tendido la mano cuando lo he necesitado por su gran ayuda mil gracias. Al profe Vargas, por su colaboración a todos mil gracias.

Especial agradecimiento al Ing. Eduardo Assoward por toda la ayuda y asesoría prestada durante la realización de este trabajo.

Agradezco a todos mis amigos que de una manera hicieron posible que lograra esta meta: Kelly, Yondert, Carla, Melisa, Yexi, Virginia (mi comadre), Orianna, Kimberley, Sarahi, Álvaro, Juan, Javier, José, Carlos Guerrero, el Guajiro, Carlos Rodríguez, Elías, Alejandro Virgos.

Agradezco a todas las empresas que me permitieron recabar toda la información necesaria para la realización de este trabajo.

RESUMEN

Garrido Z., Marianne L

DISEÑO Y APLICACIÓN DE UNA METODOLOGÍA DE RECOLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE DATOS, REFERENTES A EQUIPOS DE MINERÍA A CIELO ABIERTO EN LOS ESTADOS VARGAS, MIRANDA Y DISTRITO CAPITAL

Tutora Académica: Ing. Aurora Piña. Cotutora Académica: Ing. Katherine Silva.
Tutor Industrial: Ing. José Yazawa Tesis Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería.
Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Ingeniera en Minas. 2012. 161 pág. + anexos

Palabras Claves: equipos mineros, estados Miranda, Vargas y Distrito Capital, Índices Claves de productividad, Confiabilidad Operacional.

Resumen. Se plantea establecer una estrategia a través de un censo que permitirá obtener una metodología para la recopilación y procesamiento de datos de condiciones de los equipos utilizados en minería a cielo abierto en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital.

Para la recolección de datos, se diseñó una encuesta con preguntas abiertas y cerradas que recogía la mayoría de los parámetros mineros, que se emplearían en el análisis de los resultados con las herramientas de confiabilidad operacional.

El diagnóstico permitirá vislumbrar amplias oportunidades para la industria minera y los sectores relacionados públicos y privados, como proveedores de bienes, insumos y servicios mineros, universidades y centros de formación técnica, así como otros sectores productivos que se relacionan con la minería en estas regiones, en la consecución de estrategias y planificación de las actividades productivas que requieren insumos mineros de estas regiones estudiadas.

Una de las principales conclusiones es la necesidad de mejorar las prácticas de mantenimiento y el conocer las condiciones en qué se encuentran los equipos mineros observados. Entre las recomendaciones más resaltantes tenemos la incorporación del mantenimiento en las políticas públicas que permitan solucionar con éxito las averías de materias, piezas y sistemas empleados en las minas.

ÍNDICE GENERAL

Pág

PÁGINA DEL TÍTULO (portada pasta dura)	
PÁGINA DE ADENTRO	
CONSTANCIA DE APROBACIÓN	
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
RESUMEN	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
LISTA DE FIGURAS ILUSTRACIONES O GRÁFICOS	viii
LISTA DE TABLAS	xii
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
ALCANCES Y LIMITACIONES	4
CAPÍTULO I. BASES TEÓRICAS	
1.1.- Geología Regional de la Región Capital	5
1.1.1.- Geología local de los estados Miranda y Distrito Capital.....	9
1.2.- Métodos de explotación a cielo abierto	19
1.2.1.- Método de Cantera.....	24
1.2.2.- Tipos de canteras.....	25
1.3.- Equipos utilizados en minería	30
1.3.1.- Clasificación de los sistemas mineros.....	30
1.3.2.- Operaciones básicas y clasificaciones de equipos.....	32
1.3.3.- Equipos de Arranque, Carga, Acarreo y Auxiliares.....	34

1.3.4.- Reducción de tamaño.....	46
1.4.- Productividad y Operaciones de Mantenimiento.....	49
1.4.1.- Productividad.....	49
1.4.2.- Operaciones de Mantenimiento.....	50
1.4.2.1.- Tipos de Mantenimiento.....	52
1.5.- Bases Legales.....	55
1.6.- Índices Claves de Producción.....	55
1.6.1. - OEE-efectividad global del equipo.....	56
1.7.- Confiabilidad Operacional. Espinosa (2001).....	58
1.7.1.- Aplicación de la Confiabilidad Operacional.....	59
1.7.2.- Herramientas de Confiabilidad Operacional.....	60
1.7.3.- Análisis de Causa Raíz (RCFA).....	62
1.8.- Censo Económico.....	63
1.8.1.- Descripción general del proceso de los censos económicos.....	65
1.9.- Muestreo.....	67
1.9.1.- Muestra.....	67
1.9.2.- Condiciones que ha de cumplir la muestra.....	69
1.9.3.-Muestreo.....	70
1.10.- Métodos Estadísticos.....	71
1.10.1.- Estadística básica.....	71
1.10.2.- Técnicas estadísticas.....	72
1.10.2.1.-Gráficos de control.....	72
1.10.2.2.-Histogramas.....	73
1.10.2.3.-Anovas.....	77
1.11.- Encuesta.....	77
1.11.1.-Etapas básicas en el desarrollo de la Encuesta.....	78
1.11.2.-Modalidades de encuesta.....	80

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1.-Población	83
2.2.-Muestra	83
2.3.- Metodología de recolección de datos. Encuesta	84
2.3.1.- Descripción general de la empresa.....	85
2.3.2.- Equipos de arranque, carga y acarreo.....	85
2.3.3.- Equipos auxiliares.....	87
2.3.4.- Equipos de beneficio de minerales.....	88
2.4.-Trabajo de campo	92
2.5.- Datos	93
2.5.1.- Descripción de las Canteras y Areneras del área de estudio.....	93
2.5.2.- Total de equipos.....	93
2.5.3.- Total de los equipos de arranque, carga, acarreo y auxiliares.....	94
2.5.4.- Estado de los equipos.....	94
2.5.5.- Marcas más utilizadas del mercado.....	95
2.5.6.- Análisis de Fallas.....	96

CAPÍTULO III: ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1.- Descripción de las Canteras y Areneras del área de estudio	100
3.2.- Total de equipos	100
3.2.1.- Total de los equipos de arranque.....	101
3.2.2.- Total de equipos de carga.....	103
3.2.3.- Total de equipos de acarreo.....	105
3.2.4.- Total de equipos auxiliares.....	106
3.3.- Estatus de los equipos	108
3.3.1.- Estatus de los equipos de arranque.....	109
3.3.2.- Estatus de los equipos de carga.....	111
3.3.3.- Estatus de los equipos de acarreo.....	112
3.4.- Marcas más utilizadas del mercado	113
3.4.1.- Marcas más utilizadas en los equipos de arranque.....	114
3.4.2.- Marcas más utilizadas en los equipos de carga.....	115
3.4.3.- Marcas más utilizadas en los equipos de acarreo.....	115
3.5.- Análisis de Fallas	116
3.5.1.- Situación actual de los equipos de arranque, carga y acarreo.....	117
3.5.2.- Análisis de falla en dragalinas.....	118
3.5.3.- Análisis de falla de las excavadoras.....	120

3.5.4.- Análisis de falla de los cargadores frontales.....	123
3.5.5.- Análisis de falla de tractores de orugas.....	127
3.5.6.- Análisis de falla de los camiones articulados.....	130
3.5.7.- Análisis de falla de los camiones roqueros.....	132
3.6.- Análisis de fallas por operaciones unitarias.....	135
3.6.1- Análisis de falla de los equipos de arranque.....	136
3.6.2.- Análisis de falla de los equipos de carga.....	136
3.6.3.- Análisis de falla de los equipos de acarreo.....	137
3.7.- Análisis de falla para los equipos de beneficio de mineral.....	138
3.7.1.- Análisis de falla de la trituradora primaria tipo mandíbula.....	139
3.7.2.- Análisis de falla de la trituradora primaria tipo impacto.....	142
3.7.3.- Análisis de falla de la trituradora secundaria tipo cono.....	143
3.7.4.- Análisis de falla de equipos complementarios de beneficio minera...	145
3.8.- Aplicación para el acopio de datos de CEMCA.....	148
CONCLUSIONES.....	152
RECOMENDACIONES.....	157
BIBLIOGRAFÍA.....	159
ANEXOS 1.....	162
ANEXOS 2.....	166

LISTA DE FIGURAS, ILUSTRACIONES O GRÁFICAS

	Pág.
Figura N° 1 Área de estudio.....	5
Figura N° 2 Ubicación Formación Antímamo.....	10
Figura N° 3 Ubicación Formación Tacagua.....	12
Figura N°4 Ubicación Formación Las Mercedes.....	13
Figura N° 5 Ubicación Formación las Brisas.....	16
Figura N° 6 Ubicación de la Formación Paracoto.....	17
Figura N° 7 Esquema de corta minera y Mina de Palabora.....	21
Figura N° 8. Yacimiento ligeramente inclinado u horizontal.....	21
Figura N° 9 Método de terrazas.....	22
Figuras N° 10. Yacimientos semi – horizontales.....	22
Figura N° 11 Yacimientos especiales.....	23
Figura N°12 Planta de tratamiento sobre plataforma.....	24
Figura N°13. Explotación de canteras de Cuarcita.....	25
Figura N° 14. Canteras en terrenos horizontales.....	26
Figura N° 15. Canteras en ladera, altura decreciente.....	27
Figura N° 16. Excavación descendente.....	28
Figura N° 17. Avance lateral.....	28
Figura N° 18 Supercanteras.....	30

Figura N° 19. Rotopala RT.....	34
Figura N° 20. Dragalina American.....	36
Figura N° 21. Excavadora de oruga Case.....	36
Figura N° 22 Pala Mixta CAT 980C.....	37
Figura N° 23. Tractor de oruga CAT D9.....	38
Figura N° 24. Mototrailla CAT 631 D.....	38
Figura N°25 Retro Koehring 666.....	39
Figura N° 26 Cargador Frontal CAT 966H.....	41
Figura 27. Camión Articulado Iveco 330.....	41
Figura N°28 Camión Roquero Euclid FD82.....	42
Figura N° 29. Cinta Transportadora.....	43
Figura N° 30 Motoniveladora CAT 14G.....	44
Figura N° 31 Tractor CAT 6H.....	44
Figura N° 32 Camión Cisterna.....	45
Figura N° 33 Excavadora Hidráulica CAT 330BL.....	45
Figura N° 34 Planta de Trituración Primaria.....	47
Figura N° 35 Trituración Primaria.....	47
Figura N°36 Cono marca TelSmith.....	48
Figura N° 37 Curva de la Bañera.....	52

Figura 38. Parámetros de OEE.....	57
Figura N° 39. Factores de la Confiabilidad Operacional.....	59
Figura N° 40 Herramientas para la Confiabilidad Operacional.....	61
Figura N° 41 Análisis de Causa Raíz.....	63
Figura N° 42. Muestreo Estratificado.....	71
Figura N° 43 Diagrama de Barras Simples.....	74
Figura N° 44 Diagrama de Barras Compuestas.....	75
Figura N° 45 Diagrama de Barras Agrupadas.....	75
Figura N° 46 Ejemplo de un Polígono de Frecuencia.....	76
Figura N° 47 Ojiva Porcentual.....	76
Figura N° 48. Principales etapas en la elaboración de una encuesta.....	79
Figura N° 49. Esquema del Diseño de la investigación.....	83
Grafico 1. Porcentaje del total de Equipos en el Área de Estudio.....	101
Gráfico 2 Porcentaje de los equipos de arranque.....	102
Gráfico 3 Porcentaje de los equipos de carga.....	104
Gráfico 4 Porcentaje de los equipos de acarreo.....	105
Gráfico 5 Porcentaje de los equipos auxiliares.....	107
Gráfico 6 Porcentaje del estatus de los equipos de arranque.....	111
Gráfico 7. Marca más comercial utilizada en los distintos estados.....	114

Gráfico 8 Frecuencia de las fallas presentes en dragalinas.....	120
Gráfico 9 frecuencia de fallas presentes en las excavadoras.....	123
Gráfico 10 Frecuencia de fallas presentes en cargadores frontales.....	126
Gráfico 11 frecuencia de fallas presentes en los tractores.....	130
Gráfico 12 Frecuencia de fallas presentes en camiones articulados.....	132
Gráfico 13 Frecuencia de fallas presentes en los camiones roqueros.....	135
Gráfico 14 Diagrama de Espina de Pescado de las fallas de los equipos de arranque.....	136
Gráfico 15 Diagrama de Espina de Pescado de las fallas de los equipos de carga.....	137
Gráfico 16 Diagrama de Espina de Pescado de las fallas de los equipos de acarreo.....	138
Gráfico 17 Frecuencia de fallas presentes en las tritadoras de mandíbula.....	142
Gráfico 18 Frecuencia de fallas presentes en los equipos de beneficio de mineral.....	147
Figura N° 50 Esquema de la base de datos.....	149
Figura 51 Pantalla principal de la aplicación.....	150
Figura 52 Formulario de edición y navegación.....	151

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1. Principales unidades geológicas presentes dentro del área de estudio.....	6
Tabla N° 2 Clasificación de Equipos Mineros.....	31
Tabla N° 3. Equipos de transporte.....	42
Tabla N°4. Empresas visitadas.....	100
Tabla N° 5 Material que se extrae de las distintas empresas.....	100
Tabla N° 6. Total de equipos de arranque, carga, acarreo y auxiliares.....	101
Tabla N° 7 Total de equipos de arranque.....	101
Tabla N° 8 Equipos de Arranque utilizados en las distintas empresas.....	102
Tabla N° 9 Total de equipos de carga.....	103
Tabla N° 10 Equipos de Carga utilizados en las distintas empresas.....	103
Tabla N° 11 Total de equipos de acarreo.....	105
Tabla N° 12 Equipos de acarreo utilizados en las distintas empresas.....	105
Tabla N° 13 Total de equipos auxiliares.....	106
Tabla N° 14 Equipos auxiliares utilizados en las distintas empresas.....	107
Tabla N° 15 Estatus de los equipos de arranque, carga, acarreo y auxiliares.....	109
Tabla N° 16 Estatus de los Equipos de arranque.....	109
Tabla N° 17 Estatus del total de los equipos de arranque.....	110
Tabla N° 18 Estatus de los Equipos de carga.....	112

Tabla N° 19 Equipos de carga.....	112
Tabla N° 20 Estatus de los equipos de acarreo.....	113
Tabla N° 21 Equipos de acarreo.....	113
Tabla N° 22 Marcas más utilizadas en equipos de arranque.....	114
Tabla N° 23 Marcas más utilizadas en equipos de carga.....	115
Tabla N° 24 Marcas más utilizadas en equipos de acarreo.....	116
Tabla N° 25 Situación actual de los equipos de arranque, carga y acarreo.....	117
Tabla N° 26. Fallas encontradas en dragalinas.....	119
Tabla N° 27. Fallas encontradas en excavadoras.....	121
Tabla N° 28 Análisis de fallas encontradas en los cargadores frontales.....	124
Tabla N° 29 Fallas encontradas en tractores.....	128
Tabla N° 30 Fallas encontradas en camiones articulados.....	131
Tabla N° 31 Fallas encontradas en camiones roqueros.....	134
Tabla N° 32 Tipos de trituradoras en el área de estudio.....	139
Tabla N° 33 Fallas de las trituradora tipo mandíbula.....	140
Tabla N° 34 Fallas de las trituradora tipo impacto.....	143
Tabla N° 35 Fallas de las trituradora tipo cono.....	144
Tabla N° 36 Fallas en equipos complementarios de beneficio mineral.....	146

INTRODUCCIÓN

La industria minería juega un papel importante en la economía de nuestro país; por la ingente riqueza que se produce, el gran potencial de recursos naturales y humanos que poseemos. Éstas se encuentran en la búsqueda constante de tecnología y técnicas de gestión, que les permitan ser más eficientes en un panorama donde los productos deben competir con otros similares. Lo anterior, se ha traducido en la materialización de una importante inversión en minería en especial en el sector construcción.

Uno de los principales ejes centrales de la explotación minera lo conforman los equipos de arranque, carga y acarreo, debido a que afecta la viabilidad económica de la operación y su productividad. Se convierte en una necesidad para el sector minero conocer el parque de maquinaria mineras con que se cuenta en el país. En especial el sector de la construcción que actualmente es una prioridad nacional. Específicamente la minería de los no metálicos como es el caso de la extracción de arcilla, piedra y caliza. En virtud de lo antes planteado se propone establecer una estrategia a través de una metodología para un censo que permitirá la recolección y procesamiento de datos sobre las condiciones operativas actuales en los equipos utilizados en minería a cielo abierto en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital.

El contenido de esta investigación se encuentra dividido en tres capítulos, los cuales se detallan a continuación: El capítulo I, describe las bases teóricas de todos los elementos conceptuales que comprende la investigación. Se encuentran las referencias en las que se fundamenta el estudio. Capítulo II, contiene la metodología, tipo de investigación, población y muestra utilizada en la investigación. Además se expresan técnicas aplicadas para la recolección de datos. En el capítulo III, se realiza el análisis de los datos de cada uno de los equipos así como la presentación e interpretación de los resultados en la recolección de datos obtenidos durante la investigación.

Finalmente, se esgrimen las conclusiones y se dan recomendaciones relacionadas con los objetivos planteados como metas en este estudio.

OBJETIVOS

Objetivos Generales

- Diagnosticar el estado físico y situación legal de los equipos utilizados de minería a cielo abierto en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital.

Objetivos Específicos

- Realizar una revisión sistemática de los tipos de censos económicos aplicados a la actividad minera y sus alcances.
- Realizar una revisión de las normativas legales que rigen la tendencia para los equipos mineros a cielo abierto en el país.
- Diseñar un instrumento para obtener información acerca de las variables mineras relacionada con los equipos que operan en minas a cielo abierto.
- Aplicar el instrumento en las minas seleccionadas a cielo abierto de los estados Miranda, Vargas y Distrito Capital.
- Procesar estadísticamente la información recolectada a partir del referido instrumento.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Venezuela no cuenta con una base de datos actualizada en el área de minería que permita conocer el estado físico y la situación legal en que se encuentran los equipos mineros a cielo abierto que trabajan en las operaciones unitarias de perforación, carga, acarreo y beneficio de mineral, tanto en minas como canteras, siendo estos de vital importancia debido a que son las operadoras los encargados de realizar todas las actividades mineras a fin de lograr los requerimientos de materiales a la sociedad y de no llegarse cumplir con los exigencias de los usuarios de los productos finales se verá comprometida la viabilidad económica de la operación y su productividad, así como la cristalización de los planes nacionales y regionales que requieran materias primas de origen minero.

El problema es que el Estado desconoce la capacidad real con la que cuenta nuestro país en relación a equipos mineros y no existe información relativa a censos o catalogación de estos equipos, por lo que el producto de esta investigación facilitará la toma de decisiones a nivel estratégico del sistema productivo minero nacional y todo lo que ello implica, tanto dentro del mismo Estado como en el sector privado, que permita la adecuada planificación tanto a corto como a largo plazo.

Esta información tiene gran relevancia porque permitirá conocer de manera sistemática las condiciones físicas, reales y situación legal de estos equipos así como, contribuir de manera significativa a aportar elementos para la toma de decisiones en el ámbito minero con miras al logro de las metas propuestas y al desarrollo del sector minero como factor de crecimiento y diversificación económica para la nación.

Es por estas razones que se ha propuesto un plan de acción con una metodología de investigación que incluye un levantamiento de información a través de encuestas y reconocimiento en campo de estos equipos que laboran en las minas de las áreas geográficas seleccionadas en este estudio, para luego procesar estos datos y diseñar a través de herramientas estadísticas e informáticas una base de datos de la información obtenida, que permita enriquecer la misma con otras temáticas de interés para la industria, los proveedores y la academia. Utilizando técnicas novedosas (aunque no tan actuales) para garantizar la planificación, actualización y sinceración de la capacidad real de producción mineral, en este caso no metálicos, con la que pueda contar el país.

ALCANCE Y LIMITACIONES

Con la realización de este trabajo, se logrará obtener a través de un instrumento una herramienta que permitirá conocer el estado de los equipos de arranque, carga, acarreo, auxiliares y beneficio de mineral que operan en las distintas canteras, areneras y agregados para la construcción que se encuentran ubicados en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital, con el propósito de obtener una visión global de la infraestructura con la que se cuenta, así como también analizar a través de métodos estadísticos los datos obtenidos. Permitiendo proponer soluciones para el mejoramiento de la operación y producción.

Entre las limitaciones para la realización de este estudio se puede señalar, que solo se tomará en cuenta la región Capital (estados Vargas, Miranda y Distrito Capital) por razones económicas y de tiempo. Otro factor, a considerar fue el traslado a cada una de estas sedes industriales por su ubicación, así como también la cantidad de información disponible para el estudio, tomando en cuenta aquella que las empresas crean pertinente facilitarnos y las que estén dispuestas a atendernos.

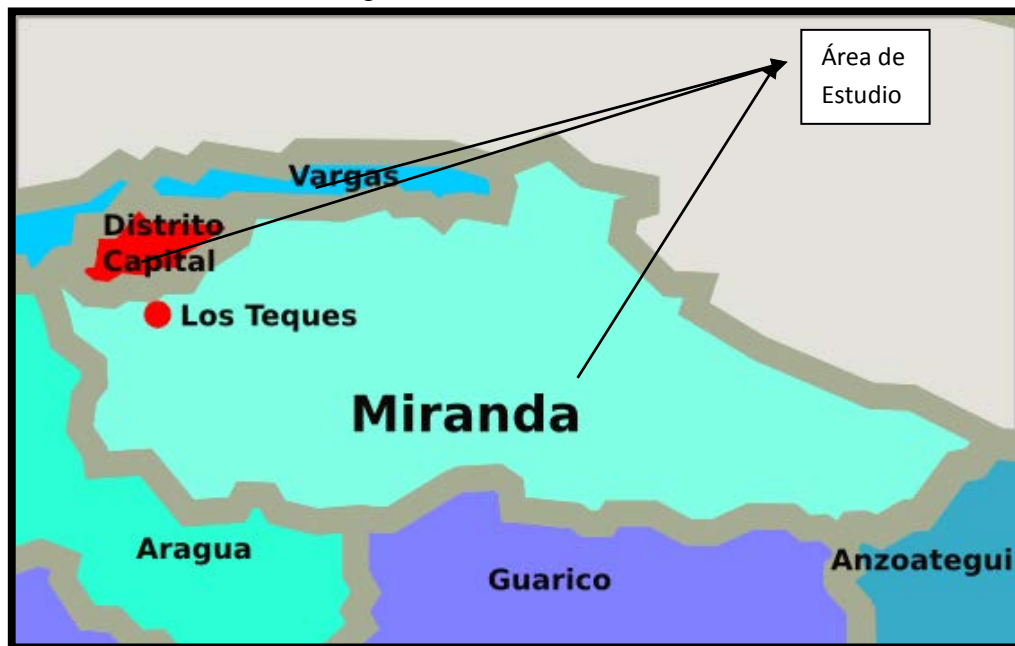
CAPÍTULO I

BASES TEÓRICAS

1.1.- Geología Regional de la Región Capital

A continuación se describe de manera general la geología regional de los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital. La disposición de estos estados se muestra en la figura 1.

Figura N° 1 Área de estudio



Fuente: Mapa de Venezuela

La tectónica de la zona de estudio es sumamente compleja debido a la yuxtaposición de unidades litológicas de edades, orígenes y procesos metamórficos muy diferentes y que tuvieron lugar en ambientes tectónicos separados. Dentro de estos estados se encuentran diversas unidades litológicas de acuerdo con Urbani, et al. (2000) las cuales se presentan en la tabla 1

Tabla N°1. Principales unidades geológicas presentes dentro del área de estudio:

<i>Unidades Litológicas</i>	<i>Edad</i>
<i>Aluvión</i>	<i>Cuaternario</i>
<i>Grupo Cabo Blanco</i>	<i>Plio – Pleistoceno</i>
<i>Complejo La Costa</i>	<i>Mesozoico</i>
<i>Fase Tacagua</i>	<i>Jurásico – Cretácico</i>
<i>Fase Antímano</i>	<i>Mesozoico medio a Superior Cretácico</i>
<i>Fase Nirgua</i>	<i>Mesozoico</i>
<i>Grupo Caracas</i>	<i>Jurásico – Cretácico</i>
<i>Formación Las Mercedes</i>	<i>Jurásico – Cretácico</i>
<i>Formación Las Brisas</i>	<i>Jurásico</i>
<i>Complejo Ávila</i>	<i>Pre Mesozoico</i>
<i>Esquisto San Julián</i>	<i>Pre Mesozoico</i>
<i>Augengneis de Peña de Mora</i>	<i>Pre Mesozoico</i>
<i>Metagranito de Naiguatá</i>	<i>Pre Mesozoico</i>
<i>Metaigneas de Tócome</i>	<i>Pre Mesozoico</i>
<i>Serpentinitas</i>	<i>Pre Mesozoico</i>

Fuente: F. Urbani, et al (2000). Memoria descriptiva de mapas geológicos.

Estado Vargas

Las areneras visitadas en este estado extraen el material directamente de los ríos de Camurí Grande y Tanaguarena, por lo que su geología local no es relevante para esta investigación, sin embargo, se describe a manera general su geología regional.

La geología regional del estado Vargas está representada por afloramientos de rocas metamórficas pertenecientes a las fajas asociación metamórfica La Costa y asociación metamórfica Ávila, que en conjunto definen la vertiente norte del macizo El Ávila o

la cadena montañosa del litoral central, sobre la cual se emplaza la microcuenca de drenaje de la quebrada Curucutí, área de interés del presente estudio. La franja litoral sobre la cual se asienta la mayor parte de la población del estado Vargas, está geológicamente constituida por los depósitos aluvionales de origen fluvio-torrencial y del Holoceno, que han dado origen a los extensos abanicos y/o conos de deyección que controlan la morfología de la línea de costa. La asociación metamórfica La Costa está compuesta por unidades litodémicas cretácicas, tales como mármol de Antímamo, anfibolita de Nirgua, esquisto de Tacagua y serpentinita. Afloran las rocas de la asociación metamórfica Ávila, con edades desde el pre-Cámbrico al Paleozoico, que corresponden a cuerpos de composición granítica (augengneis de Peña de Mora). Las rocas graníticas están entremezcladas o envueltas por rocas esquistosas de típica naturaleza metasedimentaria (algunos de los tipos de esquisto del complejo San Julián), de probable edad Paleozoica (MMH, 1970; MEM, 1997; Urbani, 2000a, 2000b, 2002a, b, c, d; Urbani *et al.*, 2000).

El territorio del estado Vargas se encuentra en la zona de interacción de dos placas tectónicas: del Caribe y América del Sur. Aunque se reportan en la región norte central unas 22 fallas activas, las principales son La Tortuga, La Victoria, Tacagua, El Ávila y San Sebastián.

Estado Miranda

El estudio de la geología regional se realiza en base a la cartografía disponible en la biblioteca de la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la Universidad Central de Venezuela, basado principalmente en el trabajo de González de Juana, et al. (1980).

La zona de estudio está ubicada en la cordillera del Caribe venezolano. Este complejo montañoso ha sido dividido en fajas como lo muestra el trabajo realizado por Menéndez (1965), en el cual se toma como consideración discriminativa para la diferenciación general de las diferentes fajas, los grados de metamorfismo presentes a lo largo de la cordillera. Esto trajo como consecuencia cuatro fajas que se distribuyen

de oeste a este de manera elongada pseudoparalela a la dirección W-E. Dentro de estas fajas, se encuentra la división estratigráfica oficial, como lo son las formaciones. Debido a la complejidad estructural que presenta esta región, la distribución de las formaciones es un serio complejo de macizos y bloques entrelazados entre sí, lo que dificulta su estudio e identificación, por lo que se han generado diferentes opiniones en cuanto a la distribución geográfica de algunas de las formaciones y/o áreas a la que autores de diferentes estudios le atribuyen formaciones distintas.

Distrito Capital

La secuencia metamórfica de la Cordillera de la Costa está constituida por un basamento ígneo –metamórfico de edad Precámbrica-Paleozoica (Ostos, 1990). Este basamento está cubierto por rocas meta-sedimentarias de edad Mesozoica, que fueron depositadas en un ambiente semi-restringido en el Jurásico Superior o Cretáceo Inferior, e incluye numerosos cuerpos de migmatitas y granitos, así como unidades de serpentinas y anfibolitas (Wehrmann, 1972). La región está controlada por tres principales sistemas de fallas que reflejan la influencia de los diferentes procesos orogénicos que llevaron a la Formación de la Cordillera de la Costa y su actual apariencia. Estas son: Falla Curucuti, con rumbo N50°-80°E, con buzamiento hacia el sur; Falla Tacagua del sistema de falla Tacagua-El Ávila, con rumbo N60°W y buzamiento principalmente al sureste; y la zona de Falla de Macuto, con una orientación preferencial esteoeste y buzamiento al norte de ángulo alto (Dengo, 1951).

Regionalmente, la geología del Valle de Caracas y de los altos topográficos que la circundan, la constituyen el Mármol de Antímano, las formaciones Las Brisas y Las Mercedes, el Aungengneis de Peña de Mora y un conjunto de rocas de composición básica constituidas por anfibolitas granatíferas piroxénicas.

El Valle de Caracas está constituido por sedimentos provenientes de la erosión de las rocas que constituyen al Macizo del Ávila y los sedimentos acarreados por los ríos

Guaira y Valle. De tal forma que la composición química de los mismos estará controlada grandemente por el tipo de material predominante y la proximidad a la fuente de estos.

La serranía o macizo del Cerro del Ávila – Naiguatá, forma la zona norte del Valle. Dicha secuencia está constituida principalmente por augengneises gruesos y bandeados, gneises de grano fino a medio, algunas cuarcitas delgadas, esquistos cuarzo -moscovíticos y ocasionalmente anfibolitas y mármoles delgados, dentro del augengneises de Peña de Mora (Urbani y Ostos, 1989).

Según González de Juana et al. (1980), la Formación Las Mercedes aflora en la parte más septentrional de las colinas del sur del Valle de Caracas. La litología predominante consiste en esquistos cuarzo - muscovítico-calcítico-grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes. Mientras que, La Formación Las Brisas, aflora hacia el sector de Propatria, y en la zona meridional de las colinas ubicadas al sur y oeste del Valle de Caracas. González de Juana et al. (1980) afirman que la Formación Las Brisas está constituida en un 90% de esquistos cuarzo - feldespático-moscovíticos; el 10% restante lo constituyen, en orden de abundancia, esquistos cuarzofeldespáticos epidóticos o cloríticos, calizas, cuarcitas y metaconglomerados. Tanto la Formación las Brisas como la Formación las Mercedes tienden a producir cantidades menores de bloques y gravas, mayores cantidades de arenas y arcillas cuando meteorizan en comparación con la Formación Peña de Mora.

1.1.1.- Geología local de los estados Miranda y Distrito Capital

Entre las formaciones asociadas a estos estados se encuentran:

Fuente: Léxico Estratigráfico en línea. www.pdv.com/lexico/2edic/a330e.htm (2011)

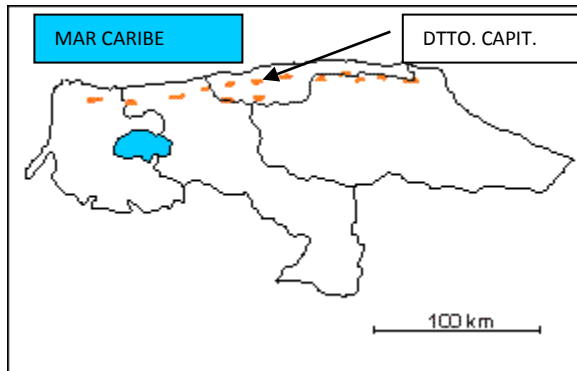
Formación Antímano

Cretácico

Distrito Federal y estados Miranda, Aragua y Carabobo

Referencia original: G. Dengo, 1951, p. 39-115

Figura N° 2 Ubicación Formación Antímamo



Fuente: G. Dengo

Localidad tipo: Dengo (1951) establece la localidad tipo a 0,5 km al norte de Antímamo, Distrito Federal (Hoja 6847, escala 1:100.000, Cartografía Nacional), cuyos afloramientos hoy en día están totalmente cubiertos por el urbanismo de la ciudad de Caracas.

Descripción litológica: Dengo (1951) describe esta Formación como un mármol masivo de grano medio, color gris claro, con cristales de pirita, alternando con capas de esquistos cuarzo micáceos, y asociadas con cuerpos concordantes de rocas anfibólicas, algunas con estructuras de "boudinage". El mármol está formado de un 85-95% de calcita, con cantidades menores de cuarzo detrítico, muscovita (2,5%), grafito (2,5%) y pirita (2%).

Dengo (1950) describe con detalle las anfibolitas glaucofánicas de esta Formación, incluyendo análisis químicos, indica que los mármoles son rocas estructuralmente competentes en relación a los esquistos que las rodean, pero incompetentes en relación con las rocas anfibólicas, mostrando pliegues de flujo alrededor de ellas y resultando así la estructura de "boudinage".

Schurmann (1950) igualmente estudia estas rocas glaucofánicas, presentando un mapa detallado de los diversos tipos litológicos en el sector de Antímamo y Mamera.

En la región del Camino de los Españoles, Parque Nacional El Ávila, Ostos (1981) describe su Unidad de esquisto cuarzo-muscovítico y mármol cuarcífero equivalente a esta Fase, encontrando los siguientes tipos litológicos: esquisto cuarzo-muscovítico, mármol y esquistos calcáreos, esquisto cuarzo-feldespático y feldespático, cuarcita muscovítica-feldespática, epidocita y glaucofanita granatífera.

En la cartografía geológica de la zona de Puerto Cruz-Mamo, Talukdar y Loureiro (1982) reconocen su Unidad de anfibolitas y mármoles, que posteriormente Urbani y Ostos (1989) la denominan como Fase Antímamo, allí ocurre la asociación de anfibolita, mármol, esquisto calcáreo-muscovítico \pm grafitoso, esquisto cuarzo-muscovítico \pm granatífero, esquisto cuarzo-muscovítico-graucofánico-granatífero.

En la zona de El Palito, estado Carabobo, Urbani *et al.* (1989) mencionan la asociación de anfibolita granatífera-clinopiroxénica, anfibolita granatífera, eclogita, anfibolita epidótica-plagioclásica, mármol, cuarcita y esquisto cuarzo-plagioclásico-muscovítico.

Ostos (1990) describe algunas de las rocas máficas de esta Fase aflorantes en la sección Chichiriviche-Colonia Tovar, siendo anfibolita granatífera y esquisto albítico-clorítico. La anfibolita tiene porfiroblastos de granate, mientras que el esquisto los tiene de albita con sombras de presión simétrica y bien desarrollada. Las asociaciones mineralógicas metamórficas indican un primer evento de alta relación P/T en la facies de la eclogita, siendo impreso por un segundo evento metamórfico de P/T intermedia en la facies de los esquistos verdes.

Urbani *et al.* (1997) estudian la mineralogía carbonática de los mármoles de los afloramientos de la punta oeste de la bahía de Chichiriviche, Distrito Federal, encontrando que carecen de dolomita, mientras que aquellos de Mamera lo presentan en muy pocas muestras y en muy bajas concentración. En los trabajos ya mencionados de Ostos, Urbani y otros, el criterio para cartografiar esta Fase es la presencia de la asociación de rocas anfibólicas con mármoles.

Importancia económica: Los mármoles han sido explotados ampliamente para su uso en la construcción (agregados para concreto, rocas para gaviones y como lajas para recubrimiento de paredes). Hoy en día solamente están activas las canteras de la quebrada Mamera.

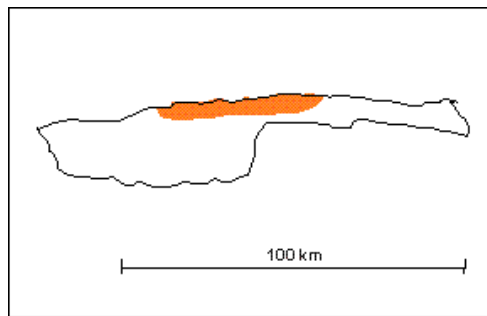
Formación Tacagua

Mesozoico Medio-Superior

Distrito Federal

Referencia original: G. Dengo, 1951, p. 66.

Figura N° 3 Ubicación Formación Tacagua



Fuente: G. Dengo

Localidad tipo: Al norte de la unión de las quebradas Tacagua y Topo, Distrito Federal.

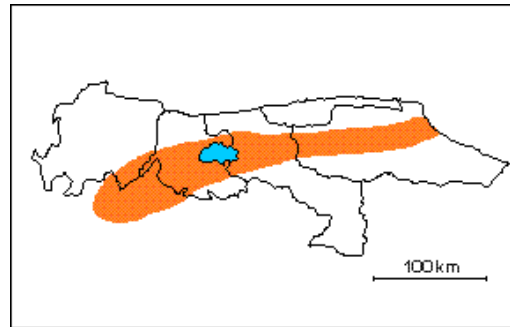
Descripción litológica: La unidad consiste de esquistos verde claro, finamente granulares y uniformemente foliados, en cuya composición entran principalmente sericita y epidoto. Hacia la parte inferior de la unidad, el esquisto se hace ligeramente calcáreo y contienen bandas de cuarzo y albita, así como vetas de cuarzo, más escasas que en la Formación Las Mercedes, infrayacente.

Formación las Mercedes

Mesozoico (Jurásico - Cretácico)

Referencia original: S. E. Aguerrevere y G. Zuloaga, 1937-a, p. 15

Figura N°4 Ubicación Formación Las Mercedes



Fuente: S.E Aguerrevere

Localidad tipo: Antigua hacienda Las Mercedes al este de Caracas (Hoja esc. 1:100.000, Cartografía Nacional) hoy Urb. Las Mercedes. Debido al crecimiento del urbanismo con la consecuente desaparición de los afloramientos de la localidad tipo, Wehrmann (1972) propone trasladar la sección de referencia a la carretera Petare-Santa Lucía, donde se expone la sección completa de la formación hasta su transición con la Formación Chuspita. Igualmente hay una sección bien expuesta en la autopista Caracas - Valencia, en el tramo Hoyo de la Puerta - Charallave.

Descripción litológica: Aguerrevere y Zuloaga (*op. cit.*), la definen como esquistos principalmente calcáreos, con zonas grafitosas y localmente zonas micáceas, de un tinte rosado, gris, con zonas blancas cuando frescas. Según Wehrmann (1972) y la revisión de González de Juana *et al.* (1980, p. 317) la litología predominante consiste en esquisto cuarzo - muscovítico - calcítico - grafitoso con intercalaciones de mármol grafitoso en forma de lentes, que cuando alcanza gruesos espesores se ha denominado "Caliza de Los Colorados". Las rocas presentan buena foliación y grano de fino a medio, el color característico es el gris pardusco. La mineralogía promedio consiste en cuarzo (40%) en cristales dispuestos en bandas con la mica, muscovita (20%) en bandas lepidoblásticas a veces con clivaje crenulado, calcita (23%) en cristales con maclas polisintéticas, grafito (5%), y cantidades menores de clorita, óxidos de hierro,

epidoto y ocasionalmente plagioclasa sódica. El mármol intercalado con esquistos se presenta en capas delgadas usualmente centimétricas a decimétricas, son de color gris azulado, cuya mineralogía es casi en su totalidad calcita, escasa dolomita y cantidades accesorias de cuarzo, muscovita, grafito, pirita y óxidos de hierro. Oxburgh (*op. cit.*), incluye el conglomerado de Charallave en la parte superior de Las Mercedes, y discrimina una facies oriental, de esquistos grafiticos, en su mayoría no calcáreos, granatíferos, con capas cuarcíticas de 20-70 cm de espesor y esquistos micáceos granatíferos, donde las capas cuarzosas están ausentes; y una facies occidental más arenosa, menos grafitica y carente de capas calcáreas, con abundante granate, y filitas grafiticas de color variable, predominantemente negro en la parte superior de la sección.

Wehrmann (*op. cit.*), menciona metaconglomerados en su base, esquistos cloríticos y una sección en el tope, de filitas negras, poco metamorfizadas, con nódulos de mármol negro, de grano muy fino, similares a los de las formaciones La Luna y Querecual, sin hallar fósiles en ellos. Este mismo autor, indica que el tope de la formación se hace más cuarzoso y menos calcáreo en su transición hacia la Formación Chuspita. Seiders (*op. cit.*), menciona además, meta-areniscas puras, feldespáticas y cuarzosas, de estratificación de grano variable, a veces gradada.

Aguerrevere y Zuloaga (*op. cit.*), incluyen dentro de la formación una zona constituida por calizas oscuras y densas, en capas delgadas, interestratificadas con capas de esquistos micáceos y arcillosos, todo intensamente plegado, que denominan Fase Los Colorados, y que constituyen excelentes estratos guía. Dengo (*op. cit.*), Seiders (*op. cit.*), y Wehrmann (*op. cit.*), no coinciden con esta formación, ya que según ellos, tales calizas se encuentran en diferentes niveles en la sección.

Urbani *et al.* (1989-a) cartografían dos subunidades en la zona de Valencia - Mariara, estado Carabobo. La mayoritaria de esquistos calcíticos - grafitosos y mármol, con una asociación mineralógica de cuarzo, calcita, muscovita, albita, grafito, clorita y epidoto. Una segunda subunidad minoritaria de cuerpos de mármol masivo,

contentivo de calcita, cuarzo, muscovita, grafito y albita. En la zona de La Sabana - Chirimena - Capaya, Distrito Federal y Miranda, Urbani *et al.* (1989-b) reconocen cuatro unidades cartografiables, la primera y mayoritaria de esquisto grafitoso y mármol, así como de mármol, de metaconglomerado cuarzo - feldespático - calcáreo, de metaconglomerado y metaarenisca y de esquisto albítico - grafitoso. Todas estas rocas corresponden a un metamorfismo de bajo grado en la facies de los esquistos verdes, zona de la clorita.

Característico de la formación, es la presencia de pirita, que al meteorizar, infunde una coloración rosada a rojo ladrillo a la roca. Smith (*op. cit.*), opina que la coloración rosada proviene de la meteorización de la sericita. Otra característica es la extraordinaria proporción de vetas de calcita recristalizada, en colores blanco, pardo y marrón, que ha sido identificada erróneamente como ankerita o siderita. En muestras de sondeos profundos con muestras no meteorizadas, esta coloración marrón de la calcita está ausente.

Muy poco se ha escrito sobre el ambiente en el cual se depositó la Formación Las Mercedes. Oxburgh (*op. cit.*), sugiere dos fuentes principales de sedimento: una meridional, suplidora de cuarzo puro, y una occidental (Complejo de El Tinaco), para el material cuarzo-feldespático más joven. Presenta un esquema transgresivo hacia el sur, sobre una plataforma somera, en la cual se depositaron lutitas negras, con una facies oriental más arenosa.

Importancia económica: El mármol de los afloramientos de La Vega, Distrito Capital, se utilizó hasta su total explotación para la fabricación de cemento, se explota el esquisto grafitoso, como material de compactación para carreteras no asfaltadas.

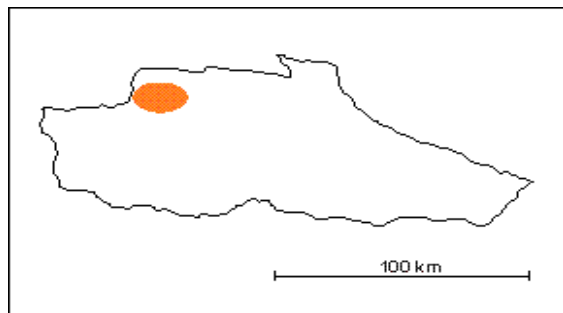
Formación las Brisas

Mesozoico

Estado Miranda

Referencia original: S. E. Aguerrevere y G. Zuloaga, 1937-a, p. 12.

Figura N° 5 Ubicación Formación las Brisas



Fuente: S.E. Aguerrevere

Localidad tipo: Sitio de Zenda en la carretera antigua de Caracas a Los Teques, estado Miranda. Hoy en día se distingue esta localidad por la planta embotelladora del "Agua Mineral Zenda", a dos kilómetros antes de llegar a El Tambor. Hoja 6747, escala 1:100.000, Cartografía Nacional. Nótese que esta localidad tipo si bien era adecuada para la definición original de conglomerado y mármol de Aguerrevere y Zuloaga (1937), no lo es para la acepción actual que se refiere a los cuerpos de mármol masivo. Hoy en día pueden verse buenos afloramientos de fácil acceso en: Morro de la Guairita, Parque Cueva del Indio, El Cafetal, Caracas; canteras activas de la zona de Peñón de Lira, Fila de Mariches; y en la cantera abandonada de la Hacienda El Encantado, al sureste de la Urbanización Macaracuay, Caracas.

Descripción litológica: Es un mármol macizo en forma de masas lenticulares de espesores variables, a veces intercalados con esquistos microclínicos - muscovíticos, cuarzo - micáceo o grafitoso. Por su lenticularidad y contenido fosilífero se ha interpretado de origen biohérmico. En La Mariposa el mármol consiste en 60% de carbonatos, con cuarzo, microclino, plagioclasa, muscovita, grafito y pirita, mientras que en Peñón de Lira es casi exclusivamente de carbonatos recristalizados con pequeña cantidad de cuarzo (Dengo, 1951, 58-59). Urbani (1969) estudia varias muestras de mármol de varias unidades de la Cordillera de la Costa, encontrando que en la Fase son dolomíticos, mientras que en la Formación Las Mercedes son principalmente calcíticos, así mismo indica que los dolomíticos son de colores más claros que los calcíticos. Laubscher (1955) presenta un excelente estudio estructural

del área de Baruta, interpretando que los cuerpos de mármol son formas tectónicas, tales como "boudins", bloques girados y lentes tectónicas, envueltas en una zona de rocas desintegradas mecánicamente que en ocasiones parecen verdaderos conglomerados sedimentarios. Wehrmann (1972, p. 2102) señala como mineralogía típica calcita o dolomita (85%), cuarzo (4,5), muscovita (2,5), feldespato (2,5), malaquita-azurita-pirita (4) y grafito (1), menciona además que algunas rocas al romperlas desprenden H₂S (mármoles fétidos).

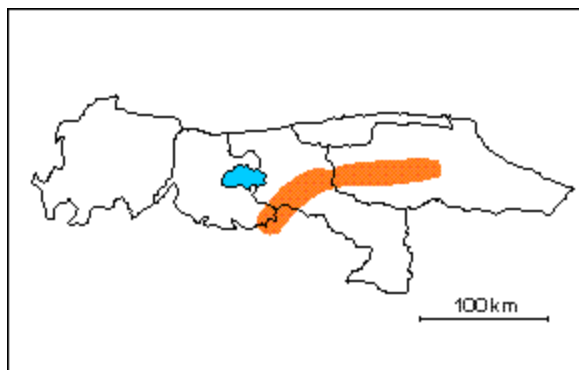
Importancia económica: Los mármoles han sido extensamente explotados para agregados de construcción y rocas ornamentales, si bien en la actualidad solamente se encuentra activa una cantera en el sector de Fila de Mariches, Edo. Miranda.

Formación Paracoto

Cretácico (Maastrichtiense)
Estado Miranda

Referencia original: R. J. Smith, 1952, p.363.

Figura N° 6 Ubicación de la Formación Paracoto



Fuente: R.J. Smith

Localidad tipo: Smith (1952) no fija una localidad tipo específica, pero indica que los mejores afloramientos pueden observarse en: (1) Sur de Guayas en el camino hacia Tiara, (2) en el río Tuy al norte de Tácata, (3) cerca de Paracotos, y (4) sitio de El Paují en la quebrada Suapire. En la edición previa del Léxico Estratigráfico de

Venezuela (1970) esta imprecisión fue interpretada considerado al "río Tuy, al norte de Táchata, cerca de Paracotos" como localidad tipo, distrito Guaicaipuro, estado Miranda. Hoja 6846, escala 1:100.000, Cartografía Nacional.

A partir de la redefinición de Shagam (1960), cuyo criterio es aceptado en la cartografía geológica de MacLachlan *et al.* (1960) y otros, pero igualmente en trabajos más modernos (e.g. Bellizzia, 1967, p. 181; Beck, 1985, 1986), surge el problema de que esta Formación no aflora en ninguna de las cuatro localidades mencionadas por Smith, por lo tanto carece de localidad tipo. En parte por esta razón, Beck (1985, 1986) propone cambiar el nombre de esta unidad al de Formación Cataurito, lo cual en principio parece apropiado, pero debido a lo arraigado del uso del nombre de Paracotos en la literatura venezolana, el autor mencionado en el Léxico Estratigráfico en línea sugiere mantenerlo, asignando dos secciones de referencia para esta Formación: (a) Los afloramientos del río Tuy entre Táchata y Cúa, estado Miranda, que aparecen cartografiados en el mapa simplificado de Bellizzia (1967, p. 181, reproducido en González de Juana *et al.*, 1980, p. 355), y en el mapa detallado de Beck (1985, 1986), estos son los afloramientos más cercanos de esta Formación al poblado de Paracotos que le da su nombre. (b) La sección propuesta por Beck (1985, p. 239, 1986) como localidad tipo de su "Formación Cataurito", ubicada en el cerro al sur de la Hacienda Experimental Cataurito, a media distancia entre los poblados de La Candelaria y El Pao de Zárate al este y Villa de Cura al oeste, estado Aragua.

Descripción litológica: Shagam (1960) describe una asociación de filita, mármol, metaconglomerado, con metalimolita y metarenisca en menor proporción. La filita constituye el 60% de la Formación, siendo limosa y carbonosa, de color azul grisáceo oscuro, con ocasionales peñones de rocas metavolcánicas y metasedimentarias de hasta 20 cm de diámetro, que González de Juana *et al.* (1980, p. 346) interpretan como una lodolita guijarrosa. Dentro de la secuencia anterior se encuentran capas delgadas de una roca metalimolítica, maciza y color negro con cubos visibles de piritita. Igualmente se observan capas delgadas de varios tipos de metarenisca de color

gris oscuro, que clasifica como arenisca calcárea micácea y waca lítica cuarcífera. Los cuerpos de mármol son microcristalinos de color verde muy claro a gris azulado, en capas lenticulares usualmente con menos de 500 m de largo, los espesores son usualmente de 5 a 10 m, pero el cuerpo mayor conocido alcanza unos 130 m de espesor. En secciones finas, se observan pequeños foraminíferos esféricos reemplazados por calcita, en una matriz de cristalitas de calcita con algo de cuarzo y pirita, así como material carbonáceo y óxidos de hierro en cantidades subordinadas. El metaconglomerado es de color gris verdoso con guijarros de hasta 50 cm de diámetro. Los guijarros están constituidos por fragmentos de metalava basáltica, cuarzo de veta, mármol, ftanita y granofel cuarzo - albítico. Seiders (1965) describió cuerpos de metalava de hasta varias decenas de metros de espesor, interestratificados con la filita, que aparecen muy transformados siendo poco visibles los minerales ferromagnesianos primarios, se presentan tanto como lavas almohadilladas, como en flujos brechados. Van Berkel *et al.* (1989) en su estudio de la zona de Tácata - Altagracia de la Montaña, cartografían su "Unidad de rocas metasedimentarias" interpretándola como equivalente a la Formación Paracotos, y en ella describen metarenisca, metapelita y mármol, todas estas rocas con efectos metamórficos de muy bajo grado. Esta misma secuencia había sido estudiada por Beck *et al.* (1984) denominándola como "rocas volcánico sedimentarias del Río Guare", nombre que consideramos innecesario. Extensión geográfica: Esta unidad constituye la Faja de Paracotos de Menéndez (1966) y Bell (1968), siendo interpretada en forma diferente por Beck (1985, 1986), quién la considera como parte de su Napa de Loma de Hierro. La Formación se extiende a través de los estados Cojedes, Carabobo, Guárico, Aragua y Miranda, y según Menéndez (1966) está limitada parcialmente el norte y al sur, por las fallas de Santa Rosa y Agua Fría, respectivamente.

1.2.- Métodos de explotación a cielo abierto.

En función de las características del yacimiento (morfología, topografía, profundidad, dimensión, entre otros) y su relación con la superficie, Ortiz de Urbina (1967), definen los métodos mineros a cielo abierto, como el conjunto ordenado de sistemas,

procesos y máquinas que en forma ordenada, repetitiva y rutinaria, extraen el mineral del yacimiento. Entre los factores determinantes para la elección del método minero son fundamentales los costos de remoción de estéril y los costos de producción de mineral, involucrados tanto para la minería a cielo abierto como para la minería subterránea.

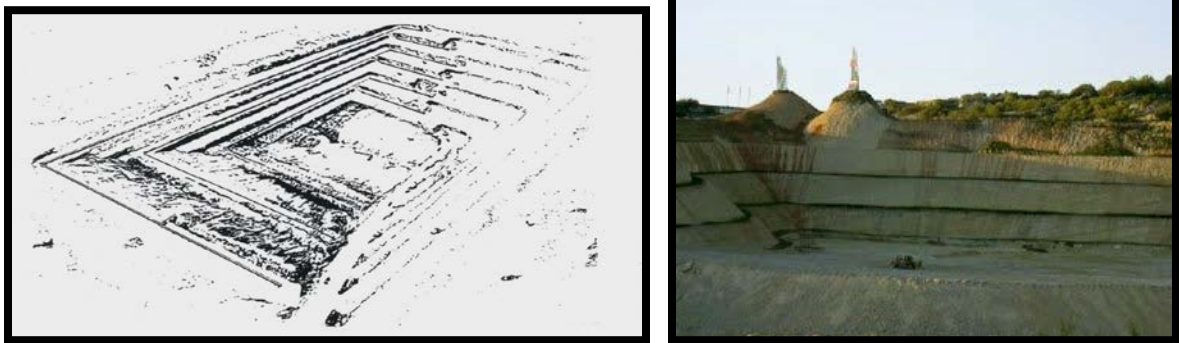
Los mismos están incluidos en una relación, que establece un límite para el empleo económico de uno de estos dos (2) sistemas de explotación, expresado como una proporción de cantidad estéril/mineral. Esta relación se conoce como la relación de remoción límite de explotación superficial y permite delimitar la parte del yacimiento que será explotada a cielo abierto o subterráneo. La minería a cielo abierto se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben mover. Según el I.T.G.E (1995), entre los métodos más comunes empleados en la minería a cielo abierto están:

1. - Tajo Abierto (*Open Cut Mining*).
- 2.- Fosa Abierta (*Open Pit Mining*).
- 3.- Explotación en Tiras (*Strip Mining*).
4. - Canteras (*Quarry Mining*).
5. - *Glory Hole*.

Otro tipo de clasificación de la minería a cielo abierto está más relacionada con los aspectos geológicos que con los aspectos técnicos. La siguiente es una agrupación más o menos general de los tipos y formas más utilizados en minería alrededor del mundo:

Cortas: En yacimientos masivos o de capas inclinadas como muestra la figura 7 la explotación se lleva a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones transversales de forma troncocónica.

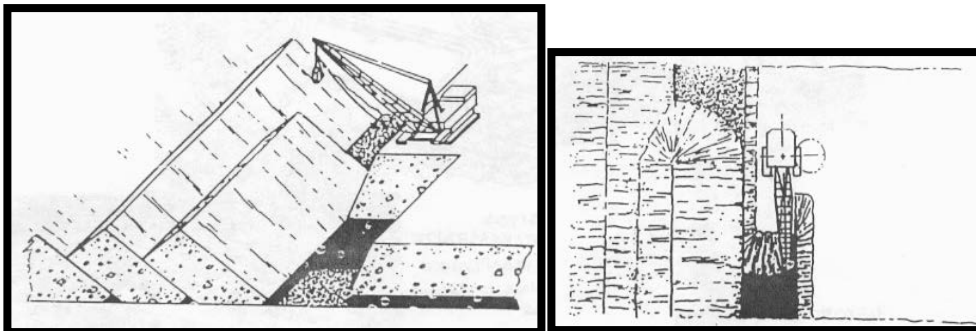
Figura N° 7 Esquema de corta minera y Mina de Palabora



Fuente: Herrera (2006)

Descubiertas: Se aplica en yacimientos ligeramente inclinados u horizontales (fig. 8) donde el recubrimiento de estéril es inferior, por lo general, a los 50 m. Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el arranque de estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores, el mineral es entonces extraído desde el fondo de la explotación que coincide con el muro del depósito.

Figura N° 8. Yacimiento ligeramente inclinado u horizontal

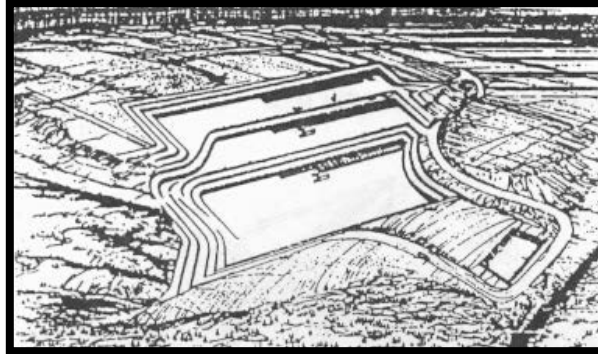


Fuente: Herrera (2006)

Terrazas: Este método se basa en una minería de banqueo con avance unidireccional. Se aplica a depósitos relativamente horizontales de una o varias capas o estratos de mineral, y con recubrimientos potentes que obligan a depositar el estéril en el hueco creado transportándolo alrededor de la explotación. Otro factor que determinan la

aplicación de este método son: la existencia de un gran volumen de reservas, un ejemplo del método se puede observar en la figura 9.

Figura N° 9 Método de terrazas



Fuente: Herrera (2006)

Contorno: En yacimientos semi-horizontales y con reducida potencia fig. 10, donde la orografía del terreno hace que el espesor de recubrimiento aumente de forma considerable a partir del afloramiento del mineral, se realiza minería de contorno.

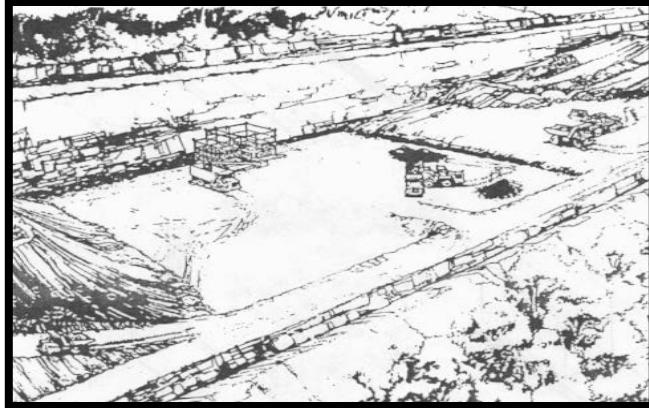
Figuras N° 10. Yacimientos semi - horizontales



Fuente: Piña (2002) y Anónimo

Especiales: Se aplica a aquellos yacimientos, que por sus características se llega muy rápidamente al límite de explotación por minería a cielo abierto. Se complementan con los métodos: *Auger mining*, *Punch Mining* y *Longwall Strip mining*.

Figura N° 11 Yacimientos especiales



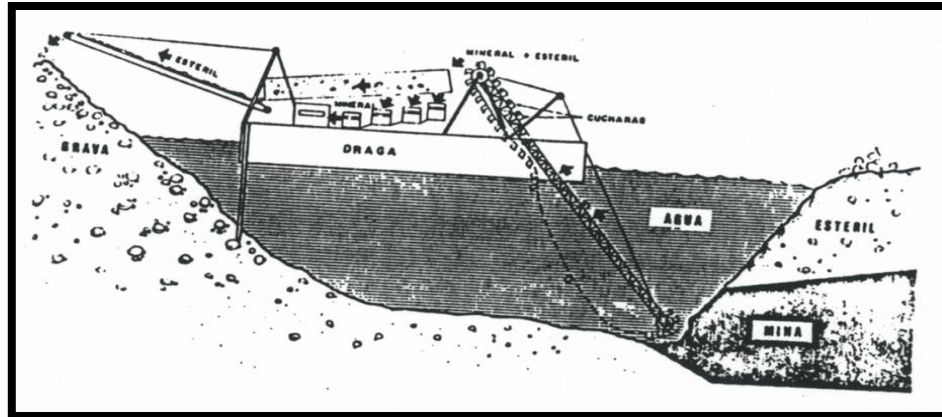
Fuente: Anónimo

Graveras: Aplicable a los materiales de aluvión, situados en las terrazas de los cauces, y constituidos por arenas y cantos rodados poco cohesionados se extraen en estas explotaciones en forma de gravas. Se llevan a cabo en un solo banco, dependiendo de la potencia del depósito y la maquinaria empleada puede ser convencional.

Disolución y lixiviación: La disolución consiste en hacer circular agua en minerales solubles y recuperar una salmuera mediante bombas hasta el sitio de la planta mineralurgia. La lixiviación consiste en la extracción química de los metales o minerales contenidos en un depósito. Si la extracción se realiza sin extraer el mineral se habla de “lixiviación *in-situ*”, mientras que si el mineral se arranca, transporta y deposita en lugar adecuado se denomina “lixiviación en pilas”.

Dragado: Se usan en aluviones. Este método es económico cuando la propia agua de inundación se utiliza en el proceso de concentración, como ocurre en la concentración gravimétrica. Las dragas incorporan la propia planta de tratamiento sobre la plataforma como se ve en la figura 12, con capacidad de tratar grandes cantidades de material y de un sistema de evacuación de los estériles en la zona explotada.

Figura N°12 Planta de tratamiento sobre plataforma



Fuente: S/I

Para efectos de este trabajo solo se tomara en cuenta el método de explotación de canteras (*Quarry Mining*).

1.2.1.- Método de Cantera

Cantera es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales y ornamentales. Se trata por lo general, de pequeñas explotaciones próximas a los centros de consumos, debido al valor relativamente pequeño que poseen los materiales extraídos, que pueden operarse mediante los métodos de banco único de gran altura o bancos múltiples (ITGE, 1992). Este último es el más adecuado, ya que permite realizar los trabajos con mayores condiciones de seguridad y posibilita la recuperación ambiental de los terrenos afectados con mayor facilidad.

Las canteras pueden subdividirse en dos grandes grupos: el primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado, apto para alimentar a la planta de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción, en forma de áridos, o para la fabricación de cemento; el segundo, dedicado a la explotación de rocas ornamentales, que se basa en la extracción cuidadosa de grandes bloques paralelepípedicos que posteriormente se cortaran y procesaran en delgadas laminas. La altura de los bancos va a depender del alcance de los equipos de excavación, así como de las condiciones

geotécnicas de los materiales que lo conforman. La profundidad a la cual se va a llegar en el total de la excavación, va a depender de las características del yacimiento y de los costos de producción. La explotación puede llevarse simultáneamente en varios bancos tal como se muestra en la figura 13, siempre y cuando, las labores en el banco superior se lleven con avance suficiente para no interferir con las labores del banco inferior. Entre los bancos se establecen rampas que sirvan como vías de acarreo a los camiones de producción y acceso para los vehículos de servicio. Por lo tanto, se debe procurar que las vías sean de recorridos lo más cortos posibles.

Figura N°13. Explotación de canteras de Cuarquita



Fuente: Propia 2011

1.2.2.- Tipos de canteras Herrera (2006)

Canteras en terrenos horizontales

Las labores se inician en forma de trinchera, como se muestra en la figura 14 hasta alcanzar la profundidad del primer nivel, ensanchándose a continuación el hueco creado.

Figura N° 14. Canteras en terrenos horizontales



Fuente: Herrera (2006)

La ampliación del hueco en superficie puede compaginarse con la profundización, compensándose distancias de acarreo.

Inconvenientes: (a) Fundamentalmente la necesidad de efectuar el transporte de materiales contra pendiente. (b) Mayores costos en el dimensionamiento adecuado de los sistemas de drenaje y bombeo para mantener seca la explotación.

Ventajas: Una vez excavado un hueco con las suficientes dimensiones, es posible instalar la planta de tratamiento dentro del mismo, consiguiéndose un menor impacto y una menor ocupación de terrenos.

Canteras en ladera

Estas explotaciones son las más numerosas y se caracterizan por un gran número de bancos, aunque hasta hace pocos años la tendencia era trabajar con pocos bancos muy altos.

Según la dirección de los trabajos de excavación, pueden distinguirse las siguientes alternativas: como se muestra en la figura 15 un avance frontal y frente de trabajo de altura creciente: Es la alternativa más frecuente por la facilidad de apertura de las canteras y a la mínima distancia de transporte inicial hasta la planta de tratamiento.

Figura N° 15. Canteras en ladera, altura decreciente



Fuente: Herrera (2006)

El frente de trabajo está siempre activo, salvo en alguna pequeña zona. Es progresivamente más alto, por lo que es inviable proceder a la restauración de los taludes hasta que no finalice la explotación.

- Excavación descendente como se muestra en la figura 16 y abandono del talud final en bancos altos:
- Permite iniciar la restauración con antelación y desde los bancos superiores hasta los de menor cota.
- Requieren una definición previa del talud final y, consecuentemente, un proyecto a largo plazo.
- Exigen constituir toda la infraestructura viaria para acceder a los niveles superiores desde el principio y obliga a una mayor distancia de transporte en los primeros años de la cantera

Figura N° 16. Excavación descendente



Fuente: Herrera (2006).

- Avance lateral y abandono del talud final:
- Se puede llevar a cabo cuando la cantera tiene un desarrollo transversal reducido, profundizándose poco en la ladera, pero con un avance lateral amplio figura 17.
- Permite recuperar taludes finales una vez excavado el hueco inicial, así como efectuar rellenos parciales
- Permite mantener de forma constante la distancia de transporte siempre que la instalación se encuentre en el centro de la corrida de la cantera.

Figura N° 17. Avance lateral



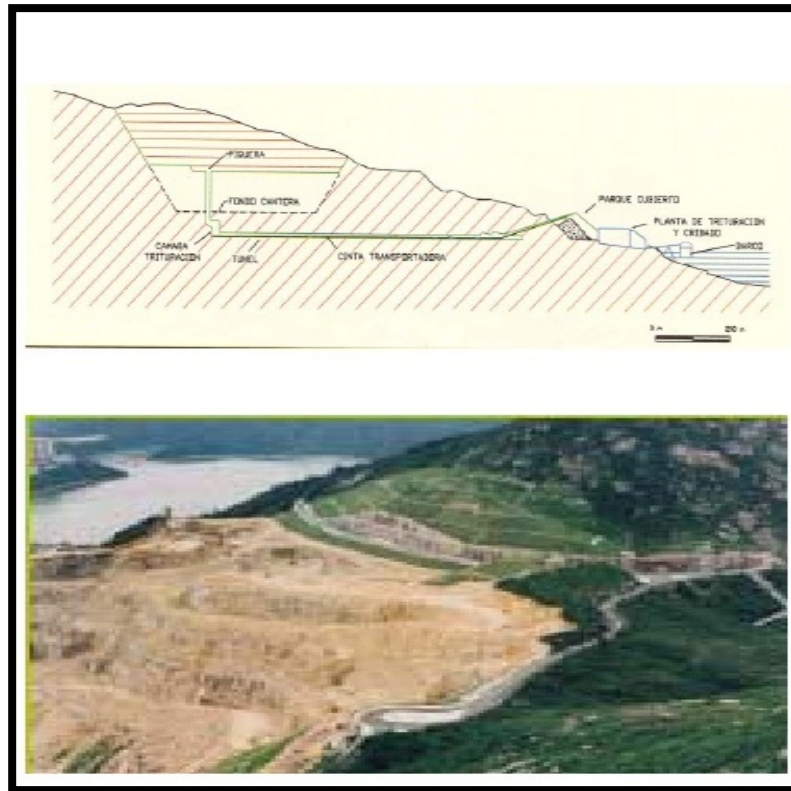
Fuente: Herrera (2006)

Supercanteras (*Superquarries*)

Tienen su origen en la estrategia de algunas compañías de áridos en reducir costes y evitar los inconvenientes de la tramitación de apertura de nuevas explotaciones. Su fundamento se asienta en los siguientes principios básicos:

- Localización de un yacimiento suficientemente grande y con materiales de la adecuada calidad.
- Entorno natural de baja calidad para originar el menor impacto ambiental.
- Ritmos de producción de entre 5 y 20 Mt/año para aprovechar los efectos de las economías de escala en los costes de operación.
- Proximidad a vías de comunicación terrestre o marítima.
- Inversiones específicas de entre 5 y 8 Euros/t de capacidad año
- Mayor eficiencia y control de las operaciones, que se traducen en altos rendimientos.
- Mayor eficiencia y control de las operaciones, que se traducen en altos rendimientos.
- Utilización del método de “corta”, con arranque por perforación y voladura, trituración dentro de la misma corta con equipos móviles y semimóviles y extracción por banda transportadora a través de túneles hasta la planta.
- Obliga al abandono de reservas y a la realización de labores subterráneas, pero permite un menor impacto ambiental.
- Las profundidades proyectadas llegan a superar los 200 m, por lo que es posible plantear dos secuencias de avance:
 - La primera consiste en explotar desde los bancos más altos a los más bajos, pero cada vez un nivel en toda su extensión y llevándolo hasta la situación de talud final.
 - La segunda consiste en configurar varios bancos con vistas a aprovechar el descenso por gravedad y reducir el número de pistas a construir y conservación de las mismas.

Figura N° 18 Supercanteras



Fuente: Herrera (2006)

1.3.- Equipos utilizados en minería

1.3.1.- Clasificación de los sistemas mineros: Después de haber definido el método aplicable, es necesario establecer el sistema de explotación. Este será constituido por los diferentes equipos de arranque, carga y transporte y según la continuidad del ciclo básico, se diferencian los siguientes sistemas:

- Sistema totalmente discontinuo: La operación de arranque, con o sin voladura, se lleva a cabo con equipos discontinuos y el transporte se efectúa con volquetes mineros. Es actualmente el sistema más implantado debido a su gran flexibilidad y versatilidad.
- Sistema mixto con trituradora estacionaria dentro de la explotación: Una parte de la operación se realiza con medios semejantes al sistema anterior, hasta una trituradora instalada dentro de la explotación con la que se consigue una

granulometría adecuada para efectuar desde ese punto el transporte continuo por cintas.

- Sistema mixto con trituradora semimóvil dentro de la explotación: Conceptualmente es igual al sistema anterior pero con mayor flexibilidad, ya que la trituradora puede cambiarse de emplazamiento cada cierto tiempo, invirtiendo en estos traslados varios días o semanas.
- sistema continuo con trituradora móvil y arranque discontinuo: En este sistema se prescinde del transporte con volquetes, ya que la trituradora móvil acompaña constantemente por el tajo al equipo de arranque y carga discontinuo.
- Sistema de transporte mixto y arranque continuo: Esta es una variante de la alternativa 3, donde se ha sustituido el arranque discontinuo por una rotopala o equipo similar. Es un sistema poco utilizado, aunque algunas minas lo aplican.
- Sistema de arranque y transporte continuos: es, por excelencia, el sistema que presenta un mayor porcentaje de electrificación, ya que todas las unidades, excepto las auxiliares, son accionadas por motores eléctricos. A su vez, en cada uno de esos sistemas la maquina utilizada puede ser distinta, pues por ejemplo en el arranque continuo es posible emplear rotopalas o minadores y, en el transporte continuo, bandas transportadoras convencionales, cintas de alta pendiente, mineroductos, entre otro.

Tabla N° 2 Clasificación de Equipos Mineros

	Carguio		Transporte		Combinados	
	sin viaje	viaje mínimo	ruta no fija	ruta fija	móvil	base fija
Discreto	- Palas - Retro excavadora (backhoe) - Pala hidráulica	Cargador frontal	- Camión - Shuttle car	- Trenes - Skip	- Tractor - Dozer - LHD	- Dragline - Pala stripping
Continuo	- Rotopalas - Minero continuo - Dredges		- Correas - Correa tornillo - Correa cadena	- Cañería pulpa - Transporte neumático		

Fuente: Sweigard (1998)

1.3.2.- Operaciones básicas y clasificaciones de equipos

El ciclo de explotación minera se puede definir como una sucesión de fases u operaciones básicas aplicadas tanto al material estético como al mineral. Según las condiciones del proyecto que se esté llevando a cabo, existirán o no otras operaciones auxiliares de apoyo cuya misión es hacer que se cumpla con la mayor eficiencia posible las operaciones básicas pertinentes.

Las fases que engloba el ciclo minero a ciclo abierto son, generalmente, las siguientes:

(a) arranque., (b) carga, (c) transporte y (d) vertido (Martín, 1984). El arranque es, por necesidad, la primera de las operaciones para el movimiento de los materiales y consiste en fragmentar estos a un tamaño adecuado para uso posterior manipulación por los equipos de fases subsiguientes.

La fragmentación de la roca puede efectuarse fundamentalmente por dos métodos bien definidos. Indirectos, es decir por medio de la energía liberada por los explosivos colocados en el interior de los macizos rocosos dentro de barrenos, y directos, por la acción mecánica de una herramienta montada sobre un equipo.

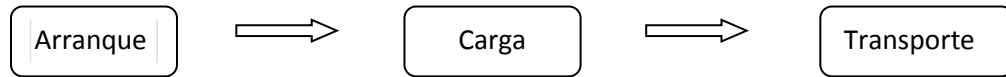
La carga consiste en la recogida del material ya fragmentado para depositarlo seguidamente, en la mayoría de los casos, sobre otro equipo o instalación adyacente.

El transporte es la fase posee en la actualidad una mayor repercusión económica sobre el ciclo de explotación, que puede cifrarse entre el 40 y el 60 % del coste total e incluso de la Inversión en equipos principales.

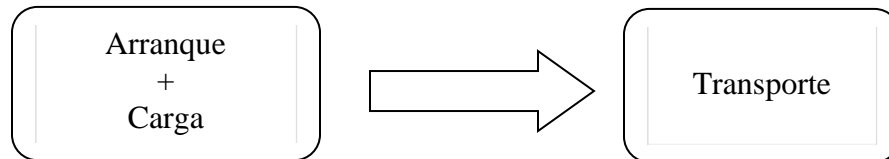
De acuerdo con una serie de consideraciones específicas que se analizarán más adelante para cada grupo de máquinas, las combinaciones entre sí pueden ser las siguientes:

- La fase de arranque es efectuada por unidades distintas de las que realizan la carga el transporte. Un caso puede ser, por ejemplo, aquel en el que el arranque lo

realizan tractores de orugas, la carga de palas de ruedas y el transporte y vertido, volquetes, el ciclo básico estará, pues, constituido por la agregación de las siguientes fases individualizadas,

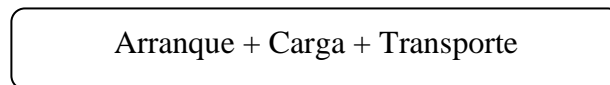


- Que el mismo equipo realice el arranque y también la carga como sucede, por ejemplo, con las rotopalas, las excavadoras o minadores, que arranca y cargan simultáneamente. En este caso el transporte lo realizan otras unidades independientes.



- Que una misma máquina, debido a sus propias características constructivas y funcionales, realice por sí sola el arranque, la carga y el transporte, esto sucede con las mototraíllas y con las rotopalas de brazo de descargar directo.

La elección del conjunto de equipos necesarios para llevar a cabo un proyecto se suele realizar normalmente después de definir la fase u operación crítica, en función de la cual se estructurará todo el proceso productivo teniendo en cuenta una serie de consideraciones.



Las combinaciones que pueden hacerse entre equipos, destinados a una explotación concreta, son muy numerosos, pues pueden, ser varias las maquinas que, con diferente diseño y forma de funcionamiento, realicen la misma operación.

1.3.3.- Equipos de Arranque, Carga, Acarreo y Auxiliares

Arranque

El arranque se realiza de tres maneras: con herramientas, con máquinas y con explosivos. Los dos primeros métodos sólo son rentables cuando las rocas a explotar son relativamente blandas, tales como el carbón o los fosfatos. Cuando las rocas son duras es necesario acudir al arranque mediante explosivos. En el caso de las rocas ornamentales (mármol, granitos, pizarras...) empleadas en arquitectura y construcción se utilizan herramientas de corte de diamante y voladuras muy cuidadosas con muy poca cantidad de explosivo.

Las máquinas que se utilizan para el arranque en minería a cielo abierto son:

- **Rotopala.**

Las rotapalas, excavadoras de rodete, son equipos dotados de un dispositivo tipo noria, cuyos cangilones realizan las funciones de arranque y carga. El material fragmentado se vierte sobre un sistema de cintas que lo transporta a su destino. Estos equipos comenzaron a utilizarse en Alemania, a principios de siglo, sobre materiales poco consolidado, dando su uso en minería a cielo abierto al denominado Método Alemán para yacimientos tipo manto como el carbón. Un ejemplo de este equipo se puede observar en la figura 19.

Figura N° 19. Rotopala RT



Fuente: Herrera (2006)

- **Dragalina:**

Es una maquina excavadora de grandes dimensiones utilizada en minería y en ingeniería civil para mover grandes cantidades de material. Es especialmente útil en lugares inundados por ejemplo para la construcción de puertos. Su peso supera fácilmente las 2.000 toneladas hasta llegar en algunos casos a las 13.000 toneladas.

La dragalina está formada por las siguientes partes:

1. La estructura principal, en forma de caja, que tiene movimiento rotatorio. Aquí reside el motor, diesel o eléctrico y la cabina de mando.
2. El brazo móvil o mástil que soporta la pala cargadora.
3. La pala cargadora que está sujeta verticalmente al brazo principal y horizontalmente a la estructura principal a través de cables y cuerdas.
4. Cables, cuerdas y cadenas que permiten la maniobra del proceso de excavación.

En el proceso de excavación la pala cargadora se sitúa encima del lugar dónde se quiere excavar destensando los cables y las cuerdas. Entonces se arrastra la pala para coger la carga tensando las cuerdas horizontales. Tal y como muestra la figura 20. Una vez cargada la pala se sube tensando los cables verticales y la máquina se gira hacia el lugar de descarga. Cuando llega al lugar de descarga se sueltan las cuerdas inferiores permitiendo la caída del material.

El proceso de carga y descarga a pesar de la dimensión de la estructura es relativamente rápido. La cantidad de material que puede ser removida en cada ciclo de excavación depende del volumen de la pala que puede llegar a los 30 - 60 metros cúbicos. Ésta máquina es transportada con grandes remolques, ya que ella sola solo puede recorrer varios metros. Por tanto, el costo total se eleva por el transporte. Sale rentable solo cuando necesitamos excavar muchos metros cúbicos de tierra en grandes superficies.

Figura N° 20. Dragalina American. Tomado en Arenera La Trinidad (2011)



Fuente: propia

- **Excavadora:**

Se denomina pala excavadora a una máquina autopropulsada, sobre neumáticos u orugas (ver figura 21), con una estructura capaz de girar al menos 360° (en un sentido y en otro, y de forma ininterrumpida) que excava terrenos, o carga, eleva, gira y descarga materiales por la acción de la cuchara, fijada a un conjunto formada por pluma y brazo o balancín sin que la estructura portante o chasis se desplace.

Figura N° 21. Excavadora de oruga Case. Tomado en Casalbeach (2011)



Fuente: propia

Existen dos tipos de excavadoras diferenciadas por el diseño del conjunto cuchara-brazo-pluma y que condiciona su forma de trabajo:

- Excavadora frontal o pala de empuje: con la cuchara hacia arriba. Tiene mayor altura de descarga. Útil en trabajos de minería, cuando se cargan materiales por encima de la cota de trabajo.
- Retroexcavadora: tiene la cuchara hacia abajo. Permite llegar a cotas más bajas. Utilizada sobre todo en construcción para zanjas, cimentaciones, desmontes, entre otros.

Normalmente se suele referir de forma errónea a la pala mixta como retroexcavadora en la figura 22 pueden ver un ejemplo de una pala mixta:

Figura N° 22 Pala Mixta CAT 980C. Tomado en Inversiones Maitana (2011)



Fuente: propia

- **Tractores**

Además de sus otros múltiples usos en los servicios de la mina, los tractores (figura 23) o *bulldozers* pueden ser utilizados en el arranque y empuje del material más superficial hasta el borde del banco en sistema de arranque y transporte. También, como una máquina de arranque, se puede utilizar empleando el *ripper* o escarificador, arrancando y extrayendo las rocas más débiles y superficiales en donde la voladura no fuera necesaria. La distancia límite económica de arranque y arrastre con tractor suele estar en unos 150 metros generalmente.

Figura N° 23. Tractor de oruga CAT D9. Tomado en Arenera O Toxo (2011)



Fuente: propia

- **Mototralla**

Aunque su nacimiento y mayor utilización está en la sobras publicas y civiles, también se pueden emplearen algunas zonas u operaciones mineras para aquellos materiales blandos y muy bien fragmentados hasta una granulometría de 30 x 30 cm. La distancia límite económica de transporte con mototrallas está situada entre los 600 y 800 m. en material escarificable, y entre los 1.000 y 1.500 m. para terrenos sueltos de excavación directa, un ejemplo de este equipo se puede observar en la figura 24.

Se emplean muy económicamente para la restitución del terreno y especialmente en el movimiento de la tierra vegetal y también son muy útiles en las fases iniciales del desmonte con los materiales muy alterados.

Figura N° 24. Mototralla CAT 631 D. Tomado en Arenera Río Cristalino (2011)



Fuente: propia

- **Retroexcavadora con volquete**

Por sus especiales características de trabajo este sistema se suele utilizar más para la extracción y limpieza del mineral que para la carga y transporte del estéril (ver figura 25).

Figura N°25 Retro Koehring 666. Tomado en Agregados el Conde (2011).



Fuente: propia

Las mayores ventajas de emplear una máquina del tipo de la Retroexcavadora son:

- Mejor limpieza del mineral, y por consiguiente, una menor dilución o mezcla del mineral con el estéril, dado el mayor control y la facilidad de colocación del cucharón de la máquina en el frente del banco, así como por el uso de unas especiales cucharas o aditamentos para el arranque, la limpieza y la carga.
- Al poder permanecer la Retroexcavadora y el volquete en un nivel superior, se puede suprimir o retrasar la ejecución de la rampa de acceso al último nivel y así poder trabajar en una zona más preparada y con menores problemas de arranque o de presencia de agua.

Como principales desventajas, podemos destacar:

- Se podría dar lugar a una inversión de las fases de descubierta y extracción del mineral muy peligrosa a medio plazo para la mina.
- La capacidad del balde es generalmente muy limitada y también la longitud del brazo lo que obliga a unos bancos más pequeños y unas producciones bajas, insuficientes en general para mover los grandes volúmenes de estéril.
- El piso inferior puede quedar en peores condiciones, al ser el avance en retirada y no ver el operador el frente directamente.

- El operador no visualiza el mineral tan frontalmente como con la pala o excavadora frontal, con lo que se puede perder algo de selectividad.

En general, estas máquinas arrancan la roca utilizando elementos móviles cortantes: picas, rodetes, cuchillas o discos.

El arranque mediante explosivos es el más utilizado. Para poder cargar el explosivo, se requiere hacer barrenos o agujeros en la roca y distribuirlos de tal manera que a cada barreno se le dé una secuencia de detonación y vaya dando salida uno en secuencia de otro. Generalmente para hacer dichos barrenos se utilizan máquinas neumáticas conocidas como *Stoppers*, Máquinas de pierna, *Jumbos* Neumáticos, y va en aumento el uso de equipos electrohidráulicos tales como *Jumbos*, Simbas, Equipos de perforación Larga, entre otros. Para realizar el arranque o tumbe de la roca se utilizan las voladuras.

Carga

Las máquinas más usadas para realizar la carga son las palas cargadoras, para el exterior y *Scoop Tram* o palas de bajo perfil para las subterráneas.

Un caso especial de carga es cuando se dispone físicamente el medio de transporte debajo del mineral a arrancar. En este caso la carga se realiza con ayuda de la gravedad. Un método como este se aplica en minería subterránea cuando el nivel de explotación (de donde se extrae el mineral) está sobre el nivel de transporte.

El rendimiento del equipo de carga (fig. 26) se encuentra afectado por los siguientes factores:

- Clase de material a ser cargado
- Profundidad del corte
- Angulo de oscilación
- Condiciones administrativas de la obra
- Tamaño de las unidades de acarreo

- Habilidad del operador
- Condiciones físicas de la pala.

Figura N° 26 Cargador Frontal CAT 966H. Tomado en Cantera la Vega (2011)



Fuente: propia

Acarreo

Camiones volcadores y camiones con descargas por el fondo son los equipos predominantes en la instancia de transporte.

Los camiones volcadores como el que se muestra en la figura 27, son unidades de dos ejes y de tres ejes en los de mayor capacidad. La capacidad se sitúa en el rango de 30 a 320 toneladas, potencia de 225 a 2.250 HP, taras de 30 a 265 toneladas y transmisiones mecánicas o eléctricas.

Figura 27. Camión Articulado Iveco 330. Tomado en Arenera Naiguatá (2011)



Fuente: propia

Por su parte, los camiones con descargas por el fondo como se muestra en la figura 28 comprenden unidades tipo tractor-remolque de tres ejes o de chasis rígido con dos ejes, capacidad de 70 a 180 toneladas, potencias desde 315 a 1.100 HP y taras desde 45 a 170 toneladas.

Figura N°28 Camión Roquero Euclid FD82. Tomado en Cantera la Ceiba (2011)



Fuente: propia

Los equipos de transporte se pueden seleccionar de acuerdo con las toneladas que carga, con la distancia, y con la cantidad de material a transportar (ver tabla 2)

Tabla N° 3. Equipos de transporte

Equipo	Tons Transp	Distancias	Material
Camión	Moderado	< 5 Km	Rocoso
Cinta	Grande	< 20 Km	Fragmentado
Ferrocarril	Grande	>100 Km	Rocoso
Mineroducto	Grande	>80 Km	Preparado

Fuente: Villanueva, A (2002). Inédito

Cinta transportadora

Las cintas transportadoras permiten el traslado de material fragmentado y pueden ser utilizadas en la mina (resulta muy común encontrarlas en las plantas de procesamiento como se muestra en la figura 29, una vez que el material ha sido reducido de tamaño). Los principales problemas de las correas para el transporte de material de mina es que éste generalmente incluirá colpas de gran tamaño que pueden

dañar la correa o simplemente ser inmanejables para los sistemas de traspaso y carga. Otro problema es la poca flexibilidad que otorga al tener una posición fija en la mina. A pesar de ello, en casos donde el material extraído de la mina tiene una granulometría manejable, las cintas transportadoras ofrecen una alternativa económico y de buen rendimiento.

Figura N° 29. Cinta Transportadora. Tomado en Inversiones Agrepa (2011)



Fuente: propia

Ferrocarril

Se entiende por esto al conjunto formado por una locomotora (la unidad de potencia que genera el movimiento) y una serie de vagones de mina que transportan el material. La locomotora puede ser a batería o utilizar un motor diesel. La ventaja de la primera es que no emite gases que requieran un aumento en la demanda por ventilación. Los carros del convoy pueden tener capacidades entre 1.0 y 8.0 yd³ aproximadamente. Éstos pueden descargar de manera frontal, lateral o por el fondo.

Maquinaria Auxiliar

La flota de equipos que habitualmente se utiliza en las labores de conservación e, incluso, apertura de pistas, está formada por las siguientes maquinas:

- Motoniveladora: Para el extendido de materiales de aportaciones y reperfilado de las superficies de rodadura. Figura 30

Figura N° 30 Motoniveladora CAT 14G. Tomado en Cantera la Vega (2011)



Fuente: propia

- Tractores de orugas y ruedas: para la excavación y relleno de zonas muy deterioradas, reacondicionamiento de vías como se muestra en la figura 31, construcción de nuevas trazados y retirada de grandes piedras, limpieza de frentes de explotación y alivio de escombros.

Figura N° 31 Tractor CAT 6H. Tomado en Cantera la Vega (2011)



Fuente: propia

- Camión de agua: para eliminar el polvo de las pistas manteniendo el grado de humedad y/o cohesión de los materiales superficiales.

Figura N° 32 Camión Cisterna. Tomado en Arenera Camurí Grande (2011)



Fuente: propia

- Volquetes: Para el transporte de los materiales de aportación.
- Excavadora hidráulica: para la preparación de obras de drenaje, desagüe y limpieza de cunetas.

Figura N° 33 Excavadora Hidráulica CAT 330BL. Tomado en Cantera las Marías (2011)



Fuente: propia

- Vehículo todo terreno: para la inspección y supervisión del estado de las pistas.

1.3.4.- Reducción de tamaño

En la construcción de carreteras, edificios, presas y demás obras de ingeniería civil, así como escolleras y vías de ferrocarril, e incluso en la industria del vidrio y la cerámica, se emplean áridos que con unas granulometrías adecuadas que intervienen para la fabricación de productos resistentes mediante su mezcla con aglomerados. Sin embargo, los áridos salen de las canteras con unos tamaños muy diferentes a los deseados para cada situación, lo que hace necesario, o no, su reducción de tamaño. Para solventar este problema se utilizan los procesos de trituración y molienda. En ellos se dan los fenómenos de reducción de tamaño y en muchos casos también se le da una cierta forma a la roca (cubicidad). Para efectos de este trabajo solo será tomado en cuenta el proceso de trituración que se efectúa en las instalaciones de la cantera. Evidenciándose dos procesos de trituración, primaria y secundaria debido a que es imposible obtener, granos que en su totalidad sean de volumen igual y uniforme. Fueyo (1999)

- **Trituración primaria**

La trituración primaria se lleva a cabo normalmente en quebrantadoras de mandíbulas o en quebrantadoras giratorias:

Trituradora de Mandíbulas: la figura 34 muestra una planta de trituración primaria tipo mandíbula la cual está constituida por dos mandíbulas dispuestas una enfrente de la otra en forma de V, una de las cuales es fija y la otra es animada de un movimiento alternativo producido por medio de un sistema de biela excéntrica y de placas de articulación. El material a machacar es introducido por la parte superior. El acercamiento de la mandíbula móvil provoca, por compresión, la rotura por aplastamiento de los grandes bloques. Su alejamiento permite a los fragmentos el descender en la cámara de trituración, donde son sometidos a un nuevo aplastamiento. Materiales triturados se evacuan, a continuación, por el orificio inferior.

Figura N° 34 Planta de Trituración Primaria. Tomado en Cantera Nacional (2011)



Fuente: propia

Trituradoras Giratorias: constan de una masa trituradora de forma cónica que gira en el interior de una carcasa troncocónica fija, abierta por su parte superior e inferior. El mineral que se va a triturar se carga en la quebrantadora por su parte superior y el mecanismo por el que se realiza la trituración se basa en la misma acción de aplastamiento de las quebrantadoras de mandíbulas. En la figura 35 se muestra un ejemplo de una trituradora giratoria.

Figura N° 35 Trituración Primaria. Tomado en Agregados el Conde (2011)



Fuente: propia

- **Trituración secundaria**

En la trituración secundaria, el tamaño de las partículas se reduce a un valor comprendido entre 3" y 2", dejándolo en condiciones de poder pasar a las operaciones de molturación o concentración preliminar. Las quebrantadoras utilizadas en esta fase son por lo general e tipo giratorio o cónico como muestra la figura 36. Estas quebrantadoras son similares a las utilizadas en la trituración primaria, diferenciándose solamente en que trabajan a velocidades relativamente altas (aproximadamente 500 r.p.m.) y en que la abertura de salida de los productos triturados es mucho menor.

Figura N°36 Cono marca TelSmith. Tomado en Cemex de Venezuela (2011)



Fuente: propia

La productividad es un factor determinante en el crecimiento económico de la industria, de ahí la importancia de su estudio y análisis en el sector minero. Desde el punto de vista de la productividad, el estudio conjunto de diversos elementos que influyen en la misma (Disponibilidad Mecánica, Disponibilidad Física, Uso de la disponibilidad y Utilización Efectiva), permitirán medir la efectividad de los procesos ya existentes:

- Identificar el estado del sistema
- Comparar diseño – operación
- Optimizar procesos

- Esta el equipo funcionando
- Esta el equipo disponible
- Cuanto es el tiempo medio que el equipo estará fuera de uso por reparación
- Cuán rápido puede operar en comparación a lo diseñado
- Cuán preciso está funcionando
- Se está haciendo realmente el mantenimiento adecuado.

1.4.- Productividad y Operaciones de Mantenimiento

1.4.1.- Productividad:

Es la relación entre la producción por unidad de comercialización (metros cúbicos, toneladas, entre otros.) en función del tiempo en que han sido producidas dichas unidades, generalmente en horas.

- **Disponibilidad Mecánica**

Es la relación entre el tiempo u horas trabajadas y el tiempo u horas trabajadas mas las horas de reparación, es decir, horas trabajadas y horas que debió trabajar el equipo. Es un factor que indica la eficiencia del mantenimiento.

- **Uso de la Disponibilidad**

Es el porcentaje de tiempo que el equipo estuvo operando respecto a las horas en que pudo haber estado operando. El uso es el factor que permite apreciar cuanto del tiempo que un equipo está disponible, es usado realmente en producción.

- Reducir los costos por averías
- Disminuir el gasto por nuevos equipos
- Maximizar la vida útil de los equipos

Los procedimientos de mantenimiento deben evitar las fallas, por cuanto una falla se define como la incapacidad para desarrollar un trabajo en forma adecuada o simplemente no desarrollarlo. Un equipo puede estar "fallando" pero no estar dañado, puesto que sigue realizando sus tareas productivas, pero no las realiza de la misma manera que un equipo en óptimas condiciones. En cambio un equipo averiado no podrá desarrollar faenas bajo ninguna circunstancia.

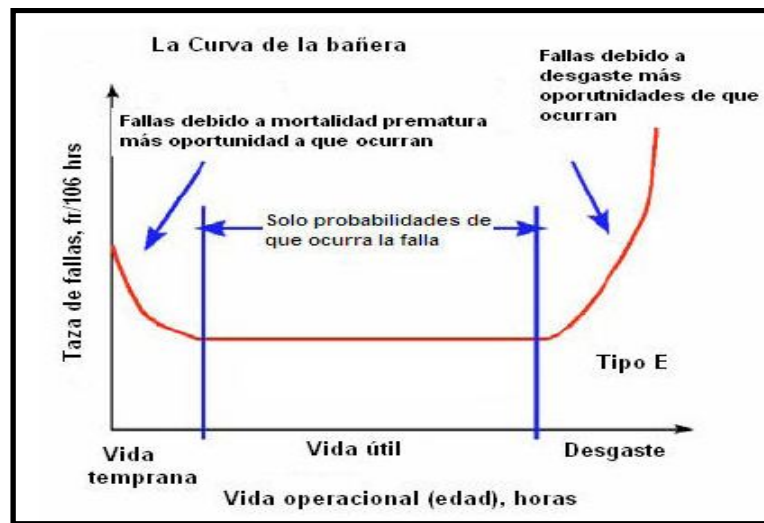
Además el costo que implica la gestión y el desarrollo del mantenimiento no debe ser exagera, más bien debe estar acorde con los objetivos propios el mantenimiento, pero sin denotar por ejemplo, un costo superior al que implicaría el reemplazo por maquinaria nueva. Entre los factores de costo tendríamos: mano de obra, costo de materiales, repuestos, piezas nuevas, energía, combustibles, pérdidas por la no producción.

Inevitablemente todo equipo, maquinaria, instrumento, o edificación se va a deteriorar por el paso del tiempo. Una medida útil para aproximar el costo del desarrollo del mantenimiento está dado por la siguiente expresión:

teóricamente existe la llamada "curva de la bañera" (ver Figura 37), la cual indica la probabilidad de la ocurrencia de fallas y averías para determinadas etapas de operación de un equipo o planta en función del factor tiempo. Así tenemos:

- Riesgo elevado en la etapa de implementación de la planta y puesta en marcha de los equipos.
- Riesgo bajo en la etapa de operación de la planta (siempre que los equipos reciban los cuidados y reparaciones adecuadas)
- Riesgo elevado en la etapa de operación de la planta luego que ha cumplido el ciclo de vida de los equipos (los cuales si reciben un óptimo mantenimiento podrían operar sin la presencia de fallas).

Figura N° 37 Curva de la Bañera



Fuente: Bottini (2007)

1.4.2.1.- Tipos de Mantenimiento. Méndez (2010)

Existen cuatro tipos reconocidos de operaciones de mantenimiento, los cuales están en función del momento en el tiempo en que se realizan, el objetivo particular para el cual son puestos en marcha, y en función a los recursos utilizados, así tenemos:

- **Mantenimiento Correctivo**

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento reactivo", tiene lugar luego que ocurre una falla o avería, es decir, solo actuará cuando se presenta un error en el sistema. En este caso si no se produce ninguna falla, el mantenimiento será nulo, por lo que se tendrá que esperar hasta que se presente el desperfecto para recién tomar medidas de corrección de errores. Este mantenimiento trae consigo las siguientes consecuencias:

- Paradas no previstas en el proceso productivo, disminuyendo las horas operativas. Afecta las cadenas productivas, es decir, que los ciclos productivos posteriores se verán parados a la espera de la corrección de la etapa anterior.
- Presenta costos por reparación y repuestos no presupuestados, por lo que se dará el caso que por falta de recursos económicos no se podrán comprar los repuestos en el momento deseado.
- La planificación del tiempo que estará el sistema fuera de operación no es predecible.

Mantenimiento Preventivo

Este mantenimiento también es denominado "mantenimiento planificado", tiene lugar antes de que ocurra una falla o avería, se efectúa bajo condiciones controladas sin la existencia de algún error en el sistema. Se realiza a razón de la experiencia y pericia del personal a cargo, los cuales son los encargados de determinar el momento necesario para llevar a cabo dicho procedimiento; el fabricante también puede estipular el momento adecuado a través de los manuales técnicos. Presenta las siguientes características:

- Se realiza en un momento en que no se está produciendo, por lo que se aprovecha las horas ociosas de la planta.
- Se lleva a cabo siguiente un programa previamente elaborado donde se detalla el procedimiento a seguir, y las actividades a realizar, a fin de tener las herramientas y repuestos necesarios "a la mano".

- Cuenta con una fecha programada, además de un tiempo de inicio y de terminación preestablecido y aprobado por la directiva de la empresa.
- Está destinado a un área en particular y a ciertos equipos específicamente. Aunque también se puede llevar a cabo un mantenimiento generalizado de todos los componentes de la planta.
- Permite a la empresa contar con un historial de todos los equipos, además brinda la posibilidad de actualizar la información técnica de los equipos.
- Permite contar con un presupuesto aprobado por la directiva.

Mantenimiento predictivo

Consiste en determinar en todo instante la condición técnica (mecánica y eléctrica) real de la máquina examinada, mientras ésta se encuentre en pleno funcionamiento, para ello se hace uso de un programa sistemático de mediciones de los parámetros más importantes del equipo. El sustento tecnológico de este mantenimiento consiste en la aplicaciones de algoritmos matemáticos agregados a las operaciones de diagnóstico, que juntos pueden brindar información referente a las condiciones del equipo. Tiene como objetivo disminuir las paradas por mantenimientos preventivos y de esta manera minimizar los costos por mantenimiento y por no producción. La implementación de este tipo de métodos requiere de inversión en equipos, en instrumentos y en contratación de personal calificado. Técnicas utilizadas para la estimación del mantenimiento predictivo:

- Analizadores de *Fourier* (para análisis de vibraciones)
- Endoscopia (para poder ver lugares ocultos)
- Ensayos no destructivos (a través de líquidos penetrantes, ultrasonido, radiografías, partículas magnéticas, entre otros)
- Termovisión (detección de condiciones a través del calor desplegado)
- Medición de parámetros de operación (viscosidad, voltaje, corriente, potencia, presión, temperatura, entre otros.)

1.5.- Bases Legales

En una entrevista con la abogada khatyuska Geraldine nos suministroo las siguientes bases legales que sustenta la investigación en cuanto a la desincorporación de equipos mineros.

- Artículos 12, 113, 156 numeral 16, de la Constitución de la República Bolivariana de Venezuela, G.O. N° 5.453 del 24-03-2000.
- Artículo 12, Decreto N° 6.732 sobre Organización y Funcionamiento de la Administración Pública Nacional, publicado en G.O. N° 9.202 del 17-06-2009.
- Artículo 4, Decreto N° 8.683, mediante el cual se hace la transferencia de las competencias relacionadas con la minería al Ministerio del Poder Popular de Energía y Petróleo, ahora denominado Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería.
- Art. 103 de la Ley de Minas, publicada G. O. N° 5.382 del 28/09/1999.
- Art. 33 numeral 2, artículos 48, 49, 132 y siguientes del Reglamento General de la Ley de Minas, publicado G.O. N° 37.155 del 09-03-2001.
- Arts. 31, 32 numeral 8 de la Ley de Timbre Fiscal, G.O. 5.416 del 22-11-1999.
- Art. 3,10,80 Ley Organica del Ambiente, G.O. 5833 del 22-12-2006.
- Art. 19 Ley de Gestión Integral de la Basura, G.O.6.017 del 30-12-2010

1.6.-Índices Claves de Producción. López (2009)

Todas las actividades y procesos de cualquier organización deben medirse con parámetros enfocados a la toma de decisiones, asegurándose de que las actividades sean acordes con los objetivos de negocio permitiendo evaluar los resultados frente a dichos objetivos. Estos parámetros son conocidos como indicadores: parámetro numérico que facilita la información sobre un factor crítico identificado en la

organización, en los procesos o en las personas respecto a las expectativas definidas. Cuando el valor de un indicador de gestión es comparado con algún nivel de referencia, nos permiten detectar desviaciones lo que nos permitirá tomar todo tipo de medidas correctivas o, lo más interesante, preventivas.

En los entornos productivos existen una serie de indicadores básicos del rendimiento (KPI, *Key Performance Indicators*) que se comparan con referencias fiables para obtener evaluaciones cuantitativas sobre las posibles mejoras. Utilizando esta información, los fabricantes pueden abordar los problemas potenciales con bastante antelación. Uno de esos indicadores KPI es la eficiencia global del equipo OEE, *Overall Equipment Efficiency*.

1.6.1. - OEE-efectividad global del equipo (*overall equipment effectiveness*)

Efectividad Global de los Equipos (OEE), también denominada ECE (Eficacia Compuesta de Equipo) es una métrica de la eficiencia comúnmente utilizada, que permite comparar el rendimiento de las plantas, líneas y equipos de producción. El OEE combina los conceptos de disponibilidad y rendimiento de los equipos y la calidad del producto en una métrica sencilla y fácil de comprender. El total del rendimiento desde una máquina hasta la totalidad de una fábrica, puede ser explicado como el impacto acumulado (producto) de tres factores distintos expresados como porcentajes:

- La Disponibilidad
- El Ratio de Rendimiento (velocidad de la máquina)
- El Ratio de Calidad

La OEE está fuerte mente relacionada con el estado de conservación y productividad del equipo mientras está funcionando, indica cuántas piezas han salido como producto correcto funcionando la máquina a la velocidad nominal y sin averiarse. En este concepto están incluidas todas las fuentes de ineficiencia existentes en cualquier

proceso de fabricación (6 grandes pérdidas) que muestra las pérdidas reales de los equipos medidas en tiempo:

- Pérdidas de tiempo del Mantenimiento (averías de equipo).
- Pérdidas de tiempo de la Disponibilidad (arranques, paradas, otras paradas).
- Pérdidas de pequeñas paradas y funcionamiento en vacío.
- Pérdidas de reducción de la velocidad y micro paradas.
- Pérdidas de tiempo de la Calidad (no conformes).
- Pérdidas de tiempo de retrocesos.

Cada uno de estos parámetros del OEE como se ve en la figura 38, representa pérdidas que pueden hacerse corresponder a una pérdida de Tiempo Operativo de Producción. Comenzamos a partir de un Tiempo Total Disponible y restamos los tiempos definidos por las pérdidas de Disponibilidad (Paradas), Rendimiento (Velocidad) y Calidad (Rechazadas/Reprocesadas). Muy rápidamente se pueden ver los efectos de esas pérdidas en el tiempo productivo. Claramente, el Tiempo Productivo se convierte en una fracción del Tiempo Total Disponible.

Figura 38. Parámetros de OEE



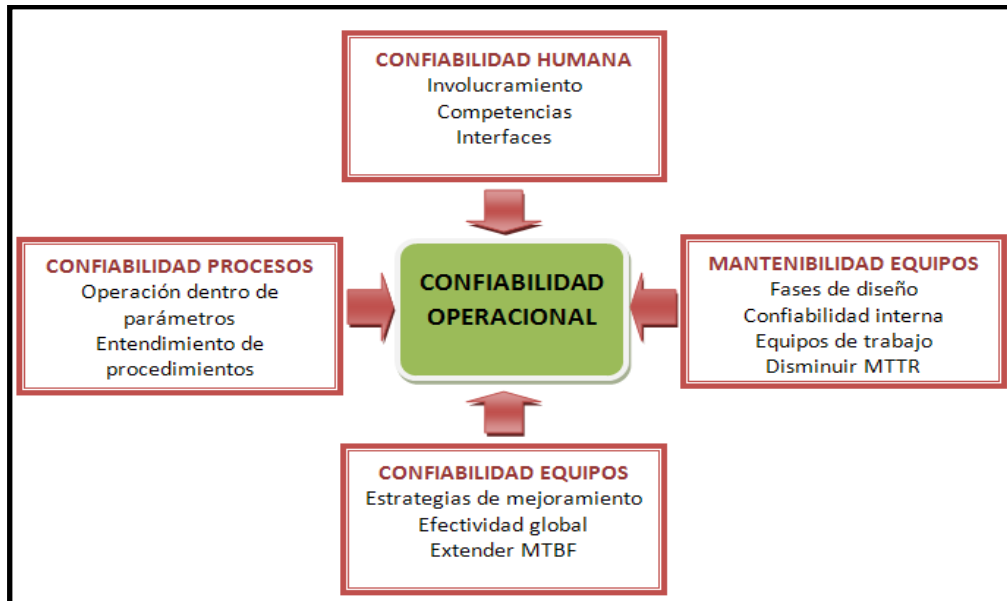
Fuente: López (2009)

1.7.- Confiabilidad Operacional. Espinosa (2001)

La Ingeniería de la Confiabilidad se destaca como el marco teórico en el cual conviven las metodologías y técnicas necesarias para la optimización del uso de los activos fijos. La confiabilidad de un sistema o un equipo, es la probabilidad que dicha entidad pueda operar durante un determinado periodo de tiempo sin pérdida de su función. El fin último del Análisis de Confiabilidad de los activos físicos es cambiar las actividades reactiva y correctivas, no programadas y altamente costosas, por acciones preventivas planeadas que dependan de análisis objetivos, situación actual e historial de equipos y permitan un adecuado control de costos. La Confiabilidad Operacional se define como una serie de procesos de mejora continua, que incorporan en forma sistemática, avanzadas herramientas de diagnóstico, metodologías de análisis y nuevas tecnologías, para optimizar la gestión, planeación, ejecución y control de la producción industrial. La Confiabilidad Operacional lleva implícita la capacidad de una instalación (procesos, tecnología, gente), para cumplir su función o el propósito que se espera de ella, dentro de sus límites de diseño y bajo un específico contexto operacional. Es importante, puntualizar que en un sistema de Confiabilidad Operacional es necesario el análisis de sus cuatro parámetros operativos: confiabilidad humana, confiabilidad de los procesos, mantenibilidad y confianza de

los equipos; sobre los cuales se debe actuar si se quiere un mejoramiento continuo y de largo plazo. Estos cuatro elementos se muestran en la fig. 39:

Figura N° 39. Factores de la Confiabilidad Operacional



Fuente: Espinosa (2001)

1.7.1.- Aplicación de la Confiabilidad Operacional

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

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

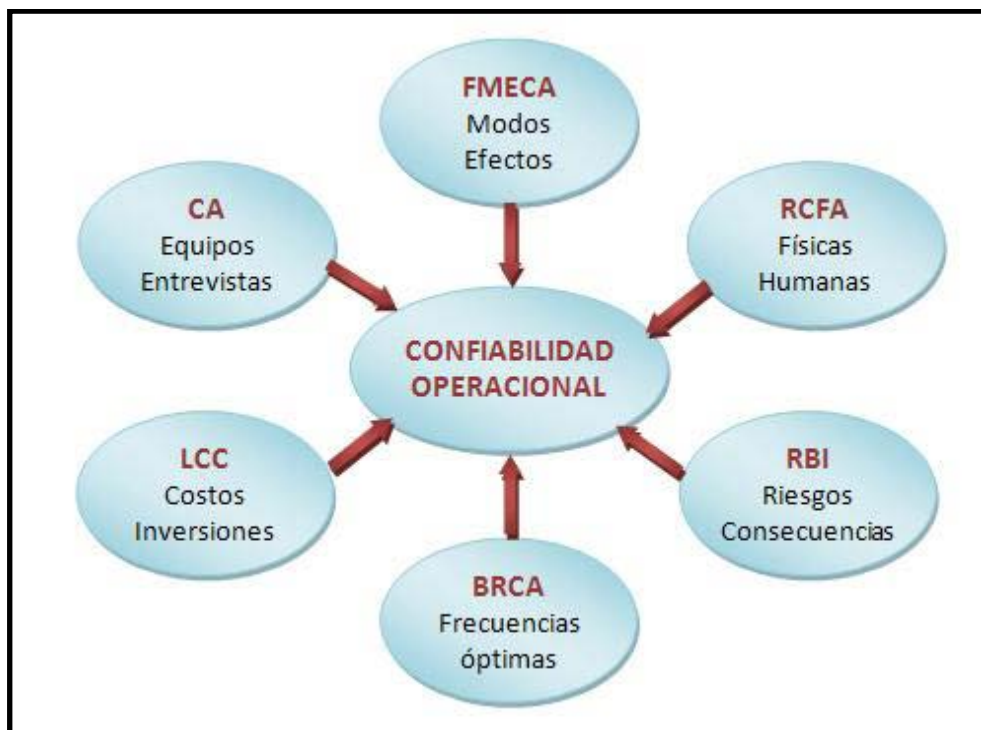
La Confiabilidad Operacional impulsa el establecimiento de tecnologías que faciliten la optimización industrial, entre las cuales se pueden destacar:

- Modelaje de sistemas, en la confiabilidad operacional se gasta a nivel de elementos (equipos, procesos y clima organizacional) y se recibe beneficios a nivel de planta.
- Confiabilidad Organizacional, llamada también en forma sesgada error humano siendo este el ancla más fuerte.
- Gestión del Conocimiento, valor agregado de nuevas prácticas y conocimientos, a través de mediciones sistémicas, bancos de datos, correlaciones, simulaciones, minería de datos y estadísticas.
- Manejo de la incertidumbre, a través del análisis probabilístico de incertidumbre y riesgo asociado.
- Optimización Integral de la Productividad, a través de pruebas piloto en seguridad y confiabilidad desde el diseño.

1.7.2.- Herramientas de Confiabilidad Operacional

Según Espinosa (2001) la confiabilidad como metodología de análisis debe soportarse en una serie de herramientas que permitan evaluar el comportamiento del activo de una forma sistemática a fin de poder determinar el nivel de operatividad, la cuantía del riesgo y las demás acciones de mitigación que se requieren, para asegurar su integridad y continuidad operacional. Son múltiples las herramientas de que se sirve la confiabilidad con el fin de formular planes estratégicos para lograr la excelencia en las actividades de mantenimiento. Las seis que se muestran en la Fig. 40, son las más utilizadas y que se desarrollan a continuación:

Figura N° 40 Herramientas para la Confiabilidad Operacional



Fuente: Espinosa (2001)

Análisis de Criticidad (CA). Es una técnica que permite jerarquizar sistemas, equipos e instalaciones, en función de su impacto global, con el fin de facilitar la toma de decisiones.

Análisis de Modos y Efectos de Falla y Criticidad (FMECA). Es una metodología que permite determinar los modos de falla de los componentes de un sistema, el impacto y la frecuencia con que se presentan.

Análisis Causa Raíz (RCFA). Es una técnica sistemática que se aplica con el objetivo de determinar las causas que originan las fallas, sus impactos y frecuencias de aparición, para poder mitigarlas o eliminarlas.

Inspección Basada en Riesgos (RBI). Es una técnica que permite definir la probabilidad de falla de un equipo o sistema, y las consecuencias que las fallas pueden generar sobre la gente, el ambiente y los procesos.

Análisis Costo Riesgo Beneficio (BRCA). Es una metodología que permite establecer una combinación óptima entre los costos de hacer una actividad y los logros o beneficios que la actividad genera, considerando el riesgo que involucra la realización o no de tal actividad.

Costo del Ciclo de Vida (LCC). El análisis LCC es una metodología que permite elegir entre opciones de inversión o acciones de incremento de la confiabilidad con base en su efecto en el costo total del ciclo de vida de un activo nuevo o en servicio.

Para efectos de este trabajo solo se tomará como herramienta de confiabilidad Operacional la del Análisis de Causa Raíz (RCFA) por ser el que más se ajusta a los datos a obtener.

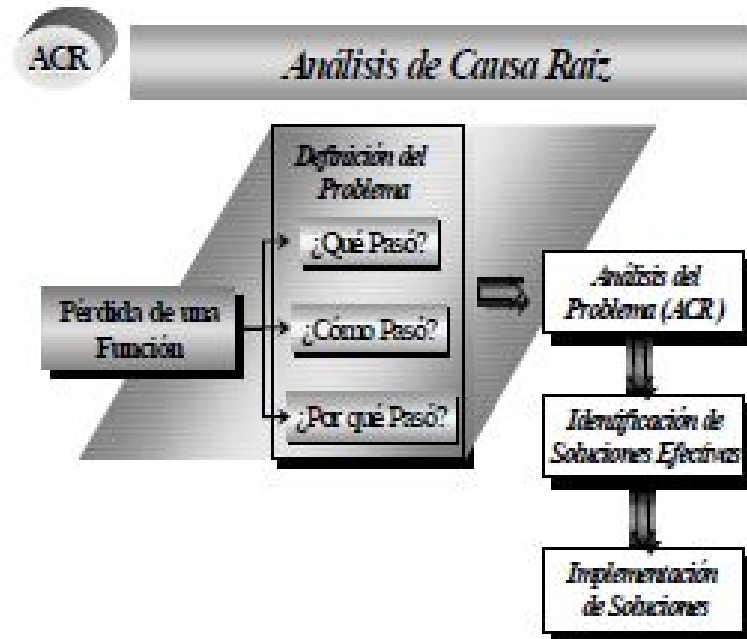
1.7.3.- Análisis de Causa Raíz (RCFA): Es una metodología utilizada para identificar las causas que originan las fallas o problemas, las cuales al ser corregidas evitarán la ocurrencia de los mismos. RCFA permite buscar la razón por la cual un sistema, instalación, equipo, componente o elemento no funciona satisfactoriamente.

Su identificación y análisis, requieren un profundo conocimiento del sistema, las operaciones, el personal y los métodos de trabajo; es por ello que es el resultado de un trabajo en equipo.

Generalmente se ejecuta RCFA, cuando se presenta la pérdida de la función de un activo y suele aplicarse para fallas recurrentes. El objetivo es definir el problema identificando las soluciones efectivas e implementando las mismas.

El análisis del problema (véase Fig.41) es seguir el problema por la presencia de un efecto. Con lo cual se identifica y se describe al mismo, buscando la causa más cercana. Al llegar a este punto se aplican herramientas de investigación (Línea de tiempo y árboles de causa raíz, entre otros) con la finalidad de identificar realmente las causas del problema. En la siguiente fase se verifican las causas y el efecto. En una fase final se verifican las mejoras una vez aplicadas las soluciones efectivas planteadas.

Figura N° 41 Análisis de Causa Raíz.



Fuente: Martínez (2003) PDVSA Oriente.

RCFA resiste cualquier análisis cuantitativo o lógico porque se basa en hechos mensurables y cuantificables, no suposiciones o conjeturas y las causas reales han sido identificadas mediante razonamientos ordenados y racionales. Además es expresado en formas y lenguajes simples.

RCFA es normalmente aplicado cuando se requiere de análisis de fallas repetitivas en equipos o procesos críticos; cuando se requiere de análisis de errores humanos, en el proceso de diseño y aplicación de procedimientos y su supervisión; cuando se requiere de análisis de diferencias organizacionales y programáticas, etc.

1.8.- Censo Económico según Ministerio de Economía Dirección General de Estadística y Censos. (s/i)

Los Censos Económicos realizados por las oficinas estadísticas de cada país, son relevantes puesto que permiten obtener datos básicos actualizados sobre actividades económicas que se desarrollan en un territorio determinado. Esto es así y la

experiencia internacional lo demuestra, que esta clase de eventos, permiten obtener información cualitativa y cuantitativa sobre la estructura económica del país en cuestión y sostener con ello, las acciones concretas en la ejecución y evaluación de los programas económicos globales, regionales y sectoriales de los países y de sumo interés para los sectores productivos. De esa manera, en corto tiempo se puede ofrecer información sobre las características principales de la estructura productiva de las actividades de Industria y demás actividades, según sea la diversificación productiva del país.

Los Censos Económicos son importantes dado que constituye el marco referencial para posteriores investigaciones en profundidad sobre aspectos relevantes de la vida nacional favoreciendo de esa manera, la formulación de estrategia, programas y políticas que estimulen la capacidad competitiva de las empresas, realizando de manera oportuna los diagnósticos globales, geográficos y sectoriales de beneficios para la empresa privada.

También la información estadística que arrojen los censos económicos, son ampliamente utilizados por los organismos internacionales ya que ello divulgan la información mediante publicaciones que muestran la estructura económica de un país comparado con otro, ayudando a que se lleven a cabo convenios de integración regional y subregional. En conclusión, los organismos internacionales favorecen a que se celebre cada cinco años censos económicos para obtener datos básicos y actualizados sobre la situación económica del país.

Por último, es importante señalar que la información proveniente de censos y encuestas son absolutamente reservados.

Estos datos no podrán utilizarse para fines de tributación fiscal o investigaciones judiciales, y sólo se publicarán los resúmenes numéricos que contribuyan de manera absolutamente impersonal, a la mejor información y a la solución de los distintos

problemas de orden económico-social que confronten el Estados y los ciudadanos de manera general.

Por ello es de suma importancia que la información estadística que se proporcione a cada uno de los entrevistadores en el levantamiento de los censos sea de calidad, para que los resultados obtenidos, sean según las expectativas de las entidades usuarias de la información de los censos económicos

En los censos mineros los Resultados permitirán conocer las características básicas de los sectores investigados, tales como: equipo de perforación, arranque, carga o acarreo, estado de los equipos (operativo, en reparación o desincorporados), marca y modelo, capacidad del equipo, capacidad del tanque hidráulico, velocidad máxima, N° de motores, Tiempo de uso, propios o alquilados, servicio técnico, disponibilidad de repuestos, servicio posventa, capacitación del personal, horas de uso, costos de mantenimiento, entre otras importantes para el estudio del desarrollo económico nacional y que son información de base, para la actualización del Sistema Estadístico Nacional.

1.8.1.- Descripción general del proceso de los censos económicos

La realización de los Censos Económicos, como toda investigación estadística, constituye un proceso sistemático en el cual deben contemplarse el conjunto de actividades que han de realizarse para obtener la información estadística. La necesidad de establecer la cantidad de recursos por tipo, el eslabonamiento de actividades, los objetivos y metas, así como la difusión de los resultados, deben contemplar los siguientes aspectos:

Planeación

- Definición de objetivos
- Definición de estrategia global
- Definición de la estructura funcional
- Presupuesto preliminar

Diseño metodológico

- Revisión de antecedentes y recomendaciones
- Determinación de características metodológicas
- Elaboración de la red de actividades

Diseño conceptual

- Definición de conceptos, variables y categorías
- Diseño de instrumentos de captación
- Consulta a usuarios
- Pruebas de campo
- Determinación de criterios de validación
- Diseño de plan de tabulados y productos

Captación de datos

- Preparativos del levantamiento
- Levantamiento censal
- Concentración de cuestionarios

Tratamiento y procesamiento

- Digitalización de datos
- Consolidación de bases de datos
- Validación automática
- Procesamiento de información
- Integración de series de datos
- Procesamiento de resultados

Producción de resultados en publicaciones

- Sectoriales
- Geográficas
- Estratificadas
- Analíticas y sintéticas
- Variables calculadas e indicadores
- Construcción de tabulados a la medida
- Bases de datos

1.9.- Muestreo

La probabilidad constituye el eje rector para hacer análisis económico ampliado, sobre la base de la estadística descriptiva, a partir de la inferencia estadística (que se basa en el análisis de una muestra para inferir las características de la población de la que proviene). Lo anterior fue muy valioso porque a partir de la naturaleza y número de resultados posibles que se generan en un experimento, se puede describir cómo se forman y que características tienen las distribuciones probabilísticas discretas y continuas.

Ahora veremos cómo se usa para la obtención de muestras probabilísticas, que obtendremos de poblaciones finitas. Motivo por el cual es conveniente introducir de manera formal la definición de los siguientes conceptos:

1.9.1.- Muestra

El Diccionario de la Lengua Española (RAE, 2001) define la muestra, en su segunda acepción, como “parte o porción extraída de un conjunto por métodos que permiten considerarla como representativa de él”.

En el terreno epistemológico, Fernández (1983) destaca la condición de representatividad que ha de tener la muestra:

“... es una parte o subconjunto de una población normalmente seleccionada de tal modo que ponga de manifiesto las propiedades de la población. Su característica más importante es la representatividad, es decir, que sea una parte típica de la población en la o las características que son relevantes para la investigación”. Fernández, (1983)

Sierra Bravo hace hincapié en la generalización de resultados:

“... una parte representativa de un conjunto o población debidamente elegida, que se somete a observación científica en representación del

conjunto, con el propósito de obtener resultados válidos, también para el universo total investigado”. Bravo, (1988)

Latorre, Rincón y Arnal ponen especial énfasis en la metodología del muestreo:

“Conjunto de casos extraídos de una población, seleccionados por algún método de muestreo”. Latorre, Rincón y Arnal, (2003)

Las muestras tienen un fundamento matemático estadístico. Éste consiste en que obtenidos unos determinados resultados, de una muestra elegida correctamente y en proporción adecuada, se puede hacer la inferencia o generalización fundada matemáticamente de que dichos resultados son válidos para la población de la que se ha extraído la muestra, dentro de unos límites de error y probabilidad, que se pueden determinar estadísticamente en cada caso.

Las muestras presentan evidentes ventajas, respecto del estudio de poblaciones. Con una muestra relativamente reducida en relación a la población, se pueden encuestar grandes poblaciones y núcleos humanos, que de otra manera sería muy difícil o prácticamente imposible investigar. Suponen una gran economía en las encuestas y la posibilidad de mayor rapidez en su ejecución. A veces, “... una muestra puede ofrecer resultados más precisos que una encuesta total, aunque esté afectada del error que resulta de limitar el todo a una parte”. Bravo, (1988)

La selección correcta de la muestra implica crear una que represente a la población con la mayor fidelidad posible. Esto conlleva utilizar unas técnicas específicas de selección de la muestra, así como la necesidad de determinar su tamaño óptimo.

En este proceso de selección hemos de distinguir entre elemento muestral, unidad de muestreo’ y ‘marco de muestreo. El elemento o individuo (muestral) es un objeto en el cual se toman las mediciones, la unidad más pequeña en que podemos descomponer la muestra. La unidad de muestreo hace referencia a la unidad donde realizamos la muestra, está constituida por grupos excluyentes de elementos de la población que completan la misma. Por ejemplo, podríamos desear estudiar a un

grupo de personas (una ciudad, una barriada, un grupo de estudiantes de un determinado nivel educativo, los trabajadores de un sector de producción, entre otros.), pero no tenemos una lista de todos los individuos que pertenecen a la población. En su lugar las familias, los centros educativos, las empresas... podrían servir como unidades de muestreo. Las unidades de observación o elementos muestrales serían los individuos que viven en una familia o que trabajan en una determinada empresa... La lista de las 'unidades de muestreo' (familias, centros educativos, empresas...) constituyen el 'marco de muestreo'.

1.9.2.- Condiciones que ha de cumplir la muestra.

Las condiciones fundamentales que ha de cumplir una muestra son, para Sierra Bravo, cuatro:

1. Que comprendan parte del universo y no la totalidad de éste.
2. Que su amplitud sea estadísticamente proporcionada a la magnitud del universo. Esta condición se halla en relación con el punto práctico de determinación del tamaño de la muestra y sirve para decidir si, según las unidades que comprende respecto al universo, una muestra es o no admisible.
3. La ausencia de distorsión en la elección de los elementos de la muestra. Si esta elección presenta alguna anomalía, la muestra resultará por este mismo hecho viciada.
4. Que sea representativa o reflejo fiel del universo, de tal modo que reproduzca sus características básicas en orden a la investigación. Esto quiere decir que si hay sectores diferenciados en la población que se supone ofrecen características especiales, a efectos de los objetivos de la investigación, la muestra también deberá comprenderlos y precisamente en la misma proporción, es decir, deberá estar estratificada como el universo". Bravo, (1988)

Para cumplir estas condiciones es necesario aplicar unas determinadas técnicas de selección de la muestra que garanticen su representatividad, determinar el tamaño óptimo de la muestra y tener en cuenta el 'error muestral'. En los apartados siguientes desarrollaremos estos aspectos.

1.9.3.-Muestreo es la acción de recoger muestras representativas de la calidad ó condiciones medias de un todo ó la técnica empleada en esta selección ó la selección de una pequeña parte estadísticamente determinada para **inferir** el valor de una ó varias características del conjunto.

Etapas de un muestreo. Según Alfaro (2002)

En todo muestreo, debe estar bien establecido lo siguiente:

1. Objetivo del muestreo.
2. Población a muestrear
3. Datos a recolectar
4. Manera de recolectar los datos
5. Grado de precisión deseado
6. Método de medida.

Para cumplir bien con la definición inicial de muestreo, se debe cumplir el hecho siguiente, de vital importancia: El muestreo debe ser equiprobable.

Tipos de Muestreo.

Los principales tipos de muestreo son los siguientes:

- **Muestreo aleatorio simple.**

Consiste en la selección de n fragmentos ó unidades del lote M_L de modo que todas las muestras posibles de tamaño n tengan la misma probabilidad de ser elegidas.

- **Muestreo sistemático.**

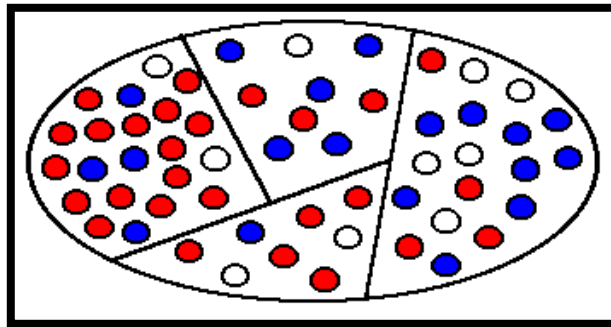
En este caso las extracciones de las muestras son determinadas según una regla fija.

Ejemplos:

- Tomar canaletas en una galería cada 2 metros.
- En una cinta transportadora, tomar una muestra cada 10 minutos.
- Muestreo estratificado.

El lote M_L se divide en partes o estratos que no se solapan entre sí como se muestra en la figura 42. Cada estrato es muestreado posteriormente según los procedimientos anteriores.

Figura N° 42. Muestreo Estratificado



Fuente: Alfaro (2002)

1.10.- Métodos Estadísticos

1.10.1.- Estadística básica.

- **Población y Muestra**

En estadística, se define población como el conjunto de individuos portadores de información del fenómeno que se estudia. Una muestra sería un conjunto de individuos representativos de dicha población, conjunto que permitiría estudiar el fenómeno sin pérdida significativa de información. Así, si se pretende analizar el contenido en sulfatos de un lago, la población sería el propio lago y la muestra sería una porción de agua representativa del mismo. De este modo, a partir del análisis de la muestra, debe ser posible conocer el contenido en sulfatos de la población.

Cuando nos referimos a datos obtenidos experimentalmente en el laboratorio, la población se refiere a la totalidad de medidas posibles, mientras que la muestra sería un conjunto de estas medidas.

Fases en el proceso Estadístico

1. Recopilación de datos
2. Ordenación de los datos
3. Análisis
4. Interpretación

1.10.2.- Técnicas estadísticas según Jurado (2008)

El Control Estadístico en los procesos de producción con el fin de mejorar los procesos productivos, disminuyendo costos para así ofrecer productos realmente competitivos. En la literatura de control de gestión y calidad coinciden en la necesidad de usar técnicas de estadísticas como herramientas básicas para obtener el Control Estadístico del Proceso (CEP).

Existen una gran variedad de métodos o técnicas para aplicar el control estadístico de proceso, para este trabajo los métodos utilizados son los expuestos a continuación:

1.10.2.1.-Gráficos de control

Los gráficos de control o cartas de control son una importante herramienta utilizada en control de calidad de procesos. Básicamente, una Carta de Control es un gráfico en el cual se representan los valores de algún tipo de medición realizada durante el funcionamiento de un proceso continuo, y que sirve para controlar dicho proceso.

La carta de control contiene una línea central que representa el valor promedio de la característica de la calidad que corresponde al estado bajo control. También se muestran en la carta otras dos líneas horizontales, llamadas el límite de control superior (UCL, por sus siglas en inglés) y el límite de control inferior (LCL. Por sus siglas en inglés). Estos límites se eligen de tal modo que si el proceso está

bajo control, casi todos los puntos muestrales se localizarán entre ellos.

El poder distinguir si esta variación se produce por la fluctuación natural del proceso o porque el mismo ya no está funcionando bien, son el tipo de respuesta que provee el control estadístico de procesos. La carta de control es un recurso para describir de manera precisa lo que se pretendió exactamente por medio del control estadístico; como tal puede usarse en una variedad de formas. En muchas aplicaciones se usa para la vigilancia en línea de un proceso. Es decir, se colectan datos muestrales y se usan para construir la carta de control.

1.10.2.2.-Histogramas

Un histograma es una representación gráfica de una variable en forma de barras, donde la superficie de cada barra es proporcional a la frecuencia de los valores representados. En el eje vertical se representan las frecuencias y en el eje horizontal los valores de las variables, normalmente señalando las marcas de clase, es decir, la mitad del intervalo en el que están agrupados los datos.

En términos matemáticos, puede ser definida como una función inyectiva (o mapeo) que acumula (cuenta) las observaciones que pertenecen a cada subintervalo de una partición. El histograma, como es tradicionalmente entendido, no es más que la representación gráfica de dicha función.

Se utiliza cuando se estudia una variable continua, como franjas de edades o altura de la muestra y por comodidad, sus valores se agrupan en clases, es decir, valores continuos. En los casos en los que los datos son cualitativos (no-numéricos), como sexto grado de acuerdo o nivel de estudios, es preferible un diagrama de sectores.

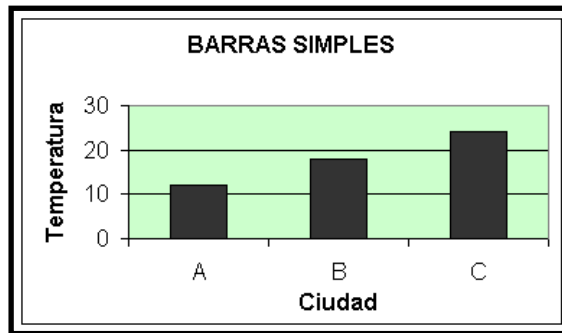
Los histogramas son más frecuentes en ciencias sociales, humanas y económicas que en ciencias naturales y exactas. Y permite la comparación de los resultados de un proceso.

Tipos de histograma

- Diagramas de barras simples

Representa la frecuencia simple (absoluta o relativa) mediante la altura de la barra la cual es proporcional a la frecuencia simple de la categoría que representa. La figura 43 muestra un ejemplo de diagramas de barras simples

Figura N° 43 Diagrama de Barras Simples

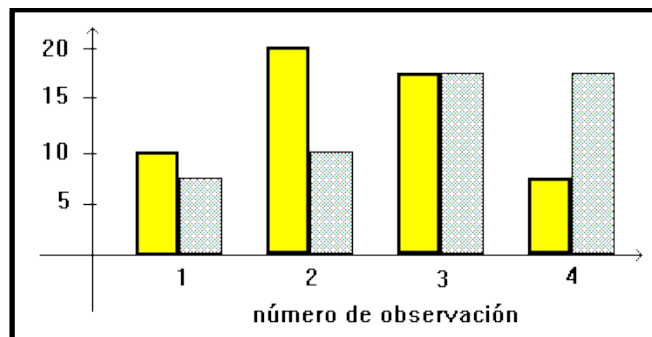


Fuente: Jurado (2008)

- Diagramas de barras compuesta

Se usa para representar la información de una tabla de doble entrada o sea a partir de dos variables, las cuales se representan así; la altura de la barra representa la frecuencia simple de las modalidades o categorías de la variable y esta altura es proporcional a la frecuencia simple de cada modalidad ver figura 44.

Figura N° 44 Diagrama de Barras Compuesto

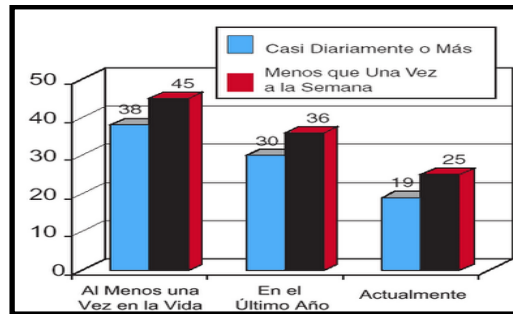


Fuente: Jurado (2008)

- Diagramas de barras agrupadas

Se usa para representar la información de una tabla de doble entrada o sea a partir de dos variables, el cual es representado mediante un conjunto de barras como se clasifican respecto a las diferentes modalidades como se muestra en el ejemplo de la figura 45.

Figura N° 45 Diagrama de Barras Agrupadas

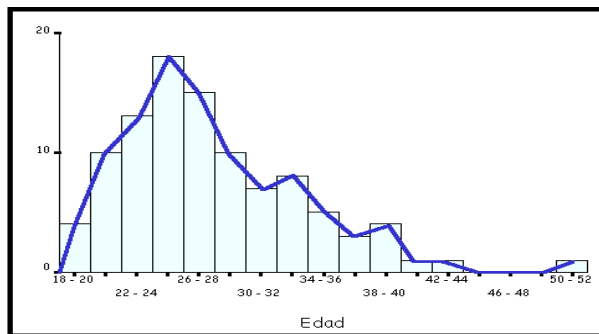


Fuente: *Partnership Attitude Tracking Study Key* (2001)

- Polígono de frecuencias

Es un gráfico de líneas que se usa para presentar las frecuencias absolutas de los valores de una distribución en el cual la altura del punto asociado a un valor de las variables es proporcional a la frecuencia de dicho valor como se muestra en la figura 46.

Figura N° 46 Ejemplo de un Polígono de Frecuencia

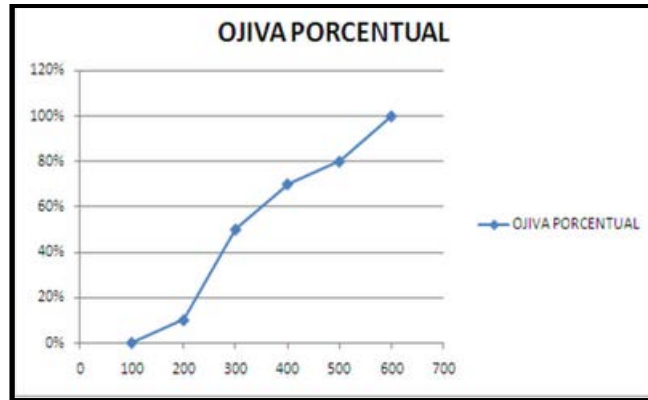


Fuente: Pértiga (2001). Representación Gráfica de análisis de Datos.

- Ojiva porcentual

Es un gráfico acumulativo, el cual es muy útil cuando se quiere representar el rango porcentual de cada valor en una distribución de frecuencias ver figura 47.

Figura N° 47 Ojiva Porcentual



Fuente: Jurado (2008)

En los gráficos las barras se encuentran juntas y en la tabla los números poseen en el primer miembro un corchete y en el segundo un paréntesis, por ejemplo: (10-20]

1.10.2.3.-Anovas

El análisis de la varianza (*ANOVA*, según sus siglas en inglés) es una colección de modelos estadísticos y sus procedimientos asociados, en el cual la varianza está particionada en ciertos componentes debidos a diferentes variables explicativas.

Las técnicas iniciales del análisis de varianza fueron desarrolladas por el estadístico y genetista R. A. *Fisher* en los años 1920 y 1930 y es algunas veces conocido como "Anova de Fisher" o "análisis de varianza de *Fisher*", debido al uso de la distribución F de *Fisher* como parte del contraste de hipótesis.

1.11.- Encuesta

La encuesta es quizás el instrumento más conocido y utilizado por los investigadores sociales cuando se quiere lograr precisión y representatividad partiendo directamente de consideraciones individuales y no estructurales, para acceder a la conclusión sobre la existencia de regularidades de estructuras sociales y sobre los sujetos insertos en ellas. Aunque los antecedentes de la encuesta nos remiten a los estudios de *John Sinclair* (Informe Estadístico de Escocia, 1791-1825), *James Kay Shuttleworth* (Las condiciones morales y físicas de la vida de los obrero de la industria textil en *Manchester*, 1832) y *Charles Booth* (Vida y trabajo de los habitantes de Londres, 1889-1891) no será hasta después de la Segunda Guerra Mundial cuando la encuesta empiece a ser la técnica predominante gracias a estudios del mercado estadounidense de carácter privado como los de *Gallup*, *Crossley* y *Ropper*.

Conceptualmente la encuesta puede considerarse como una técnica o una estrategia entendida como un conjunto de procesos necesarios para obtener información de una población mediante entrevistas a una muestra representativa. La información se recoge de forma estructurada formulando las mismas preguntas y en el mismo orden a cada uno de los encuestados.

Aunque puede utilizarse de manera independiente, sus resultados mejoran cuando se contextualizan previamente en un marco teórico bibliográfico y cuando se acompañan con técnicas cualitativas como el grupo de discusión o la entrevista personal en profundidad, cuya información cualitativa puede orientarnos hacia una formulación más coherente de las preguntas de la encuesta.

Para abordar su análisis partiremos de una serie de consideraciones metodológicas generales que se refieren a las fases básicas de la elaboración de la encuesta, a los formatos de preguntas más habituales y a cómo organizar y diseñar los cuestionarios. A partir de estas consideraciones se analizarán los distintos tipos de encuestas con sus respectivas ventajas e inconvenientes.

1.11.1.-Etapas básicas en el desarrollo de la Encuesta

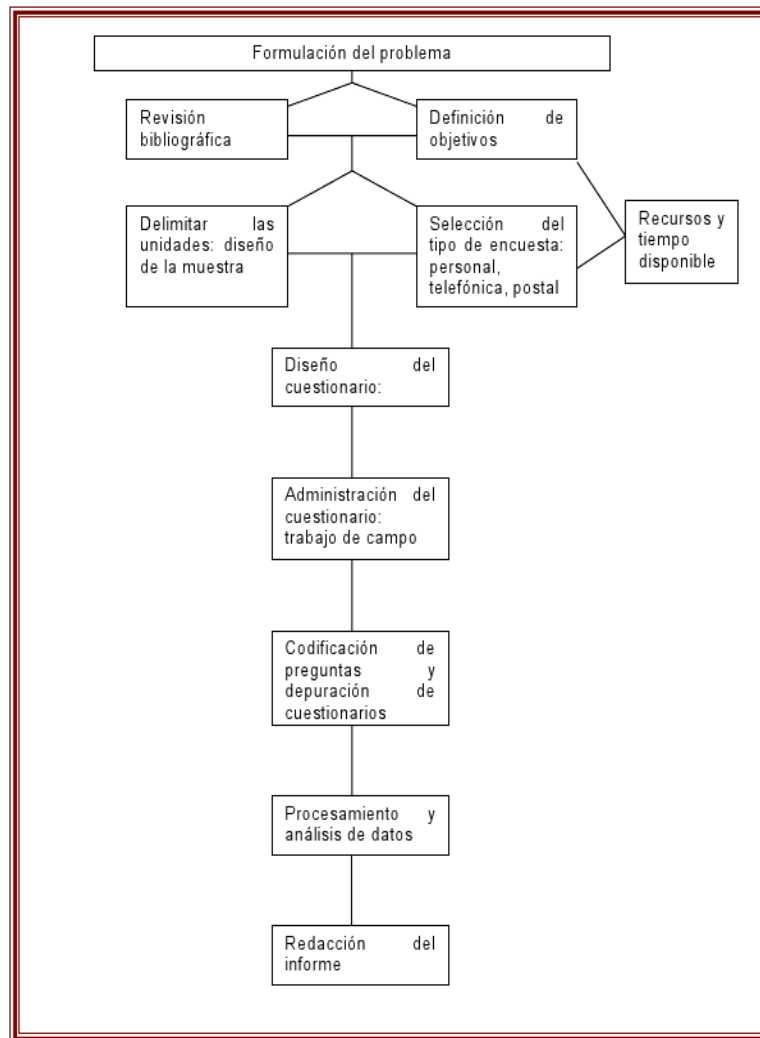
En la formulación de la encuesta en primer lugar conviene tener claros los objetivos que queremos alcanzar al analizar un fenómeno concreto. Una buena ayuda es la revisión de las aportaciones y perspectivas de otros autores a ese fenómeno y a otros similares. Entre estas aportaciones, aparte de incluirse análisis teóricos también conviene revisar tanto otras encuestas realizadas para el análisis de una realidad similar a la que queremos abordar como, entre otros, estudios cualitativos tipo grupo de discusión o entrevistas en profundidad. De esta manera cuanto más claros tengamos los objetivos y los conceptos más precisos serán las preguntas que incluyamos en el cuestionario.

Posteriormente y una vez determinados los recursos disponibles y el tiempo necesario para su aplicación se procedería a decidir el tipo de encuesta que vamos a utilizar ya que, como veremos, cada tipo de encuesta requiere distintos niveles de exigencia de recursos y de calendario.

Una vez conocidos los antecedentes teóricos y empíricos sobre la materia y decidido el tipo de encuesta a utilizar podremos definir la población objeto de estudio (diseño de la muestra). Ahora es el momento de diseñar el cuestionario de manera que las preguntas se adecuen al objetivo previsto. No obstante, aunque no es imprescindible resultaría muy útil haber realizado antes algún análisis cualitativo (grupo de discusión o entrevista en profundidad) sobre la realidad y el perfil de población sobre la que se va a encuestar cuyas conclusiones nos serían muy interesantes para acertar en el contenido de las preguntas.

Para concluir, los siguientes pasos a realizar (figura 48) son algo más mecánicos, pero no por ello menos importantes. Concretamente serían la administración del cuestionario (trabajo de campo), la codificación de las preguntas y la depuración de los cuestionarios, el procesamiento y análisis de los datos hasta finalmente la realización de un informe.

Figura N° 48. Principales etapas en la elaboración de una encuesta



Fuente: Ancona (1998).

1.11.2.-Modalidades de encuesta: Ventajas e inconvenientes

En general, podemos distinguir cinco modalidades de encuesta como son la encuesta personal, telefónica y por correo, la encuesta omnibus y la encuesta panel. Las tres primeras responden al criterio del cómo se administra el cuestionario. La encuesta omnibus responde a criterios de minimización de costes mientras que la encuesta panel es una encuesta realizada periódicamente a una misma muestra representativa.

La decisión de escoger una variedad de encuesta depende de las ventajas e inconvenientes que cada una de ellas tenga en términos del tema a abordar, del tiempo y recursos económicos y de la población objeto de estudio.

- **La encuesta personal**

Es la más utilizada en la investigación social. En ella es todavía, si cabe, más importante seguir los criterios de organización del cuestionario ya comentados. Es decir, las primeras preguntas deben ser introductorias, preferentemente abiertas y genéricas para crear cierta complicidad con el entrevistado, el núcleo central de la encuesta lo deben conformar las preguntas clave y finalmente las preguntas delicadas y características sociodemográficas.

En la decisión de optar por este tipo de encuesta hay que sopesar sus ventajas e inconvenientes. Entre éstas últimas se destaca el decisivo papel que desempeña el entrevistador cuya profesionalidad acaba definiendo finalmente la calidad de los resultados. Por el contrario, aunque es la modalidad menos económica, la información obtenida es la más completa y permite captar el entorno que rodea a la encuesta.

Ventajas e inconvenientes de la encuesta personal

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> o Elevado índice de respuestas. o Facilidad de cooperación de las personas entrevistadas debido a la presencia del entrevistador, a la vez que permite resolver dudas. o Permite evitar influencia de otras personas. o Posibilita la realización de entrevistas largas o Pueden mostrarse materiales. o Pueden obtenerse datos secundarios (presencia, ambiente..) 	<ul style="list-style-type: none"> o Es caro y lento o El entrevistador puede ejercer influencia y debe estar entrenado a la vez que controlado o Dificil acceso a ciertas poblaciones.

En los cuestionarios pueden aparecer diferentes tipos de preguntas según las características del tema a investigar. En general, pueden aparecer en los cuestionarios los tipos de preguntas siguientes:

- **Abiertas:** Permiten responder en cualquier sentido de acuerdo con sus ideas. No circunscriben las respuestas a alternativas predeterminadas. Estas preguntas, además del inconveniente de que exigen más tiempo al entrevistador y más esfuerzo para el entrevistado son de difícil codificación (la asignación de un número o código a cada respuesta para su tratamiento informático). Al ser respuestas abiertas hay que intentar codificarlas agrupando en cada código grupos de respuestas similares. Este proceso denominado como “cierre de las preguntas abiertas” es muy laborioso y está sometido a una mayor probabilidad de error en el registro. No obstante también tienen sus ventajas. Además de la libertad que ofrecen estas preguntas al entrevistado resultan muy útiles cuando el investigador no prevé todas las posibles respuestas a una determinada pregunta o cuando se quiere conocer un valor numérico exacto. En este caso de pregunta abierta numérica su codificación es menos compleja ya que las respuestas pueden codificarse agrupándolas en intervalos.
- **Cerradas:** Permiten responder con una (si/no) o varias de las alternativas existentes (si/no/no sabe o no contesta). A pesar del inconveniente de su compleja redacción y limitada riqueza expositiva son preguntas muy fáciles de responder y codificar y además de favorecer la comparabilidad con otras respuestas reduce la ambigüedad de éstas. En su codificación es necesario seguir las mismas pautas en todas las preguntas. Por ejemplo, codificar siempre las respuestas “si” como “1”, las respuestas “no” como “2” y “no contesta” como “0”.

CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1.-Población.

La población estará compuesta por los equipos a cielo abierto que están trabajando en las minas ubicadas en los estados Miranda, Vargas y Distrito Capital.

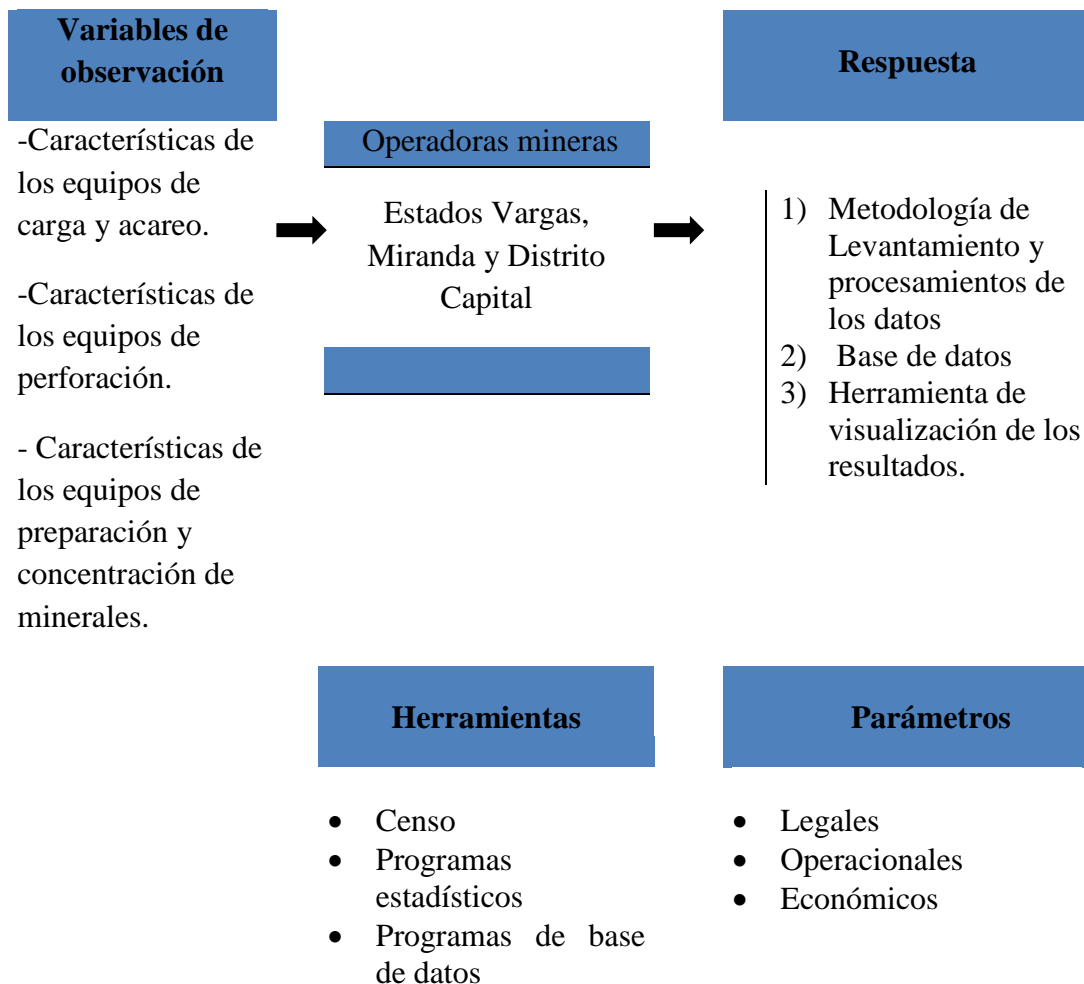
2.2.-Muestra.

La muestra será de tipo no-probabilística dirigida y por cuanto se visitaran las minas a cielo abierto en los estados Miranda, Vargas y Distrito Capital que estén disponibles para ello, previo sondeo exploratorio (criterio de inclusión). Esta muestra estará compuesta solamente por los equipos de arranque, carga, acarreo, auxiliares y beneficio que se encuentre en las minas visitadas. No se incluirán en este estudio todos los equipos livianos, los equipos de conversión metalúrgica, electrodomésticos, equipos de oficina que incluyan: computadoras, impresoras, *plotters*, entre otros (criterios de exclusión).

El diseño **No Experimental** se ajusta a la presente investigación, ya que se observará el fenómeno, tal y como se da, y se realizarán distintos análisis a muestras. En primer lugar, con la realización de una encuesta para recoger la información concernientes a la investigación. Luego, se realizará la catalogación en base a la información recogida a través de la encuesta, para determinar la metodología de procesamientos de los datos y así diseñar una estrategia de catalogación y ordenación para los equipos utilizados en minería a cielo abierto.

En la Figura 49 se presenta esquemáticamente como se diseño el plan de trabajo de esta investigación.

Figura 49. Esquema del Diseño de la investigación



Fuente: propia

2.3.- Metodología de recolección de datos. Encuesta

En primer lugar se determinó el objetivo de la encuesta: obtener información acerca de las variables mineras relacionada con los equipos que operan en minas a cielo abierto.

En segundo lugar para la recolección de los datos se hizo una revisión bibliográfica sobre los distintos tipos y modelos de encuestas que existen actualmente, seleccionando la que mejor se ajustara al tipo de investigación, esta fue de tipo personal, con preguntas abiertas y cerradas.

Por último una vez determinado el objetivo y el tipo de encuesta se diseñaron las preguntas adecuadas que permitieran recabar la información necesaria para esta investigación.

La encuesta consta de cuatro (4) partes las cuales se describen a continuación:

2.3.1.- Descripción general de la empresa: esta primera parte permitió recopilar información general, con el fin de obtener datos tales como: nombre y descripción de la empresa, ubicación, teléfono, sector institucional, mineral que se extrae en ton/mes, tipo de explotación, total de equipos y el número de turnos en que labora, como se muestra en el formato 1. Esta información permite tener una visión global de las características de cada empresa y en la realización de la base de datos.

Formato 1. Datos generales

DATOS GENERALES	
NOMBRE DE LA EMPRESA:	_____
UBICACIÓN:	_____
TELEFONO:	_____ CORREO: _____
SECTOR INSTITUCIONAL:	PÚBLICO _____ PRIVADO _____
MINERAL QUE SE EXTRAE:	_____ TON/MES: _____ TIPO DE EXPLOTACIÓN:
DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA:	_____
TOTAL DE EQUIPOS:	Nº DE TURNOS:

2.3.2.- Equipos de arranque, carga y acarreo: en esta segunda fase de la encuesta se recopiló información referente a los equipos que se encargan de la extracción, carga y transporte del material, en el formato 2 se muestra un ejemplo de los equipos de carga, se utilizó el mismo formato de preguntas para el resto de las operaciones.

En una primera parte se describen las características generales de cada equipo, tales como:

- Nombre del equipo: se estimará la categoría y elementos para esclarecer si el equipo es el correcto para la cada operación y para el tipo de mina.
- Modelo y Marca: permitirá evaluar las marcas más utilizadas en el mercado.
- Año, Tiempo de Adquisición y si el equipo es usado o nuevo: proporcionará el tiempo de uso del equipo y la vida útil.
- Fallas más frecuentes, Horas de mantenimiento, número de personas que opera el equipo y la capacitación del personal: conocer la raíz de la falla.
- Estado del equipo: determinar el estado real en que se encuentran los equipos, la cantidad de equipos y clasificarlo según el estado en operativo, en reparación y desincorporado o inoperativo.

Según sea el caso del estado del equipo se hacen preguntas relacionadas con la operatividad o no, como:

- Si esta en reparación: desde cuando, si tiene repuestos, el motivo por el cual se paró el equipo y la alternativa para la solución del problema, con estos datos se conocerá la cantidad de equipos en reparación, las causas y las posibles soluciones.
- Si el equipo esta desincorporado o inoperativo: el termino desincorporado se utiliza para aquellos equipos que se encuentran fuera de la flota y los inoperativos se refiere a los equipos que no están en operación y que no puedan ser reparados, se realizó las siguientes preguntas, desde cuando, si será reemplazado, el motivo y que se va hacer con ese equipo, permiten estimar la cantidad de equipos que no están en operación y el porqué.
- Si el equipo esta operativo: se realizaron las preguntas que aparecen en la tabla 5, con el fin de realizar la estadística respectiva y hacer la evaluación a cada equipo.

Formato 2. Descripción de los equipos de carga

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS DE CARGA

NOMBRE DEL EQUIPO:	_____	MODELO:	_____	MARCA:	_____
AÑO:	_____	CAPACIDAD:	_____	N° DE TURNOS:	___ PROPIO: _____ ALQUILADO: _____
TIEMPO DE ADQUISICION:	_____	CAPACIDAD DEL TANQUE:	_____	NUEVO:	_____ USADO _____
HORAS DE MANTENIMIENTO:	_____	N° DE PERSONAS QUE OPERAN EL EQUIPO:	_____	CAPACITADO:	_____
FALLA MAS FRECUENTE:	_____	POTENCIA:	___ (Kw)		
VIDA UTIL:	_____	CONSUMO ENERGETICO/H:	_____		
ESTADO DEL EQUIPO:	OPERATIVO _____	REPARACION	___	DESINCORPORADO O INOPERATIVO	
SI EL EQUIPO ESTA EN REPARACION:					
DESDE CUANDO:	_____	TIENE REPUESTO:	_____		
MOTIVO:	_____				
ALTERNATIVA: _____					
SI ESTA					
DESINCORPORADO:	_____	INOPERATIVO:	_____	SERA	
DESDE CUANDO:	_____	REEMPLAZADO:	_____		
MOTIVO:	_____				
QUE SE VA HACER: _____					
SI ESTA OPERATIVO					
HORAS DE USO:	SERVICIO TECNICO/HORAS:	_____	USO DE LA	COSTO DE	
DISPONIBILIDAD FISICA:	UTILIZACION EFECTIVA:	___	DISPONIBILIDAD:	MANT:	_____
SERVICIO POSVENTA:	HORAS DE REPARACION/MES:	___	DISPONIBILIDAD DE RESPUESTOS:		_____
OBSERVACIONES	_____				

2.3.3.- Equipos auxiliares: en la tabla 5 se observan las preguntas relacionada a estos equipos, siguiendo el mismo formato que los equipos de arranque, carga y acarreo debido a que en algunos casos estos llegan a suplir la función de algunos de los equipos principales o básicos y porque mejoran la seguridad, reducen los costos, incrementan la rentabilidad y promueven la eficiencia de las operaciones. Permitiendo conocer si esto se cumple para cada una de las empresas.

Para esta sección se usan preguntas similares a las descritas en el formato 3.

Formato 3 Descripción de los equipos auxiliares

DESCRIPCIÓN DE LOS EQUIPOS AUXILIARES			
NOMBRE DEL EQUIPO:	_____	MODELO:	_____ MARCA: _____
AÑO:	_____	CAPACIDAD:	_____ N° DE TURNOS: _____ PROPIO: _____ ALQUILADO: _____
TIEMPO DE ADQUISICION:	_____	CAPACIDAD DEL TANQUE:	_____ NUEVO: _____ USADO _____
HORAS DE MANTENIMIENTO:	_____	N° DE PERSONAS QUE OPERAN EL EQUIPO:	_____ CAPACITADO: _____
FALLA MAS FRECUENTE:	_____	USO:	_____
ESTADO DEL EQUIPO:	OPERATIVO _____	REPARACION _____	DESINCORPORADO O INOPERATIVO _____
SI EL EQUIPO ESTA EN REPARACION:			
DESDE CUANDO:	_____	TIENE REPUESTO:	_____
MOTIVO:	_____		
ALTERNATIVA: _____			
SI ESTA DESINCORPORADO: _____ INOPERATIVO: _____			
DESDE CUANDO:	_____	SERA REEMPLAZADO:	_____
MOTIVO:	_____		
QUE SE VA HACER: _____			
SI ESTA OPERATIVO			
HORAS DE USO:	_____	SERVICIO TECNICO/HORAS:	_____
DISPONIBILIDAD FISICA:	_____	UTILIZACION EFECTIVA:	_____
SERVICIO POSVENTA:	_____	HORAS DE REPACION/MES:	_____
OBSERVACIONES:	_____		
		USO DE LA DISPONIBILIDAD:	_____
		COSTO DE MANT:	_____
		DISPONIBILIDAD DE RESPUESTOS:	_____

2.3.4.- Equipos de beneficio de minerales

Las operaciones de preparación mecánica de los minerales que se extraen en estas empresas forman parte de los equipos esenciales para mantener un elevado nivel de producción con un mínimo de paradas, permitiendo que el ciclo de operaciones básicas no se vea afectado, es por esta razón se incluyeron estos equipos en la realización de esta investigación. De manera de poder tener una visión del estado en que se encuentran estos equipos en las operadoras mineras.

Se realizaron las siguientes interrogantes para la herramienta de recolección de información tipo encuesta:

- **Reconocimiento del equipo**

- Lo primero es conocer qué tipo de equipo utilizan si es una trituradora primaria, secundaria o terciaria, tipo mandíbula, impacto o cono, permitiendo conocer si ésta se ajusta al tipo de material que extraen y al producto final que desean obtener.

- Conociendo la capacidad instalada y de alimentación podemos reconocer cuanto material están procesando y asociarlo al tipo de falla.

- **Clasificación del equipo**

Es importante establecer la clasificación del equipo para comprender su funcionamiento y el tipo de mantenimiento a que debe ser sometido. La identificación permitió establecer si es mecánico con aplicación de fuerzas de compresión principalmente, de acondicionamiento hidráulico giratorio o con un elemento de impacto:

- Si el equipo es de mandíbula se debe conocer el tipo de forro que utilizan, el estado en que estos se encuentran, para así poder comprobar el tipo de mantenimiento que se está realizando bien sea preventivo o correctivo. Otro parámetro de suma importancia es la energía requerida para accionar el equipo, la cual viene dada por el motor, de manera que se debe conocer las características y así poder establecer si es el adecuado o no. Ya que podría estar utilizando uno que este sobredimensionado para dicho equipo.

- Los equipos de acondicionamiento hidráulico de movimiento giratorio que se encuentra en las operadoras mineras conocidos como Cono son utilizados para la trituración secundaria dada su facilidad para producir finos, debido a la fuerte conicidad de la cabeza trituradora y de la cámara cóncava mucho

mayores que en las giratorias puras. Lo más importante de destacar es como se encuentra el sistema hidráulico ya que define su productividad.

- Para los equipos de impacto se desea conocer el estado de los martillos piezas encargadas del trabajo de reducción de tamaño, por lo general hay uno o dos múltiples (es raro que se disponga de tres) que giran a velocidades (1000 a 1500 vueltas por minuto), pero tienen la limitación de admitir solo la piedra de pequeñas dimensiones; son muy sensibles al tipo de estratificación de la roca que puede producir tamaños irregulares no convenientes para ciertas aplicaciones. Debido a que los martillos son la pieza fundamental del equipo y garantizan la reducción de tamaño, hay que analizar el correcto funcionamiento.

- **Planificación del mantenimiento**

En las operaciones de reducción del mineral es prioritario que el equipo no se pare, sobre todo por causas que pudieran ser evitadas si se realiza un plan de mantenimiento adecuado, por ende la forma en que se planifique garantiza el éxito del mismo. Las horas destinadas al mantenimiento permite verificar si este es el correcto y cuál tipos de mantenimiento se está utilizando (predictivo, preventivo o correctivo).

- **Frecuencia de fallas**

El determinar las fallas más frecuentes es una de las claves para establecer si las metas trazadas con respecto a la dinámica de planificación son adecuadas. En muchos casos esto puede ser un indicador para tomar acciones correctivas. Sin embargo esta encuesta no permite indagar los detalles de las deficiencias en los planes antes mencionados.

- **Consideraciones especiales**

Algunas empresas no disponen de ninguno de estos equipos por razones económicas o por espacio, es por ello que se colocó entre los equipos de preparación la opción de otro, preguntando la marca para conocer su procedencia, la capacidad, el estado del equipo (condiciones en que se encuentra): buena, regular o hay que cambiarlo, la falla más frecuente y el tiempo en el cual fue adquirido.

El formato utilizado para la recolección de la información se observa en el formato 4.

Formato 4 Descripción de los equipos de beneficio de minerales

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE PREPARACIÓN					
TRITURADORA					
USO:	PRIMARIA _____	SECUNDARIA _____	TERCIARIA _____	TIEMPO DE ADQUISICIÓN: _____	
CAPACIDAD:	INSTALADA _____	ALIMENTACIÓN: _____			
TIPO:	MANDIBULA: _____	IMPACTO: _____	CONO _____		
SI ES DE MANDIBULA					
TIPO DE FORRO:	_____	ESTADO DEL FORRO:	BUENO	REGULAR	CAMBIARLO _____
MOTOR (HP): _____	MARCA: _____	DIMENSIONES: _____			
HORAS DE MANTENIMIENTO: _____	FALLA MAS FRECUENTE: _____				
OBSERVACIONES: _____					
SI ES DE IMPACTO					
ESTADO DE LOS MARTILLOS:	BUENO _____	REGULAR _____	CAMBIARLO _____		
OBSERVACIONES: _____					
MOTOR (HP): _____	HORAS DE MANTENIMIENTO: _____	SE HAN REEMPLAZADO: SI _____ NO _____			
CONO GIRATORIO					
MARCA: _____	MOTOR (HP): _____	DIMENSIONES: _____	HORAS DE MANTENIMIENTO: _____		
SISTEMA HIDRAULICO:	BUENO _____	REGULAR _____	CAMBIARLO _____	OTRO _____	
HORAS DE MANTENIMIENTO: _____	FALLA MAS FRECUENTE: _____				
OBSERVACIONES: _____					
OTRO					
MARCA: _____	CAPACIDAD _____	MOTOR (HP) _____	HORAS DE MANTENIMIENTO _____		
ESTADO DEL EQUIPO	BUENO _____	REGULAR _____	CAMBIARLO _____		
FALLA MAS FRECUENTE: _____	TIEMPO DE ADQUISICIÓN: _____				

2.4.-Trabajo de campo

Una vez diseñada la encuesta se procedió a efectuar el trabajo en campo en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital con un total de visitas a veintinueve (29) empresas de las cuales, dos (2) están ubicadas en el estado Vargas, veintidós (22) en Miranda y cinco (5) en Distrito Capital. La recopilación de los datos se realizó de la siguiente manera:

- La información correspondiente a la ubicación de todas las empresas en los distintos estados fue suministrada por: Súper Intendencia de Administración Tributaria del estado Miranda (SATMIR), Desarrollos Estructurales y Mineros de Vargas (DEMIVARGAS) y Ministerio de Industrias Básicas para Minería en Distrito Capital (MIBAM).actualmente Ministerio del Poder Popular de Petróleo y Minería (MPPPM).
- Se contactaron a cada una de las empresas explicando el motivo de la visita y se elaboró un cronograma como se muestra en el formato 5, con aquellas empresas que permitieron ir a recaudar la información.

Formato 5 Cuadro para la planificación del cronograma de visitas

EMPRESA	DIRECCIÓN	TELEF	CONTACTO	OBSERVACIÓN	DÍA DE VISITA

- Las visitas a las empresas se realizó de manera personal, con atención por parte del dueño o por el encargado de las operaciones, aplicándoles la encuesta, para realizar un recorrido por las instalaciones operativas para constatar el estado de los equipos y para esto se obtuvo un registro fotográfico donde fue permitido.

2.5.- Datos

Una vez realizada todas las encuestas, se procedió a contabilizar y codificar los resultados en los formularios siguientes:

2.5.1.- Descripción de las Canteras y Areneras del área de estudio

Esta primera sección permitirá conocer por estado el total de las empresas visitadas. Con la finalidad de obtener una visión general de los lugares donde se encuentran las máquinas mineras.

Formulario 1. Canteras y Areneras del área de estudio

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Empresas visitadas				

2.5.2.- Total de equipos

Para cuantificar la totalidad de los equipos se utilizó el formulario 2 que permitirá conocer la cantidad total de máquinas de arranque, carga, acarreo y auxiliares que se encuentran en cada estado.

Formulario 2 Total de equipos

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
EQUIPOS DE ARRANQUE, CARGA, ACARREO Y AUXILIARES				

2.5.3.- Total de los equipos de arranque, carga, acarreo y auxiliares

El siguiente formulario 3 es el formato que se empleará para cuantificar el total de las operadoras por estado. Se utilizará el mismo formato para cada una de las operaciones incluyendo los equipos auxiliares.

Formulario 3 Total de equipos de arranque por estado

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Equipos de arranque				

Es importante identificar los equipos que se encargan de cada una de las operaciones, para establecer su correcto uso y dar a conocer cuántos hay en total. De igual manera el formulario 4 será empleado por separado en cada una de las operaciones.

Formulario 4. Descripción de los equipos

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Equipos				

2.5.4.- Estado de los equipos

Clasificar los equipos según el estado que se encontraban para el momento de la visita permite visualizar la cantidad total según el estatus: operativos, reparación, inoperativo y desincorporado y en cuales estados y su posterior análisis.

En el formulario 5 se recogerán los datos tomando en consideración todas las operaciones y de igual manera se utilizará para cada una de las operaciones por separado sin incluir los equipos auxiliares.

Formulario 5. Estado de los equipos

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
EQUIPOS OPERATIVOS				
EQUIPOS EN REPARACIÓN				
EQUIPOS INOPERATIVOS				
EQUIPOS DESINCORPORADOS				

De la misma manera se diseñó el formulario 6 el cual permite recoger datos del estado de cada uno de los equipos de arranque, carga y acarreo, donde se señala el estatus y su totalidad.

Formulario 6. Estado por equipos

	Operativos	Reparación	Inoperativos	Desincorporados	TOTAL
EQUIPOS					

2.5.5.- Marcas más utilizadas del mercado

El formulario 7 tiene como finalidad recabar información referente a las marcas más utilizadas por las empresas por cada una de las operaciones unitarias, lo que permitirá analizar por qué la preferencia en cada una y cuáles son las más comunes.

Formulario 7. Marcas comerciales más utilizadas

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
MARCAS				

Para los camiones se utilizó un formato distinto para poder diferenciar entre roqueros y articulados, proporcionando información en cuanto a las diferencias entre una marca y otra

Formulario 8. Marca comerciales más utilizadas por equipo

	Camiones Roqueros	Camiones Articulados	Total
MARCAS			

2.5.6.- Análisis de Fallas

Desde el punto de vista operacional la variable falla será entendida para efectos de este estudio como toda perdida de la condición operativa de un equipo producida de manera imprevista. En este estudio se estudiarán aquellas presentadas en los equipos de arranque, carga y acarreo así como en los equipos de beneficio de mineral.

Las condiciones críticas de funcionamiento que determinan la presencia de fallas son diferentes en cada caso y dependen de los siguientes aspectos:

- Las características del equipo y sus elementos.
- Las condiciones y lugar de funcionamiento.
- La disponibilidad de síntomas que permita evaluar el estado del equipo.
- La disponibilidad de medir y evaluar dichos síntomas.
- La presencia de sistemas de control y protección.

Uno de los aspectos más importante para determinar el diagnostico en este análisis es el mantenimiento, este aspecto se encarga de conservar todo el sistema de producción y una mala conducción hará que; más temprano que tarde la empresa colapse, generando en consecuencia un sin número de problemas ligados con el cierre de

mina, en cambio un manejo adecuado permitirá aumentar la producción y reducir los costos.

Algunas empresas entienden el mantenimiento como un mal necesario, el cual tienen que sobrellevar, por ejemplo en los talleres muchas veces se ven como centros de costos y no se les da la importancia que tienen dentro de la empresa. Es por ello que dentro del desarrollo de esta investigación se generó una herramienta para obtener información sobre el tema.

Equipos de arranque, carga y acarreo

La herramienta presentada como formulario 9, se concibió para recaudar información para cada uno de los equipos de arranque, carga y acarreo con el fin de analizar lo antes expuesto. Donde destaca el tipo de falla, su frecuencia, entre otros detalles que de acuerdo con la bibliografía especializada puede arrojar datos que permitan establecer algún criterio del tipo de falla.

Formulario 9. Condiciones de los equipos de arranque, carga y acarreo

FALLA	AÑO	USO	FREC	DISP DE REP	HRS DE MTTO	OPERATIVOS	REPARACIÓN	INOPERATIVO

Equipos de beneficio de mineral.

En esta investigación encontramos cuatro tipos de trituradoras: mandíbula, impacto, cono y otros equipos auxiliares, para realizar el análisis de las fallas se utilizaron los formularios 10 al 13 cada uno contiene las principales características más resaltantes permitiendo realizar el análisis descrito en apartado 2.1.4.

Formulario 10. Condiciones de la trituradora de mandíbulas

CAP INST	CAP ALIM	TIPO DE FORRO	ESTADO DEL FORRO	DIMENSIONES	HRS DE MTTO	FALLA MÁS FRECUENTE

Formulario 11. Condiciones de la trituradora de impacto

ESTADO DE LOS MARTILLOS	MOTOR (HP)	HRS DE MTTO	¿SE HAN REEMPLAZADO?	OBSERVACIONES

Formulario 12. Condiciones de la trituradora de cono

MOTOR (HP)	DIMENSIONES	HRS DE MTTO	ESTADO DEL SISTEMA HIDRÁULICO	FALLA MÁS FRECUENTE	TIEMPO DE ADQUISICIÓN

Formulario 13. Condiciones de otros equipos de beneficio de mineral

CAPAC	MOTOR (HP)	HRS DE MTTO/DÍA	ESTADO DEL EQUIPO	FALLA MÁS FRECUENTE	TIEMPO DE ADQUISICIÓN	OBSERVACIÓN

CAPITULO III

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

3.1.- Descripción de las Canteras y Areneras del área de estudio (Tabla 8)

Las empresas visitadas en los distintos estados no representan la totalidad de las que allí laboran, solo las que permitieron su visita, obteniendo un total de 29 empresas entre canteras y areneras como muestra la Tabla 4, de las cuales 23 están ubicadas en el estado Miranda, 2 en el estado Vargas y 4 en el Distrito Capital.

Tabla N°4. Empresas visitadas

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Empresas visitadas	23	2	4	29

Del total de las empresas visitadas 5 (17,24%) extraen roca caliza a través de voladura y 24 (82,76%) extraen arena, de los cuales 15 extraen material del río y 9 realizan arranque mecánico. Como se muestra en la tabla 5.

Tabla N° 5 Material que se extrae de las distintas empresas

	MATERIAL A EXTRAER	TOTAL
CANTERAS	Caliza	5
ARENERAS	Arena y Arcilla	24

3.2.- Total de equipos. (Tabla 6)

En esta primera fase se contabilizarán los equipos que operan en las distintas empresas sin tomar en consideración su estado, es decir, si se encuentran en operación, en reparación, inoperativos o desincorporados.

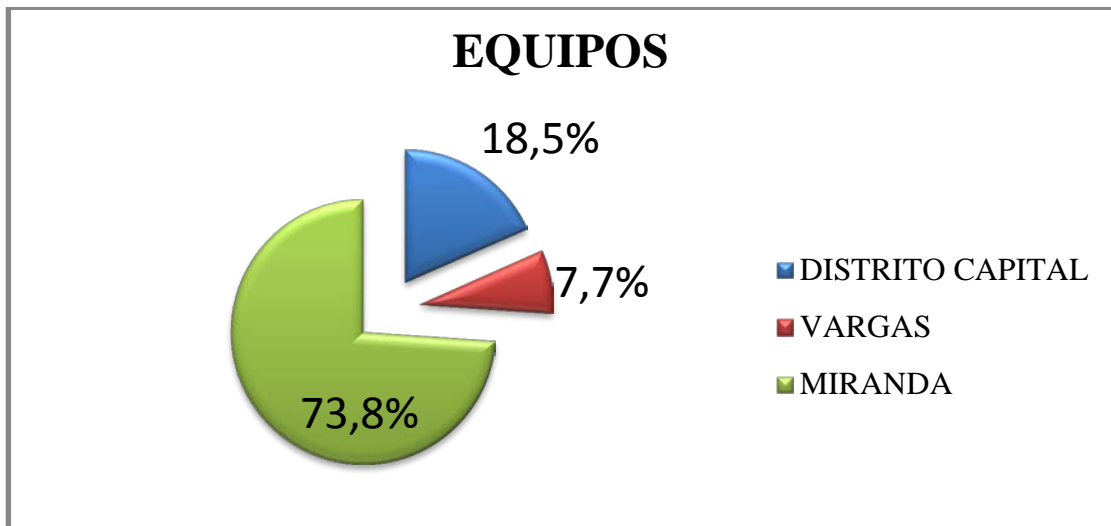
La tabla 6 refleja el total de 324 equipos que conforman cada una de las operaciones unitarias básicas incluyendo los equipos auxiliares que se encuentran en cada una de

las empresas, observando que el estado que posee mayor cantidad de equipos es Miranda con un total de 239, lo que representa un 73,8% según el Gráfico 1 debido a que es el territorio más extenso y posee la afluencia de ríos como Tuy y El Guaire del cual extraen la mayoría del material.

Tabla N°6. Total de equipos de arranque, carga, acarreo y auxiliares

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
EQUIPOS DE ARRANQUE, CARGA, ACARREO Y AUXILIARES	239	25	60	326

Gráfico 1. Porcentaje del total de Equipos en el Área de Estudio



3.2.1.-Total de los equipos de arranque

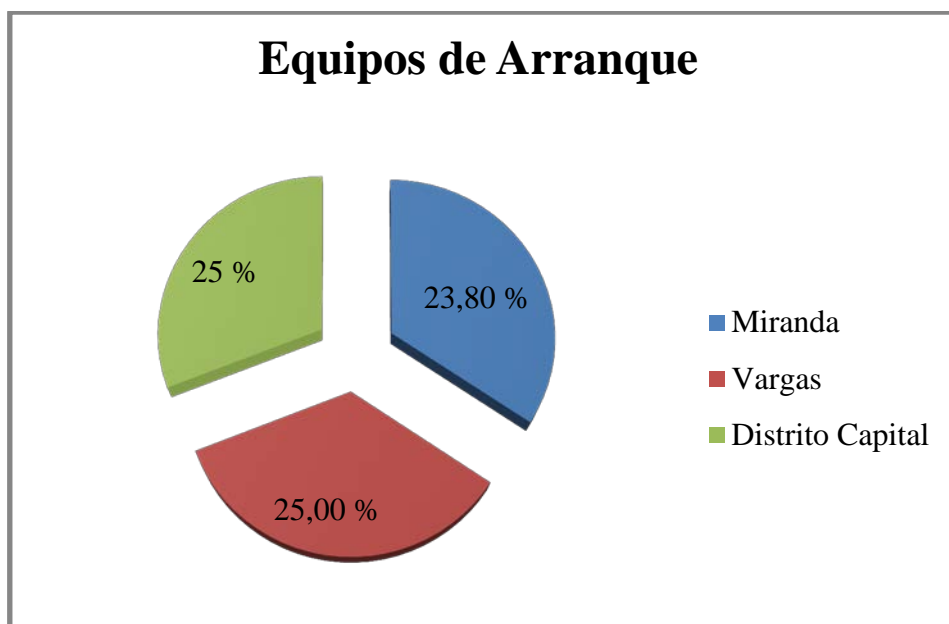
Tabla N° 7 Total de equipos de arranque

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Equipos de arranque	55	6	15	76

Tabla N° 8 Equipos de Arranque utilizados en las distintas empresas

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Dragalinas	17	0	0	17
Tractores	10	1	3	14
Excavadoras	24	5	5	34
Cargador frontal	4	0	7	11

Gráfico 2 Porcentaje de los equipos de arranque



En la tabla 7 se ve que para la operación de arranque en los distintos estados existe una población total de 76 equipos, de los cuales en Miranda: se encuentran de 55 equipos (23,8%); Vargas: 6 (24%) y Distrito Capital: 15 (25%). Esta información se ve reflejada en el gráfico 2. Los equipos más utilizados están en la tabla 8.

Según la teoría descrita en el aporte 1.3.3 sobre los equipos encargados de realizar el arranque, se observa que los equipos utilizados en los distintos estados corresponden con esta operación. Salvo en algunos casos donde utilizan equipos como cargadores frontales dado que la operación de arranque se realiza a través de voladuras el equipo solo hace la función de terminar de extraer el material de los distintos frentes de explotación y en el caso de las excavadoras en su mayoría son utilizadas en empresas que extraen el material del río pero que no cuentan con una dragalina por cuestiones económicas y/o practicidad.

Se pudo observar que algunos equipos como los cargadores frontales hacen la función de arranque y carga por lo que solo se va a contabilizar como equipo de arranque.

3.2.2.- Total de equipos de carga

Tabla N° 9 Total de equipos de carga

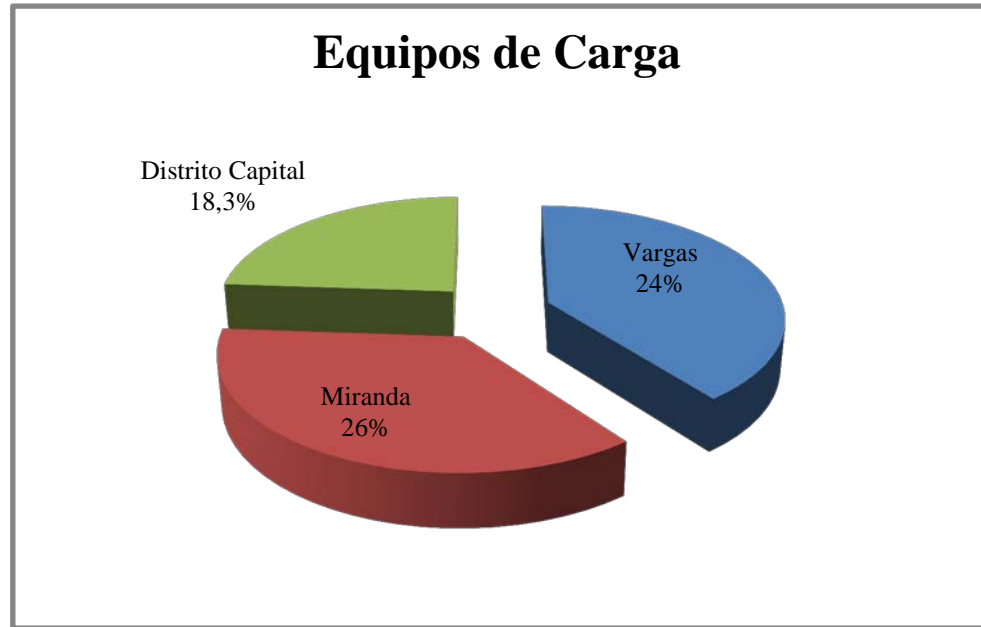
	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Equipos de carga	64	6	11	81

Tabla N° 10 Equipos de Carga utilizados en las distintas empresas

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Cargador Frontal	59	6	11	76
Excavadoras	5	0	0	5

Para la operación de carga en los distintos estados se tiene un total de 79 equipos. El estado Miranda cuenta con un total de 62 equipos como se puede observar en la tabla 9, lo que representa un 26% del total de los equipos, el estado Vargas disponen de un total de 6 equipos, para un 24% y Distrito Capital se encuentran un total de 11 equipos lo que representa un 18,3% (ver gráfico 3), los equipos más utilizados se pueden observar en la tabla 10.

Gráfico 3 Porcentaje de los equipos carga



La teoría descrita en el aporte 1.3.3 referentes a los equipos encargados de transportar la carga, se observa que los equipos utilizados (cargadores frontales) en los distintos estados corresponde con esta operación. En los casos donde utilizan equipos como excavadoras o retroexcavadoras la operación de carga se hace en el río y estos equipos facilitan la operación debido a las condiciones de la vía, cabe destacar que la empresa que utiliza la excavadora como equipo de carga se encontraba para el momento de la visita en reparación por daños en el balde lo que permite deducir que el equipo no es el apropiado para esa operación, en cuanto a las retroexcavadoras, una de las empresas la utiliza en caso de que la dragalina falle realizando la operación de arranque y carga del material.

Se puede observar que en algunas empresas estos equipos también son utilizados como equipos de acarreo debido a que son empresas pequeñas y que tienen los frentes de explotación cerca de la planta de tratamiento.

3.2.3.- Total de equipos de acarreo

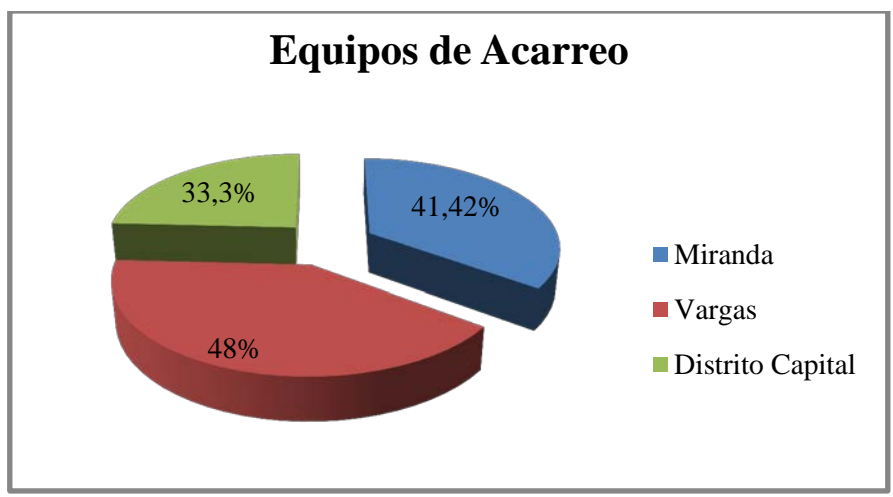
Tabla N° 11 Total de equipos de acarreo

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
total de equipos de acarreo	99	12	20	131

Tabla N° 12 Equipos de acarreo utilizados en las distintas empresas

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Camiones Articulados	58	10	2	70
Camiones Roqueros	41	2	18	61

Gráfico 4 Porcentaje de los equipos de acarreo



En la tabla 11 se puede observar que para la operación de acarreo en los distintos estados se tiene un total de 131 equipos. El estado Miranda cuenta con 99 equipos, lo que representa según el gráfico 4 un 41,42% del total, 58 son camiones articulados y 41 son camiones roqueros, en Vargas disponen de un total de 12 máquinas (48%), siendo 10 articulados y 2 roqueros; mientras que en Distrito Capital se encuentran un total de 20 equipos (33,3%), 18 son roqueros y 2 son articulados (Tabla 12).

En la teoría descrita en el aporte 1.3.3 donde se describen los equipos de carga utilizados, se observa que estos corresponden en un 100% con esta operación.

Se observa que en Distrito Capital en su mayoría utilizan camiones roqueros esto se debe a que en esta región se encuentran son canteras de gran extensión y donde el arranque se realiza a través de explosivos por el tipo de mineral que se extrae y los trayectos desde los frentes de explotación son más largos, es por ello que necesitan equipos con mayor capacidad lo que hace conveniente el uso de este transporte.

En el estado Vargas en su mayoría utilizan camiones articulados debido a que el material se extrae directamente del río, y la carga no es muy pesada y los trayectos son más cortos.

En Miranda no existe una tendencia hacia un equipo, la selección depende de algunas variables como lo son: el tipo de material, la producción y las distancias de acarreo.

Muchas areneras solo hacen arranque y carga esto se debe a que los frentes de explotación están cerca de la planta de tratamiento y los camiones que allí se encuentran son de otras empresas que compran el material.

3.2.4.- Total de equipos auxiliares

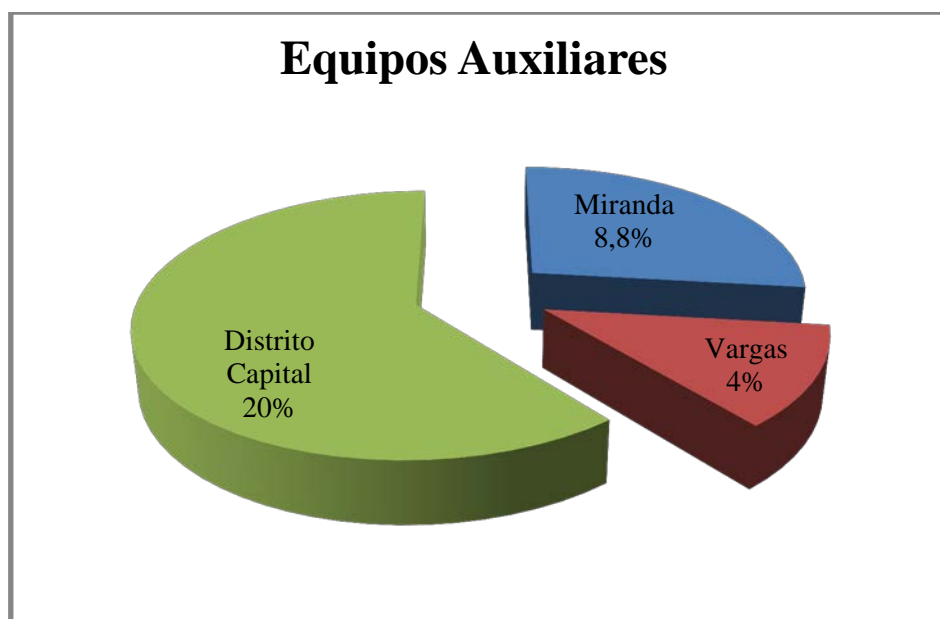
Tabla N° 13 Total de equipos auxiliares

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Equipos auxiliares	21	1	14	36

Tabla N° 14 Equipos auxiliares utilizados en las distintas empresas

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Cisterna	6	1	2	9
Camiones de gasoil o lubricación	3	0	1	4
Vibrocompactadora	3	0	0	3
Motoniveladora	2	0	1	3
Cargador frontal	1	0	5	6
Grúa Telescópica	2	0	0	2
Martillo	2	0	2	4
Retroexcavadora	1	0	1	2
Mototrailla	0	0	2	2
Tractor de oruga	1	0	0	1

Gráfico 5 Porcentaje de los equipos auxiliares



Los equipos auxiliares son utilizados en apoyo a las operaciones básicas y tienen diferentes tareas de acuerdo a las necesidades de cada empresa de los cuales se cuentan 36 (Tabla 13). El estado Miranda tiene una flota de 21 equipos (8,8%) gráfico 5. En Vargas disponen de un equipo (4%) y Distrito Capital: 14 equipos (20%), ver en la tabla 14.

Según la teoría descrita en el aporte 1.3.3 sobre maquinaria auxiliar, se observa que los equipos utilizados para tal fin en los distintos estados corresponden con esta operación. En algunos casos varían dependiendo de las necesidades de cada empresa.

La cisterna o camión de riego es un equipo auxiliar básico en minería debido a que es el encargado de controlar las emisiones de polvo que generan los otros equipos si bien es cierto que se utiliza solo en épocas de verano es por ley un requerimiento (Decreto 638 Normas sobre calidad del aire y control de la contaminación atmosférica), se determinó que de 29 empresas solo hay 9 camiones cisternas y un cargador frontal que es utilizado con este fin, lo que indica que 19 empresas no cumplen con este requerimiento o utilizan otro equipo, claro que no fue notificado en la encuesta.

Los equipos tales como motoniveladora, vibrocompactadora, tractor de oruga, mototrailla son utilizados para acomodo de vías, limpieza de frentes, remoción de capa vegetal y abrir caminos.

Las excavadoras - martillo se utilizan para disminuir el tamaño de la roca una vez realizada la voladura, es por ello que solo la encontramos en canteras donde sea necesario su uso.

Los cargadores frontales en la mayoría de los casos son utilizados para cargar los camiones que van a comprar material.

3.3.- Estatus de los equipos

El estatus de los equipos es la condición en la que se encuentran: en operación, reparación, inoperativo o desincorporado, siendo válido para cada una de las operaciones, arranque, carga, acarreo y auxiliares. En Tabla 15 se tiene que en el estado Miranda se encuentran 236 equipos de los cuales 175 están operativos, 58 en reparación, 3 inoperativos y 3 desincorporados. Por su parte Vargas cuenta con un total de 25 equipos, 19 operativos, 5 en reparación, 1 inoperativo. Distrito Capital

tiene 60 equipos, 39 operativos, 17 en reparación y 4 inoperativos. Los equipos que se encuentran reparación representan un 24,69% de 324 equipos, esta cifra es considerable y se debe a varias causas que analizaremos más adelante.

Tabla N° 15 Estatus de los equipos de arranque, carga, acarreo y auxiliares

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
EQUIPOS OPERATIVOS	175	19	39	233
EQUIPOS EN REPARACIÓN	58	5	17	80
EQUIPOS INOPERATIVOS	3	1	4	8
EQUIPOS DESINCORPORADOS	3	0	0	3

3.3.1.- Estatus de los equipos de arranque

La tabla 16 muestra el estado de los equipos que realizan la operación de arranque del material, donde se puede observar que existen hasta el momento de las visitas 49 equipos operativos, 23 en reparación, 4 inoperativos y 1 desincorporado donde se pudo constatar que no han cumplido con el trámite administrativo específico denominado “Trámite de desincorporación de bienes afectos a un derecho minero”. Estos equipos son abandonados en las minas y en algunos casos le sacan los repuestos para reparar otros equipos.

Tabla N° 16 Estatus de los Equipos de arranque.

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
EQUIPOS OPERATIVOS	37	5	7	49
EQUIPOS EN REPARACIÓN	18	1	4	23
EQUIPOS INOPERATIVOS	1	0	3	4
EQUIPOS DESINCORPORADOS	1	0	0	1

Tabla N° 17 Estatus del total de los equipos de arranque

	Operativos	Reparación	Inoperativos	Desincorporados	TOTAL
Dragalinas	9	7	0	1	17
Tractores	8	5	1	0	14
Excavadoras	27	7	1	0	35
Cargador frontal	5	4	2	0	11

De la tabla 17 analizaremos los equipos que utilizan las distintas empresas para realizar las operaciones de arranque:

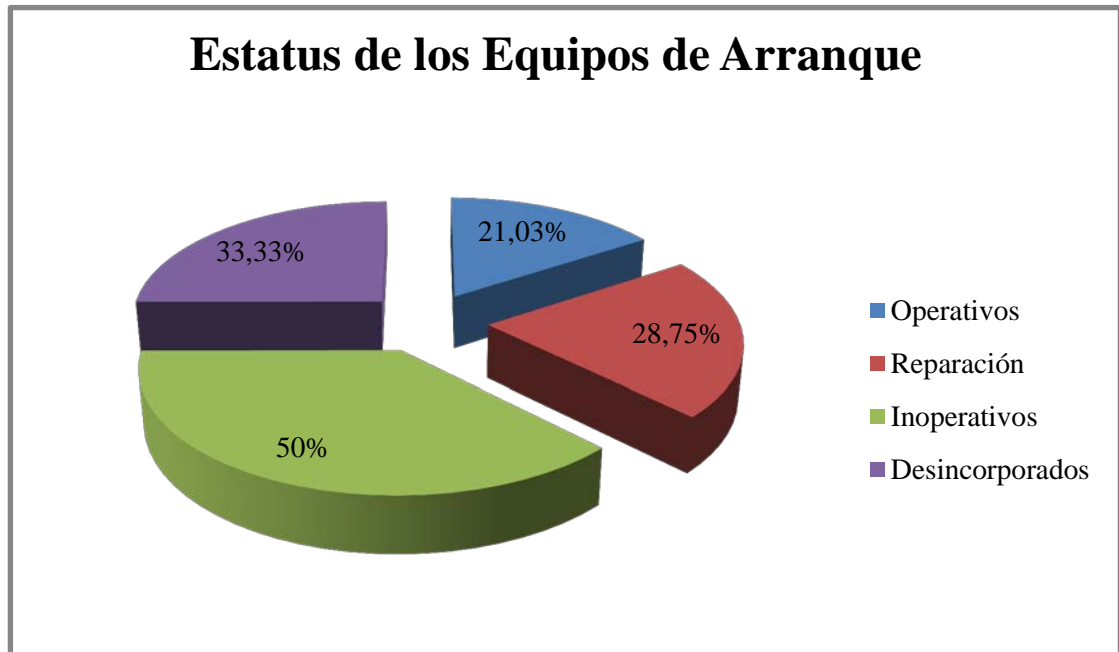
Las dragalinas son utilizadas solo en ríos y las principales en realizar esta operación. De un total de 17 dragalinas censadas 7 están reparación representando un 41,2%, esto indica casi la mitad de ellas se encuentran en reparación. La razón es que todas estas maquinarias son muy viejas considerando el año de fabricación (1940 hasta 1984), por lo que a las empresas se les dificulta conseguir los repuestos (por obsolescencia).

De las 34 excavadoras se observa que 26 están operativas (76,5%) debido a que estas maquinas están en labores dentro de las misma consideradas adecuadas para su diseño.

Mientras que, los cargadores frontales son equipos diseñados para realizar la operación de carga, pero se observa que de 11 equipos, 4 están siendo reparados y 2 inoperativos (54,5%) lo que indica que este equipo está haciendo utilizado en labores de arranque de mineral, para la cual no fue diseñado. Esto se observó en su mayoría en Distrito Capital donde todas las empresas que allí laboran extraen roca dura como caliza, condición que hace que la maquinaria tienda a dañarse al ser esforzada a realizar arranques en este tipo de material de dureza considerable para su diseño, otro indicio que este equipo no debe realizar el arranque es que la falla más frecuente fue problemas con sellos y mangueras (sistema hidráulico), lo que indica una mayor presión en los gatos como consecuencia del esfuerzo y sobrecarga que realiza la

maquina. Esto también se ve reflejado en la gráfica 6 donde se puede observar de los equipos que están inoperativos el 50% son de arranque.

Gráfico 6 Porcentaje del estatus de los equipos de arranque



3.3.2.- Estatus de los equipos de carga

Tenemos en total 81 equipos de carga, la tabla 22 muestra el estatus en que estos se encuentran arrojando que 62 equipos están operativos, de los cuales 58 son cargadores frontales (tabla 20), representado un 76,5%.

Una de las fallas más frecuentes es en el sistema hidráulico, reportaron que se repara rápidamente por ser equipos pequeños y aunque en la mayoría de los casos estos son comprados usados su año de fabricación está en el rango 1975 – 2011 (anexos 1) y debido a que es uno de los equipos más utilizados, tanto en minería como en obras civiles les permite conseguir los repuestos con mayor facilidad.

Tabla N° 18 Estatus de los Equipos de carga.

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
EQUIPOS OPERATIVOS	51	2	9	62
EQUIPOS EN REPARACIÓN	13	3	2	18
EQUIPOS INOPERATIVOS	0	1	0	1

La tabla 19 muestra que los equipos que están en reparación en total 18, 17 son cargadores frontales, esto se ve reflejado por la gran cantidad de cargadores que se tienen.

El equipo inoperativo (comprado usado hace 3 años, fabricado en 2005), se le ha estado presentando una falla desconocida que esperan pronto determinar con la comprar de un escáner.

Tabla N° 19 Equipos de carga

	Operativos	Reparación	Inoperativos	TOTAL
Excavadoras	4	1	0	5
Cargador frontal	58	17	1	76

3.3.3.- Estatus de los equipos de acarreo

La tabla 20 muestra el estatus en que se encuentran los equipos de acarreo, teniendo un total de 95 equipos operativos, 31 en reparación, 3 inoperativos y 2 desincorporados, siendo Miranda el que posee la mayor cantidad.

Tabla N° 20 Estatus de los equipos de acarreo.

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
EQUIPOS OPERATIVOS	72	11	12	95
EQUIPOS EN REPARACIÓN	23	1	7	31
EQUIPOS INOPERATIVOS	2	0	1	3
EQUIPOS DESINCORPORADOS	2	0	0	2

Se puede observar de la tabla 21 que 70 de los 131 equipos de acarreo son camiones articulados y 61 son camiones roqueros. Existe una diferencia entre la elección de un equipo y otro, los camiones roqueros en su mayoría se encuentran en las canteras y no en las areneras salvo algunos casos, la razón principal es que son equipos con mayor capacidad de carga.

Tabla N° 21 Equipos de acarreo

	Operativos	Reparación	Inoperativos	Desincorporados	TOTAL
Camiones Articulados	57	13	0	0	70
Camiones Roqueros	38	18	3	2	61

El 37,7% de los camiones roqueros están siendo reparados, inoperativos o desincorporados lo contrario de lo observado en los camiones articulados debido a que son equipos viejos (van desde los años 1970 hasta 1986), y que se compraron ya usados, por lo que se le dificulta conseguir los repuestos.

3.4.- Marcas más utilizadas del mercado

Para esta investigación es importante conocer cuáles son las marcas más utilizadas por el sector minero en cuanto a equipos de arranque, carga y acarreo, esto permitirá estimar porque la escogencia entre una y otra, además de conocer la disponibilidad de repuestos y si existe servicio técnico en el país, así como también personal capacitado.

Algunas empresas compraron equipos no tan comunes por que en su momento tenían proveedores en el país. Por alguna razón éstas ya no operan aquí lo que se les dificulta conseguir los repuestos. Es por ello que muchas de estas empresas prefieren algunas marcas comerciales.

3.4.1.- Marcas más utilizadas en los equipos de arranque

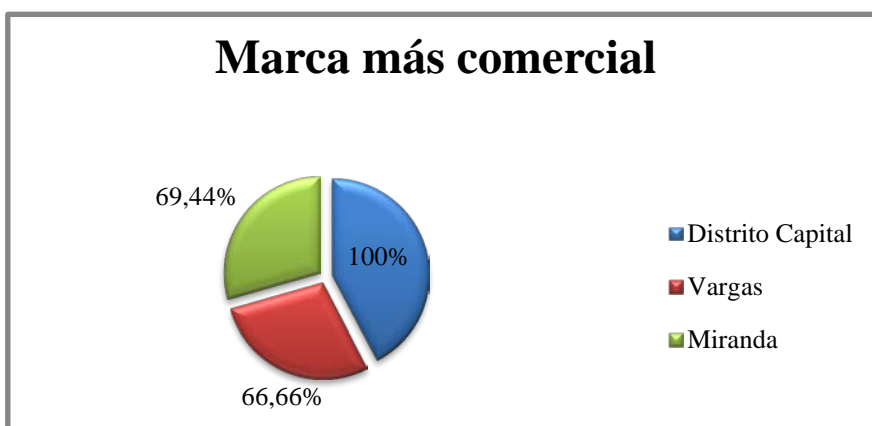
La Tabla 22 muestra que Caterpillar es la marca más utilizada por estas empresas arrojando 42 equipos entre excavadoras, cargadores frontales y tractores. Caterpillar es una de las marcas más comerciales y afirman que es la que se le consiguen con mayor facilidad los repuestos, además que para la época de adquisición de los equipos era la que tenía mayor representación en Venezuela.

Tabla N° 22 Marcas más utilizadas en equipos de arranque

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Caterpillar	25	4	13	42
Doosan	5	2	0	7
Otras	9	0	0	9

Del gráfico 7 se observa que en Distrito Capital el 100% de los equipos pertenecen a esta marca, Vargas 66,66% y Miranda 69,44%

Gráfico 7. Marca más comercial utilizada en los distintos estados



Doosan es una marca coreana que solo la utilizan en canteras y areneras del Estado, son excavadoras nuevas del 2010 al 2011 hasta los momentos no han presentado fallas mayores y aquella más común ha sido de filtros los cuales se consiguen en el país y disponen de servicio posventa.

En Distrito Capital solo utilizan Caterpillar para los equipos de arranque.

3.4.2.- Marcas más utilizadas en los equipos de carga

Se observa de la tabla 23 que la marca más utilizada en los equipos de carga es Caterpillar. Miranda posee 64 equipos de los cuales 47 pertenecen a esta marca lo que representa un (73,43%); Vargas de 6 máquinas, 5 son CAT (83,33%); Distrito Capital la totalidad de sus máquinas son CAT.

La mayoría de estos equipos son cargadores frontales, aseguran que se consiguen los repuestos con facilidad y no son tan costosos, argumentando que es por ello su preferencia hacia esta marca.

Tabla N° 23 Marcas más utilizadas en equipos de carga

	MIRANDA	VARGAS	DISTRITO CAPITAL	TOTAL
Caterpillar	47	5	11	63
Komatsu	5	0	0	5
Otras	12	1	0	13

3.4.3.- Marcas más utilizadas en los equipos de acarreo

Las marcas en los equipos de acarreo son variables como se puede observar en la tabla 24, encontramos un total de 12 marcas comerciales de las cuales las más común es Caterpillar para camiones roqueros, Astra para articulados (todos pertenecen a una misma empresa), Mack articulados y Euclid tanto para roqueros como para articulados.

De 131 camiones 32 están distribuidos de la siguiente manera: Astra (24,42%), 30 CAT (22,90%), 26 Mack (19,84), 18 Euclid (13,74%), 10 Terex (7,63) y otras marcas 15 (11,45%).

Astra, Fiat, Iveco, Ford y Pegaso no fabrican camiones roqueros, Euclid y Komatsu y no fabrica camiones articulados

Tabla N° 24 Marcas más utilizadas en equipos de acarreo

	Camiones Roqueros	Camiones Articulados	Total
Caterpillar	24	6	30
Mack	9	17	26
Astra	0	32	32
Euclid	18	0	18
Terex	6	4	10
Komatsu	3	0	3
Fiat	0	4	4
Iveco	0	2	2
Pegaso	0	1	1
Wallpa	1	0	1
Ford	0	2	2
Sinoway	0	2	2

3.5.- Análisis de Fallas

Para el análisis de falla se utilizará el Análisis de Causa Raíz de confiabilidad operacional el cual fue descrito en el apartado 1.8.2, tomando en consideración los parámetros recogidos en la encuesta tales como: horas de mantenimiento, fallas más frecuentes, año del equipo, disponibilidad de repuestos, capacitación del personal, utilización efectiva, uso de la disponibilidad, disponibilidad física y servicio técnico. También se aplicarán las técnicas estadísticas como polígonos de frecuencias.

Conocer el índice de repetición de una falla permite determinar una solución a este tipo de problema y adaptar el mantenimiento a la máquina y no la máquina a la periodicidad propuesta por el fabricante ya que este último dato, resulta de cálculos del proveedor en condiciones diferentes.

3.5.1.- Situación actual de los equipos de arranque, carga y acarreo

En primer lugar es importante hacer énfasis en que dado al uso frecuente de los equipos y las condiciones en las cuales operan, éstos han ido perdiendo sus condiciones iniciales de funcionamiento, debido a que los operadores mineros no le dan el uso adecuado y por otro lado el servicio de mantenimiento preventivo aplicado a los mismos no ha sido el más eficiente, esto hace que los equipos sean susceptibles a las fallas ya que no se ha logrado reducir de manera importante sus incidencias y los mantenimientos correctivos que se hacen necesarios de forma anual.

Segundo, debido a que cada equipo de acuerdo a sus características y condiciones de trabajo, requieren de pautas de mantenimiento ajustadas a éstas, para garantizar la mayor operatividad posible de las flotas, se siguen por parte de las operadoras algunas recomendaciones de los fabricantes y proveedores, que pueden evitar de alguna forma daños mayores en los componentes importantes del cuerpo del equipo, por desgaste, uso excesivo y falta de mantenimiento.

La tabla 25 muestra la situación de Equipos Móviles Propios de toda la población de empresas estudiadas de los cuales existe en total 206 equipos operativos, 72 reparación, 8 inoperativos y 3 desincorporados.

Tabla N° 25 Situación actual de los equipos de arranque, carga y acarreo

EQUIPOS	OPERATIVOS	REPARACIÓN	INOPERATIVO	DESINCORPORADO
Dragalinas	9	7	0	1
Cargadores Frontales	63	21	3	0
Excavadoras	31	8	1	0
Tractores	8	5	1	0
Camiones Articulados	57	13	0	0
Camiones Roqueros	38	18	3	2
TOTAL	206	72	8	3

Cabe destacar que los tiempos de reparación depende de la disponibilidad de repuestos, aunque las empresas afirman tener disponibles en el almacén no siempre es así, pues la mayoría de estos son importados y el traslado muchas veces tarda y el

costo es elevado observándose casos de maquinas que tienen hasta 3 años en estatus de reparación debido a esta causa.

3.5.2.- Análisis de falla en dragalinas

Para el análisis de las causas de fallas se resume esta información en la tabla 26. Observando que las fallas son variables, de 8 tipos registrados 4 es debido a la falta de repuestos y a la dificultad de conseguirlos, debido a que son máquinas bastantes viejas (tecnología obsoleta). De 17 dragalinas censadas, 7 están en reparación, algunos le realizan mantenimiento de acuerdo “al manual” propuesto por el fabricante cada 300 horas, aunque hay quienes aseguran realizarlo de manera semanal o mensual, dependiendo de las condiciones mecánicas en que se encuentre y las horas de uso de la máquina.

Otro factor importante es el costo que les genera a estas empresas realizar el mantenimiento y comprar los repuestos.

Una de estas máquinas se encuentra desincorporada por motor, es del año 1970 y tiene 3 años parada no se les consiguieron los repuestos, trabajaba 8 horas diarias y se le hacía mantenimiento cada 300 horas. El mantenimiento preventivo aplicado no fue el más adecuado, esperan obtener un valor de salvamento al venderla como chatarra

Se observó que en ninguna de las empresas donde operan estos equipos llevan un control del uso de la disponibilidad, utilización efectiva y disponibilidad física, cuestión que les dificulta llevar un control real de mantenimiento.

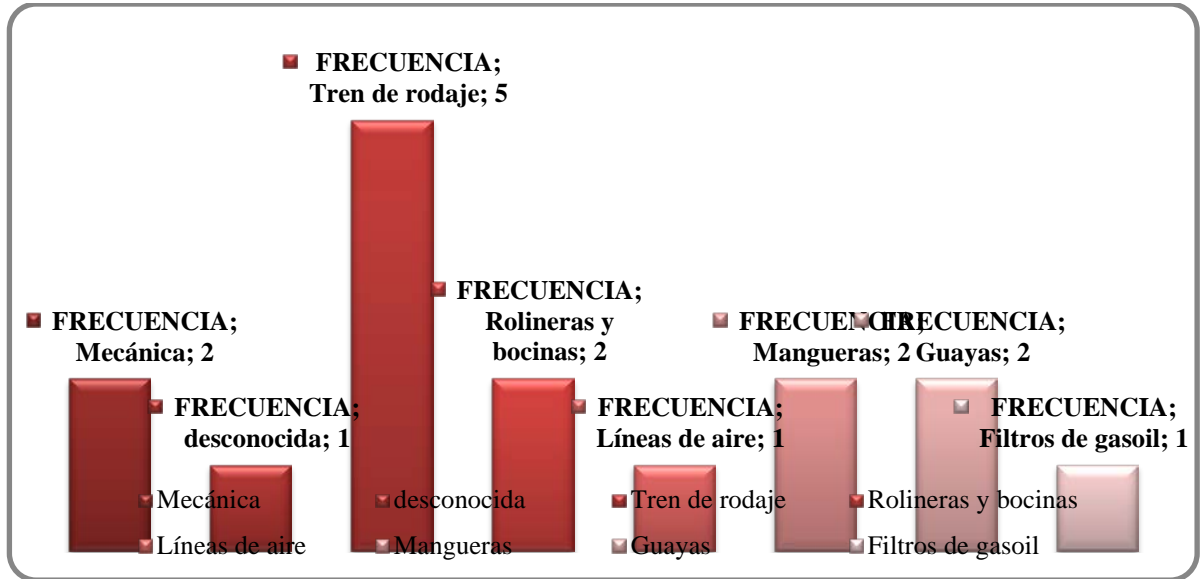
Tabla N° 26. Fallas encontradas en dragalinas

FALLAS	AÑO ADQ	HRS/DÍA	FREC	DISP REP	HRS DE MTO	OPER	REP	DESINC
Mecánica	1960	8	2	si	300 h	X		
	1970	8	1	no	300 h			Motor
Tren de rodaje	1960/1940	8	5	Si/no	semanal	X	Tren de rodaje/reparación del balde	
Rolineras y bocinas	1996	8	2	Si	semanal		Rompimiento de los dientes	
Líneas de aire	1984	9	1	No	250 h		Engranaje	
Mangueras		8	2	Si	mensual	X		
Guayas	1992/1965	9	2	si/no	250 h/diario	X		
Filtros de gasoil	1966	8	1	Si	diario		le robaron las partes	

Como se puede notar en el gráfico 7 la mayor cantidad de falla se presenta en el tren de rodaje 5 (31,25%), la cual puede deberse a varias causas. Las dragalinas que se encontraron trabajan sobre suelos muy húmedos y saturados (a orilla de los ríos) que contienen gran proporción de arena o partículas de rocas duras, angulosas o con bordes cortantes, las cuales se acumula en los engranajes de las ruedas motrices haciendo que se desgasten las superficies por fricción en los componentes de las cadenas.

Otros factores que pueden controlarse con relación a la operatividad y mantenimiento de las dragalinas son: (1) el ajuste de tensión de las cadenas-orugas-tren de rodaje (controlado por el operador y/o personal de mantenimiento), (2) ancho de zapata (controlado por el operador y personal de compras); y (3) en algunos modelos la alineación (controlada por el usuario y/o personal de servicio de distribuidor).

Gráfico 8 Frecuencia de las fallas presentes en dragalinas



3.5.3.- Análisis de falla de las excavadoras

Las excavadoras en las operaciones mineras cumplen varias funciones que van desde arranque, carga o como equipo auxiliar. Para efectos de este análisis tomaremos en cuenta las que se encargan de las operaciones unitarias.

En la tabla 27 resume los datos de las excavadoras de diferentes años de fabricación que van desde el año 1975 hasta aquellas más. Sin embargo, en este análisis comprendimos que la ocurrencia de falla es independiente del año de fabricación de la misma (curva de la bañera), pues en la población estudiada, tanto las del año 2011 como las de 1976 presentaron algún tipo de falla y se encontraron en reparación al momento de la aplicación del instrumento.

En la mayoría de los casos los operadores disponen de repuestos o los pueden conseguir, esto va relacionado con lo antes expuesto sobre las marcas utilizadas y su comercialización un ejemplo de esto es una excavadora liebher del año 1976 que se encuentra en reparación por la bomba hidráulica. El mantenimiento a esta máquina se le realizaba cada 160 horas. Cabe destacar que el mantenimiento no fue el correcto,

pues es una de las causas por la cual falla la bomba y más cuando es un equipo que fue comprado usado y es de ese año.

Al igual que en el caso de las dragalinas el único equipo que se encuentra inoperativo es a causa del motor, aseguran que el costo de reparación es muy elevado, los repuestos no se consiguen fácilmente tienen que comprarlos fuera del país, el equipo es del año 2001 las causas del daño no fueron expuestas.

Tabla N° 27. Fallas encontradas en excavadoras

FALLA	AÑO	HRS/DÍA	FRE C	DISP REP	HRS DE MTTTO	OPER	REP	INOP
Tren de rodaje y mangueras	1984/2007	7	3	Si	60/250 h	X		
Eléctrica	1998/99/80	8	3	Si	250/500 h	X		
Sistema Hidráulico	1975/76/96/2001/02/04/06/08	8	9	si/no	160/250/7000 h	X	reparación del balde/manguera del radiador/motor /bomba hidráulica/válvula piloto	Motor
Bocinas		9	1	Si		X		
Tubería de Inyección	2011	10	1	Si	0		tubería de inyección	
Guaya de aceleración	2000	8	2	Si	Semanal	X		
Engrase	2008/11	8	2	Si	Diario	X		

Del gráfico 7 se obtiene que la falla más frecuente en las excavadoras es el sistema hidráulico con 9 (42,86%). Los elementos para que este sistema funcione son: tanque de almacenamiento, fluidos hidráulicos (aceites), válvulas, bombas, actuadores y filtros hidráulicos; sellos y mangueras. Esto puede ser causado por fatiga en los sellos, rompimiento de manqeras, fallas en la bomba por pérdida de presión, inadecuada operación, sobrecarga, entre otras.

Los síntomas que se van a considerar aquí van hacer los seis siguientes, con los cuales se cubre un gran número de posibilidades relativas a las averías de los sistemas hidráulicos: contaminación del fluido hidráulico con partículas sólidas, ruido y calor excesivo, flujo y presión a los cilindros incorrectos, entre otros.

El chasis tiene como misión transmitir las cargas de la superestructura al tren de rodaje. Los chasis para trenes de rodaje de orugas están constituidos por una estructura en forma de H que aloja en la parte central la corona de giro y va apoyada y anclada en los carros de oruga. El sistema de orugas está formado por los siguientes componentes:

- Cadenas de tejas ensambladas por bulones y casquillos sellados.
- Tensores de cadena.
- Rodillos guía.
- Ruedas guía.
- Rueda motriz.

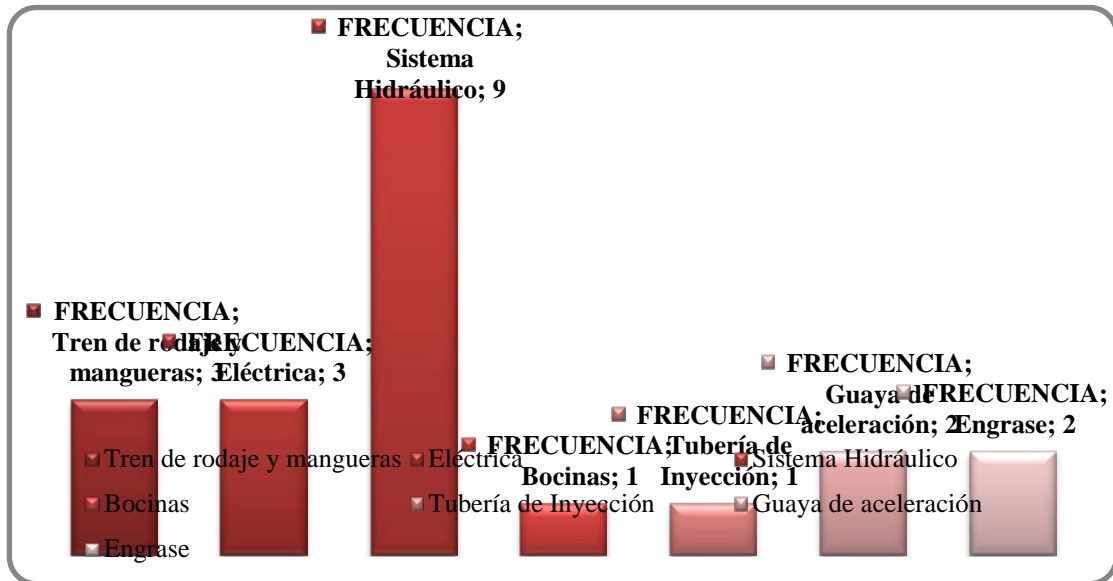
El sistema de traslación mediante tren de rodaje responde a tres funciones: otorgar una plataforma de trabajo estable: soportar los movimientos de la máquina, permitiendo hacerla girar durante la traslación, y aportar, al conjunto del equipo, movilidad y capacidad para remontar pendientes.

El tren de rodaje y mangueras son fallas que tienen una frecuencia de 3 (14,28%) siendo la segunda con mayor frecuencia en estas máquinas. Éstas precisan desplazamientos mucho menores que los tractores, por lo que su trenes de rodaje sobre orugas son esencialmente distintos; otra razón puede ser ciertos hábitos de algunos operadores que intensifican el desgaste de las cadenas y los costos cuando no tienen un control necesario en el trabajo las cuales pueden deberse a la falta de entrenamiento por personal especializado. Tales prácticas incluyen las operaciones a gran velocidad, de forma particular en retroceso; los virajes muy cerrados o las correcciones constantes de dirección, así como la salida de las cadenas debido a que

el motor alcanza el par límite. Aunque en todas las empresas aseguran tener un personal capacitado, la ocurrencia de muchas de estas fallas hace pensar que no se trata de un personal capacitado, sino más bien con algún tipo de experiencia en el manejo de maquinaria pesada. Se deduce a partir de este indicio que estas fallas pueden seguir repitiéndose en el futuro.

El sistema eléctrico también tiene una frecuencia de 3 (14,28%), estos pueden fallar por varias razones: problemas electrónicos en las máquinas nuevas; por batería; fatiga en cableajes por altas temperaturas (dilatación y concentración) sobre todo en aquellas máquinas que no trabajan 24 horas – 7 días semanales; problemas con las fusileras, se queman los fusibles y no se detectan fallas eléctricas; malas praxis de mantenimiento y falta de entrenamiento de los “electricistas” que incluyen el desconocimiento en nuevos sistemas, entre otras

Gráfico 9 frecuencia de fallas presentes en las excavadoras



3.5.4.- Análisis de falla de los cargadores frontales

Como se analizó anteriormente los cargadores frontales de ruedas cumplen distintas funciones, los encontramos en todas las operaciones unitarias y también como equipo

auxiliar, es por ello que se debe conocer los tipos de fallas que impactan de forma significativa la disponibilidad y confiabilidad de éstos.

La tabla 28 muestra los tipos de falla que se encontraron siendo el equipo con el mayor número de fallas (8) y mayor número de equipos en reparación, ésta última refleja que si no se realiza el mantenimiento tanto preventivo como correctivo se ven afectada otras partes. Como ejemplo aseguran algunos operadores que la falla más frecuente es por tren de rodaje pero los equipos que se están reparando son por caja y motor.

Tabla N° 28 Análisis de fallas encontradas en los cargadores frontales

FALLA	AÑO	HRS/DÍA	FREC	DISP REP	HRS DE MTTO	OPER	REP	INOP
Hidráulica (mangueras y sellos)	1990/80/94/06/83/99/05/86/75	8	58	si/no	300/semanal/250/mensual/160/cada 2 días	X	motor/caja/bomba hidráulica/piñones/transmisión/alterador	no conocen la falla
Tren de rodaje	2008/2009	10	3	Si	Semana 1	X	caja y rolineras	
Gatos de levante	2007	8	2	Si	250		volcamiento/sobrecarga del balde	
Cauchos y pasadores	2008/83/99	8	13	si/no	diario/120/160	X	motor/caja	
filtros de gasoil	2004/02	8	10	Si	500/250/diaria	X	cruceta/cauchos	
Estoperas	1975	8	8	Si	200	X	motor/caja/bomba hidráulica	
Recalentamiento	1975	5	4	No	Diaria	X	cámara del motor	
Falla eléctrica	2005	10	7	Si	250	X	Motor	

Todas las empresas a testificaron tener personal capacitado para cada una de estas máquinas y se observa que dos están siendo reparados por volcamiento y sobrecarga del balde lo que indica sin duda mala operación, falta de entrenamiento y supervisión para que esto ocurra.

Otro aspecto a considerar es que estos equipos que fallaron por motor a diferencia de las excavadoras y las dragalinas están siendo reparados y tienen la disponibilidad de repuestos. Esto permite deducir que para estos equipos los repuestos son más fáciles de conseguir y están relacionados con la marca Caterpillar.

Este tipo de maquinaria tiene un uso diario en promedio de 8 horas lo que representa el 88,9% de las horas trabajadas es por esta razón que requiere hacerles más seguimiento, tomando en cuenta este factor se reconoce que es necesario aumentar la frecuencia del mantenimiento que pueda asegurar la disponibilidad física de estos equipos y el logro de la reducción de las fallas más frecuentes que influyen en la regularidad de su funcionamiento.

En la gráfica 7 se puede observar un diagrama en representación de las fallas ocurrida en estos equipos en el periodo de estudio. Observando que el sistema hidráulico es donde se presenta el mayor número frecuencia: 54 (53,46%) esto indica que es esta parte hidráulica del cargador la que está afectando de forma importante la confiabilidad y disponibilidad del mismo, seguido por cauchos y pasadores: 13 (12,87); filtros de gasoil: 10 (9,9%) y falla eléctrica: 7 (6,9%).

El circuito hidráulico de los cargadores frontales acciona los cilindros de elevación y articulación, por lo tanto al verse afectada el mismo no puede realizar su función de carga.

La bomba que acciona los cilindros de la articulación debe producir la presión de aceite hidráulico suficiente para controlar el balde, incluso cuando el motor de la máquina funciona a bajo régimen. Igualmente, cuando se produce la excavación y carga, y el motor se encuentra a régimen máximo, debe existir un exceso en la capacidad del circuito de la articulación para aumentar la del circuito de carga. Esta parte del equipo juega una parte importante en su función principal de diseño.

Se estima que entre 10% y 20% de los costos de manutención de los cargadores frontales corresponde a los neumáticos, por lo que éstos representan uno de los

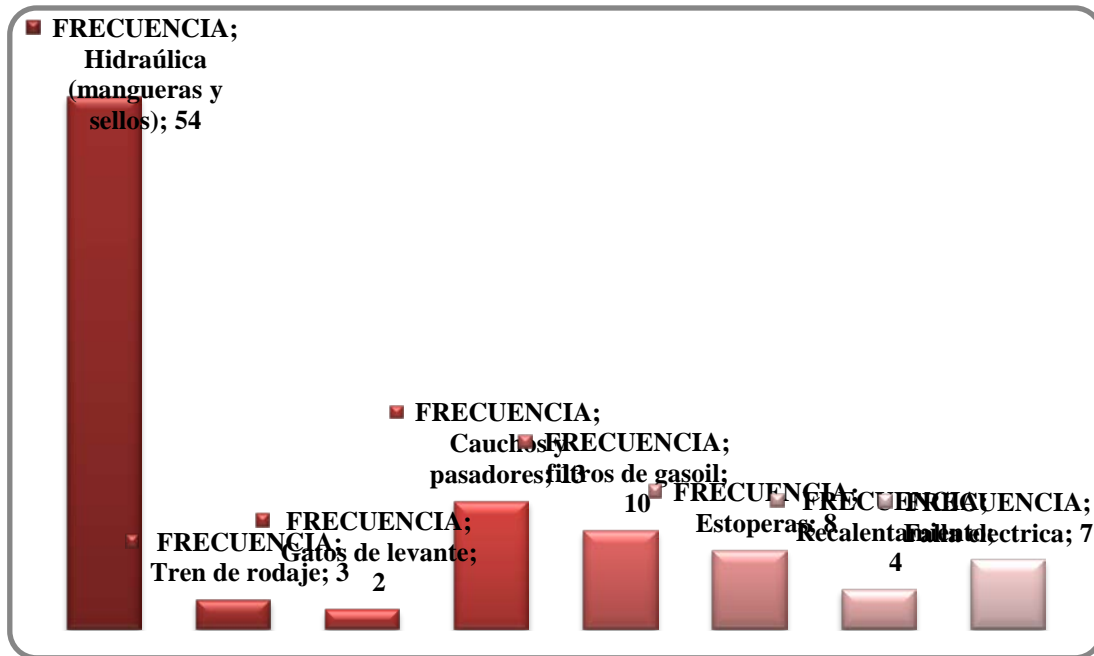
factores clave a considerar en una buena operación de estos equipos, por ello es importante mantener buenas condiciones el terreno, verificar que las válvulas estén bien colocadas, usar la presión recomendada para el tipo de carga que será transportada, entre otros factores. Tomando en consideración que el precio de un caucho nuevo oscila entre 5000 y 8000 bs.

La transmisión eléctrica está constituida por los siguientes elementos:

- Motor que gira a velocidad constante, acoplado a un generador de corriente alterna y a una caja reductora a la que van conectadas las bombas del circuito hidráulico de elevación y dirección.
- Rectificador de corriente.
- Motores de tracción de corriente continua en cada rueda.
- Sopladores de refrigeración de motores, circuito hidráulico, generador, filtros de aire, frenos, entre otros.
- Ejes planetarios en cada rueda.
- Frenos de disco accionados neumáticamente.

Por estas razones es necesario conocer cada uno de los componentes para ser más efectivos al implementar planes de mantenimiento que eviten paradas innecesarias y que permitan aprovechar al máximo las bondades de diseño de estas máquinas.

Gráfico 10 Frecuencia de fallas presentes en cargadores frontales



3.5.5.- Análisis de falla de tractores de orugas

Los tractores son máquinas de empuje se utilizan para el movimiento de tierras, excavaciones de zanjas, escarificación de suelos, limpieza de frentes de explotación, alivio de escombreras, actividades de deforestación, entre otras. Aunque la cuchilla permite un movimiento vertical de elevación, con esta máquina no es posible cargar materiales sobre camiones o tolvas, por lo que el movimiento de tierras lo realiza por empuje.

Para este equipo se encontró un total de 4 fallas: manqueras y cuchillas, tren de rodaje, tornillos y calentadores tal y como se muestra en la tabla 29. Los tractores y palas de cadenas así como las excavadoras de cadenas tienen en común el tren de rodaje, pero en el caso de los dos primeros este componente supone un costo muy elevado en el total por hora de la máquina, mientras que en el caso de las excavadoras de cadenas aun suponiendo también un costo, este es mucho menor dadas las características de funcionamiento de cada una de las maquinas (y también a la clase de trabajo a la que son sometidos).

Tabla N° 29 Fallas encontradas en tractores

FALLA	AÑO	HRS/DÍA	FREC	DISP DE REP	HRS DE MTTO	OPER	REP	INOPERATIVO
Mangueras y cuchillas	1962	7/8	4	Si	semanal/cada 25 d/cada 2 d	X		
Tren de rodaje	1978/74/77/96	8	8	si/no	250/semanal	X	tren de rodaje y bastidores/ruptura del chasis/cámara del motor	Motor
Tornillos		10	1	Si	250	X		
Calentadores		8	1	Si	semanal	X		

Nuevamente se halló un equipo inoperativo por motor lo que verifica que la hipótesis planteada anteriormente puede tener sentido en este tipo de falla.

De los 14 equipos 8 están operativos, 5 en reparación y 1 inoperativo. Los equipos que se encuentran en reparación su falla más frecuente es el tren de rodaje, esto se puede ser debido a la alta frecuencia de traslados largos (más de una hora) que generan desgaste.

En el gráfico 8 se puede observar que la falla más frecuente es debido al tren de rodaje: 8 (57,14%); seguido de mangueras y cuchillas: 4 (28,57%) y tornillos y calentadores: 1 (7,14).

Los trenes de rodaje pueden fallar debido a tres factores:

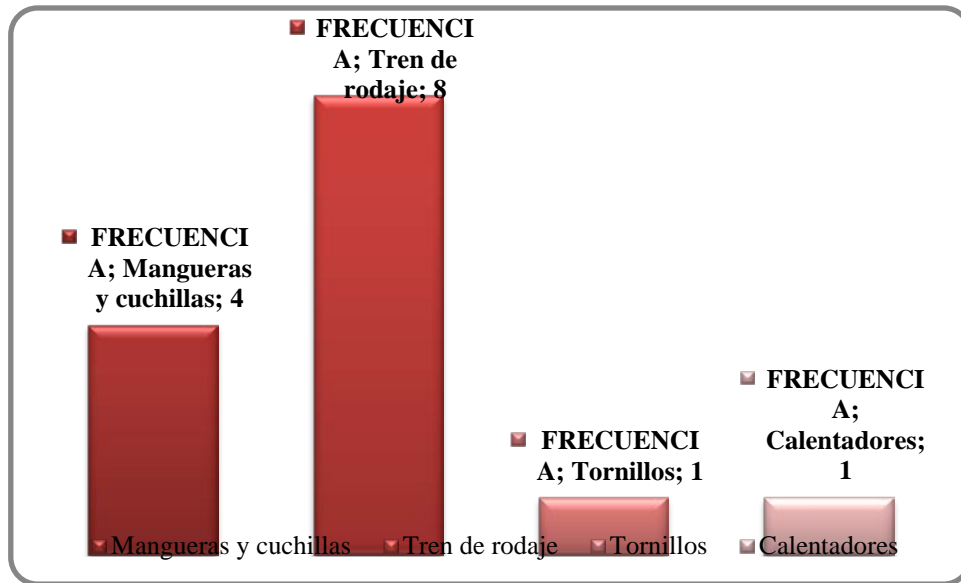
- Factores no controlados: son aquellos en los que no tenemos ninguna influencia durante el trabajo y que pueden mantenerse constantes o variar según se vaya avanzando la obra, algunos de estos los siguientes: Impacto del material en las cadenas que depende del estado del terreno y la fragmentación del mismo. Humedad del terreno que varía en función del lugar en que se trabaja. Abrasión de las partículas, depende del tipo de material en que se esté trabajando, existe una gran diferencia entre unos y otros. Y por último la Compactación del terreno, si es material suelto, voladuras, entre otras.
- Factores derivados de la forma de trabajo de la máquina: Son generalmente los factores derivados de la forma que tiene el operador de trabajar con la máquina,

como tales son factores que en teoría se pueden controlar, pero en la práctica es muy difícil que un operador que lleva años con unas costumbres de trabajo adquiridas las pueda cambiar. Son acciones y actividades inconscientes que se suelen repetir en los ciclos de trabajo y pueden ser:

- Velocidad inadecuada en los ciclos de trabajo. Es importante no trabajar demasiado rápido con estas maquinas de rodajes sobre oruga pues el exceso de velocidad aumenta de forma considerable el desgaste en los rodillos y engranajes, además que los traslados largos calientan el metal que contribuye a aumentar el desgaste.
- Tendencia a girar siempre hacia un solo lado. Sobrecarga una de las cadenas y hace que el desgaste de uno de los lados sea distinto del otro con lo que a la hora de sustituir el rodaje, una de las cadenas no se habrá aprovechado en toda su extensión.
- Trabajar en marcha atrás de forma innecesaria. Se debe trabajar en marcha atrás lo mínimo imprescindible, en tractores de ruedas es mayor el porcentaje de desgaste si se produce en marcha atrás.
- Patinaje de las cadenas durante el ciclo de trabajo. Es algo obvio que si una cadena patina, se gasta contra el suelo sin producir ningún trabajo. Solo produce calentamiento en el tren de rodaje, pero no hay movimiento.
- Factores controlables: son aquellos que pueden controlar más fácilmente durante el trabajo de la máquina. Los más importantes son el ajuste correcto de la tensión de las cadenas y acumulación de material en las cadenas. Durante los ciclos de trabajo se va quedando material suelto en las cadenas lo que impide el correcto funcionamiento de los rodillos, ruedas guías, entre otros. Tan pronto como sea posible se debe limpiar la acumulación del material. Esta limpieza periódica es también parte del mantenimiento.

Como no conocemos las causas por la cual se dañaron estos equipos todos estos factores son de suma importancia para su cuidado y mantenimiento, aplicable también para cualquier equipo de oruga.

Gráfico 11 frecuencia de fallas presentes en los tractores



3.5.6.- Análisis de falla de los camiones articulados

Durante la realización de esta investigación encontramos que la mayoría de las empresas tienen camiones articulados, y que este se ha convertido en una decisión popular entre los contratistas. Debido a que proporciona una fácil maniobrabilidad y que los marcos del frente y traseros son separados rápidamente por un enganche oscilante, una característica que mantiene a las ruedas sobre la tierra y reduce al mínimo la tensión en el marco del camión. También, el camión articulado tiene costos más bajos atribuidos a la construcción y a la operación, además de alcanzar una velocidad superior a los equipos que hemos visto hasta ahora.

En estos equipos (tabla 30) se observa que ninguna de estas máquinas se encuentra inoperativas o desincorporadas, lo que permite deducir que en la mayoría de los casos tienen disponibilidad de repuestos y de mano de obra especializada. Los mantenimientos varían de acuerdo a las necesidades de cada empresa, por ejemplo si la falla más frecuente es cauchos su mantenimiento debería hacerse diario para comprobar si están bien inflados: (a) Tienen la presión de inflado convenida o pierden aire, (b) están igualados y a la misma presión los neumáticos gemelos, (c) si tienen

cortes, bultos, irregularidades o están excesivamente desgastados, (d) el estado de los amortiguadores y verificar que se encuentren en buen estado. Son equipos relativamente nuevos, sus horas de uso van entre 7 y 10 horas al día.

Los motivos por lo estos equipo se encuentran en reparación coinciden con la falla más frecuente esto indica que las empresas conocen las fallas por lo tanto no tienen un plan de mantenimiento preventivo.

Tabla N° 30 Fallas encontradas en camiones articulados

FALLA	AÑO	USO	FREC	DISPONIBILIDAD DE REPUESTOS	HRS DE MTTTO	OPERATIVOS	REPARACIÓN
Frenos y sensores	2004	7	2	Si	semanal	X	Caja
Cauchos	2007/06/1992/95/90/82	10	19	Si	5000/16/diaria	X	protector del caucho/motor/sistema hidráulico
Sistema hidráulico	1990/2005	7	5	Si	diario/semanal	X	bomba hidráulica
Inyección	2005	8	1	No	500	X	falla de inyección
Ruptura del motor		8	6	Si	500	X	bomba hidráulica
Caja y dirección	1986/95	8	3	Si	120	x	
Trasmisión	2006	8	4		diario		Transmisión
Suspensión	2007/06	8	4	Si	250	X	rolineras y sellos
Electrónica	2007	8	2	Si	250	X	Amortiguador

El gráfico 9 muestra que la falla más frecuentes en estos equipos son los cauchos: 19 (41,3%), como se dijo anteriormente su costo es considerable, es por ello que el mantenimiento debe ser riguroso. Su entorno exige una alta fiabilidad y un número mínimo de paradas. Las soluciones para esta aplicación, deben contribuir a incrementar la vida útil y a evitar las paradas inesperadas. Debido a ello, el rendimiento depende del sistema de rodamiento.

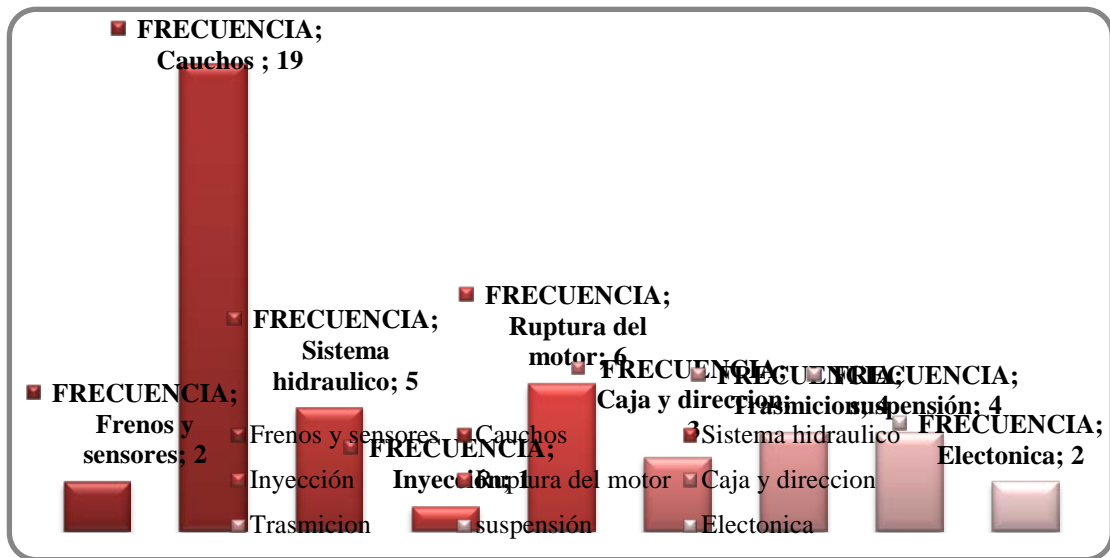
Otros tipos de falla son ruptura del motor: 6 (13,04%), sistema hidráulico: 5 (10,87%) y transmisión y suspensión: 4 (8,69%)

El camión utiliza motores diesel turboalimentados y transmisión mecánica. El motor se acopla con la caja de cambios (generalmente manual) por medio del embrague. Se completa con:

- La bomba del circuito hidráulico.
- El árbol de transmisión.
- El eje.
- El grupo diferencial.

El circuito hidráulico principal acciona la dirección y los cilindros de elevación de la caja.

Gráfico 12 Frecuencia de fallas presentes en camiones articulados



3.5.7.- Análisis de falla de los camiones roqueros

Están destinados para trabajos en operaciones unitarias de acarreo en minas, construcción y canteras. Tienen un tren de fuerza mecánico. Los camiones de mando mecánico sobrecargan el motor cuando están bajo carga en vez de hacerlo funcionar de forma continua a la potencia máxima. Esto hace que el tren de fuerza mecánico sea más eficiente y productivo en una amplia gama de condiciones. Estos camiones están adaptados en número de pases a los cargadores de ruedas para conseguir tiempos de ciclo más rápidos y aumentar al máximo la productividad.

A diferencia de los camiones articulados estos son de gran tonelaje y capacidad de carga y no están concebidos para circular por carretera.

La tabla 31 nos muestra las fallas más frecuentes tomando en consideración observando que son muy parecidas a los camiones articulados entre las que se encuentran de tipo mecánica, cauchos, mangueras, transmisión, hidráulica y de suspensión a diferencia de los otros aquí encontramos equipos inoperativos y desincorporados de nuevo, por fallas de motor y desgaste en general, es importante recordar que estos equipos son comprados usados y en algunos casos son máquinas bastante viejas, su eficiencia está comprometida y su vida útil en horas operativas es considerable, lo que hace que el mantenimiento tenga que ser diferente al de una máquina nueva. Si tomamos en consideración las fallas de desgaste las cuales se caracteriza por una tasa de errores rápidamente creciente producidas por desgaste natural del equipo debido al transcurso del tiempo (curva de la bañera).

Los equipos que fallan por mecánica van desde los años 1950 hasta el 1979 y observamos que el mantenimiento se realiza cada 250 horas, muchas veces el personal encargado de realizar estas tareas se rige por los catálogos de fabricación hasta cierto punto y son muy pocas las empresas que llevan el control en cuando a la disponibilidad física, uso de la disponibilidad y utilización efectiva (parámetros importantes para la planificación del mantenimiento).

Se observan reportes de equipos que están siendo reparados por mala rutina de mantenimiento y por volcamiento. Esta falla es por causas humanas donde muchas veces lo importante es cumplir con la producción sin importar el equipo.

Tabla N° 31 Fallas encontradas en camiones roqueros

FALLA	AÑO	HRS/DÍA	FREC	DISP DE REP	HRS DE MTO	OPER	REP	INOP	DESINCORP
Mecánica	1965/60/79/50	9	11	Si	250		caja de cambios		desgaste general
Cauchos	1971/70/94/2002	8	19	si/algunos	semanal/160	X	motor/gato de volteo/convertidor/computadora		
Mangueras	1986/70/72/94	8	22	si/no/algunos	160	X	motor/gato de volteo/convertidor/caja de velocidades	motor	
Transmisión	2004/1993	10	3	Si	16	X	válvulas de freno y radiador	motor y transmisión	
Hidráulica	2007	8	4	Si	8h/mes	X	sistema hidráulico		
Suspensión	2009/05	9	5	Si	250	x	gato de suspensión y rutina de mantenimiento que quedo mal hecha		
Crucetas y correas	1991/70	10	4	Si	5000 km/10 h mes	X			
Motor		7	5	No			motor	motor	
Frenos	1994/80	8	6	Si	250	X	volcamiento		

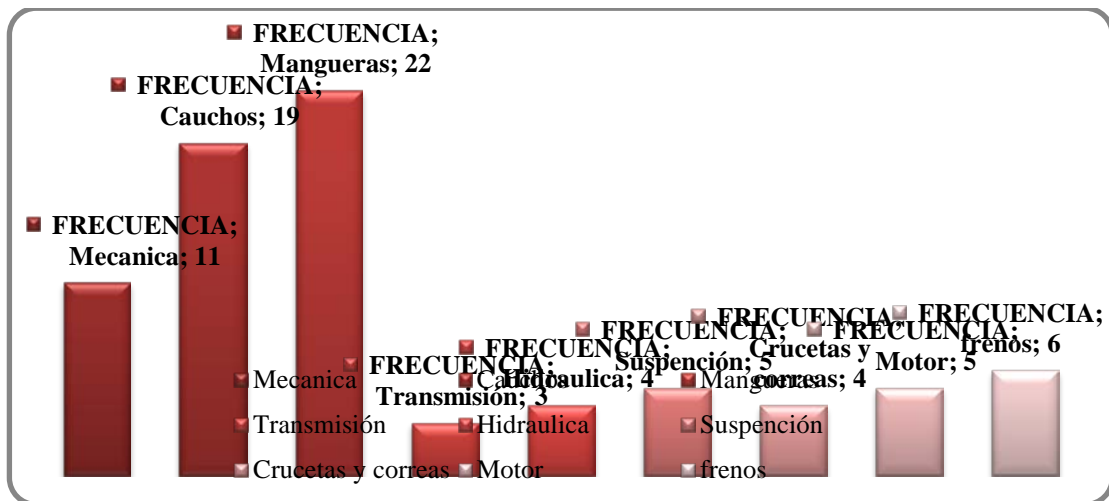
Existen dos tipos de transmisión utilizadas por este tipo de vehículos: mecánica y eléctrica, Los frenos pueden ser de: disco, tambor, discos múltiples en baño de aceite. En los roqueros suelen montar retardadores hidráulicos situados entre el convertidor y la caja de cambios (en unas marcas) o utilizando los frenos traseros como frenos de

acción prolongada (en otras). Los frenos están protegidos del exterior al estar alojados en una carcasa cilíndrica.

Aunque varían según las marcas y modelos, lo más adecuado es la existencia de dos circuitos hidráulicos. El circuito principal, es el que acciona la transmisión, los frenos y el basculante. Un segundo circuito es exclusivo para la dirección.

En la gráfica 10 se observa que las fallas más frecuente son: mangueras: 22 (27,85%); seguida de cauchos: 19 (24,05%); mecánicas: 11 (13,92%); frenos: 6 (7,59%); motor: 5 (6,33%); crucetas e hidráulicas: 4 (5,06%) y transmisión: 3 (3,79%).

Gráfico 13 Frecuencia de fallas presentes en los camiones roqueros



3.6.- Análisis de fallas por operaciones unitarias

Para el análisis de cada una de las operaciones de arranque, carga y acarreo se utilizará la técnica de causa y efecto (espina de pescado), ésta nos permite apreciar con claridad las relaciones entre las fallas o averías y las posibles causas que pueden estar contribuyendo para que ocurran.

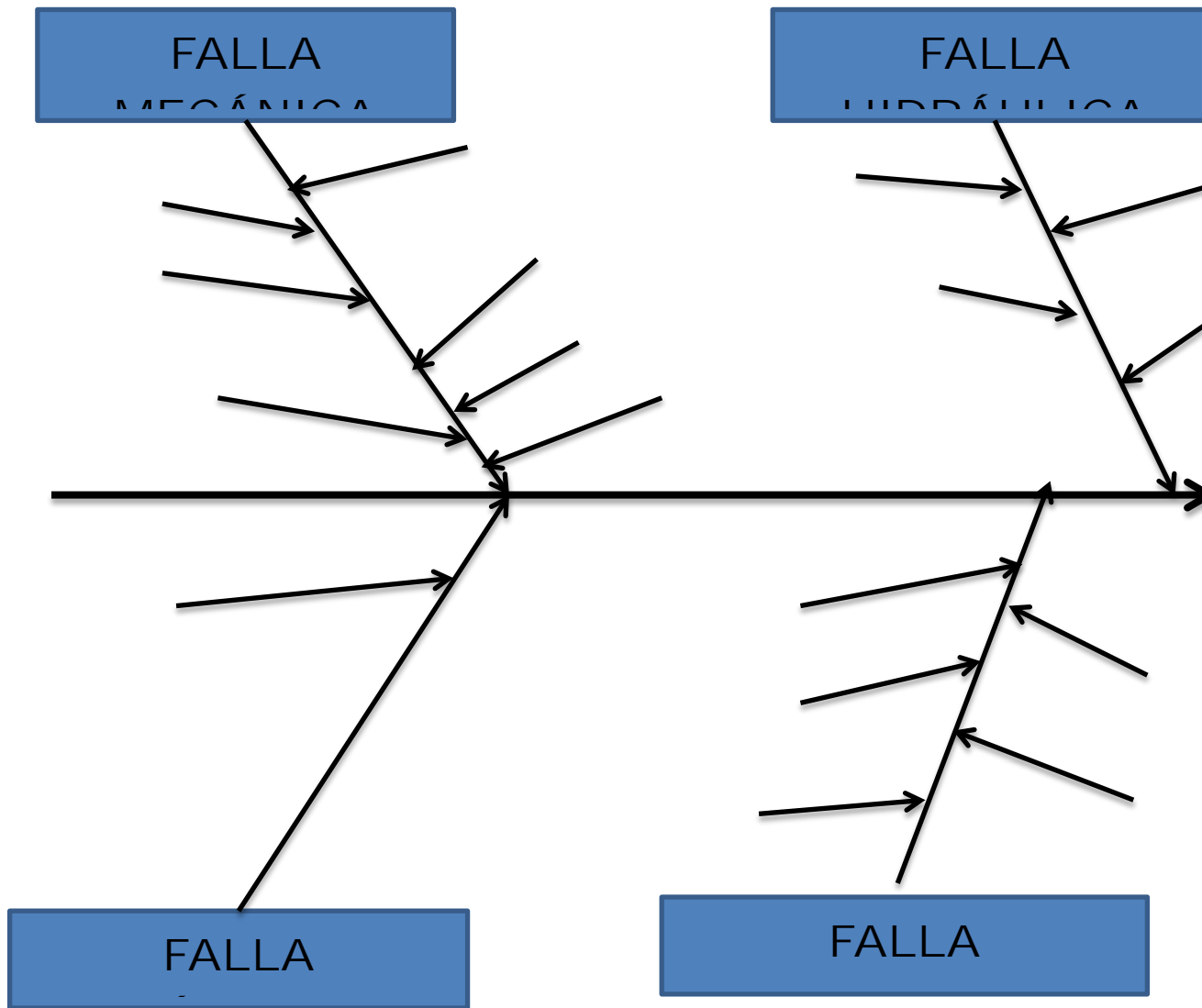
Debido a la gran cantidad de fallas presentadas por cada uno de estos equipos es necesario realizar un mantenimiento que permita la detención de las averías antes de que estas ocurran, con la finalidad de que se puedan tomar todas las medidas

pertinentes para que se puedan corregir en el menor tiempo posible y así poder aumentar la disponibilidad de los mismos, expresándose en los siguientes diagramas de espina de pescado.

3.6.1- Análisis de falla de los equipos de arranque

El gráfico 14 nos muestra que las fallas más frecuentes son de tipo mecánica y estructural. Recordando que los equipos que se encargan de esta operación son las dragalinas, tractores, excavadoras y cargadores frontales.

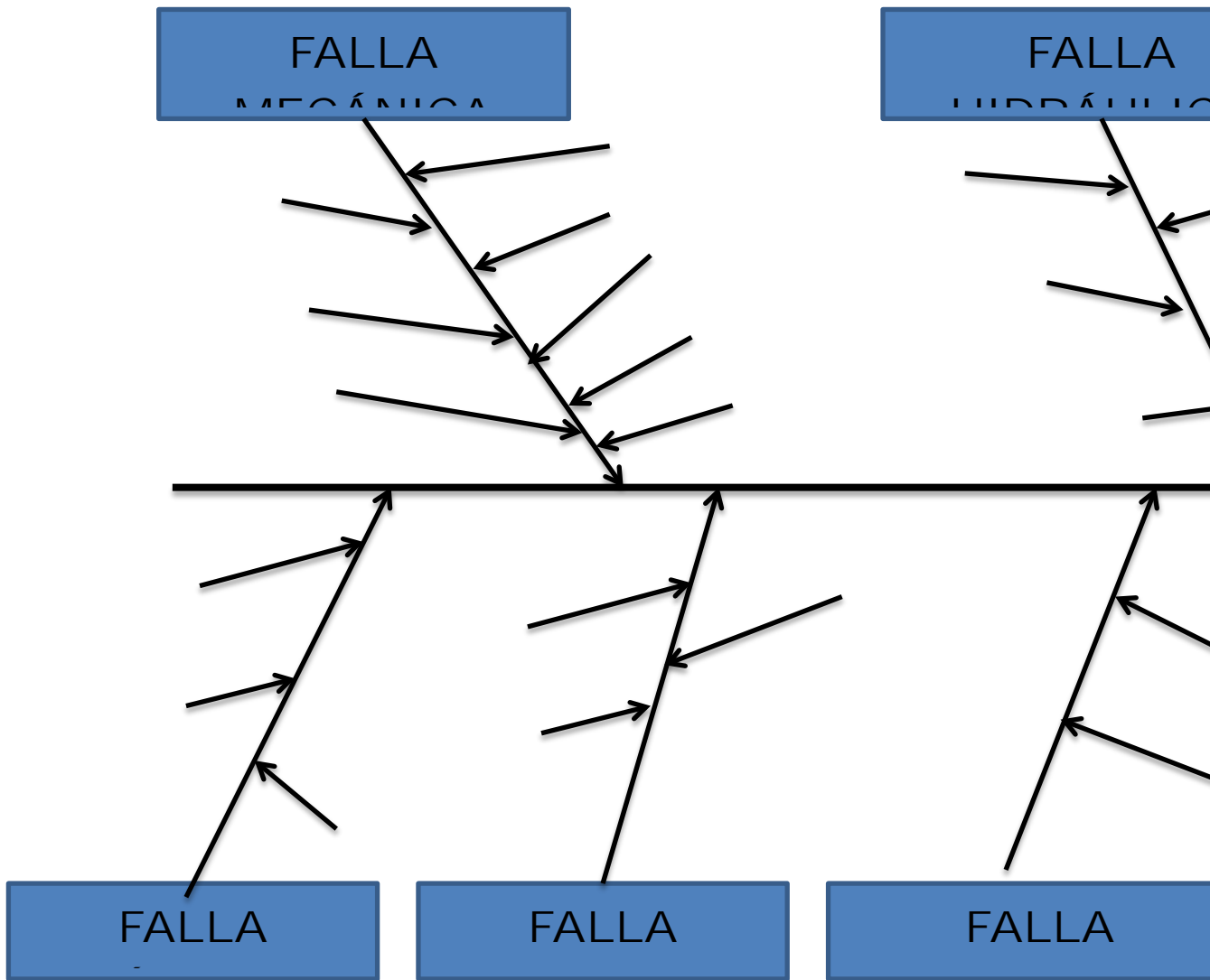
Gráfico 14 Diagrama de Espina de Pescado de las fallas de los equipos de arranque



3.6.2.- Análisis de falla de los equipos de carga

La falla más común que presentaron los equipos de carga se muestran el gráfico 15, donde se observa que el mayor problema en estos equipos viene dado por fallas mecánicas e hidráulicas.

Gráfico 15 Diagrama de Espina de Pescado de las fallas de los equipos de carga

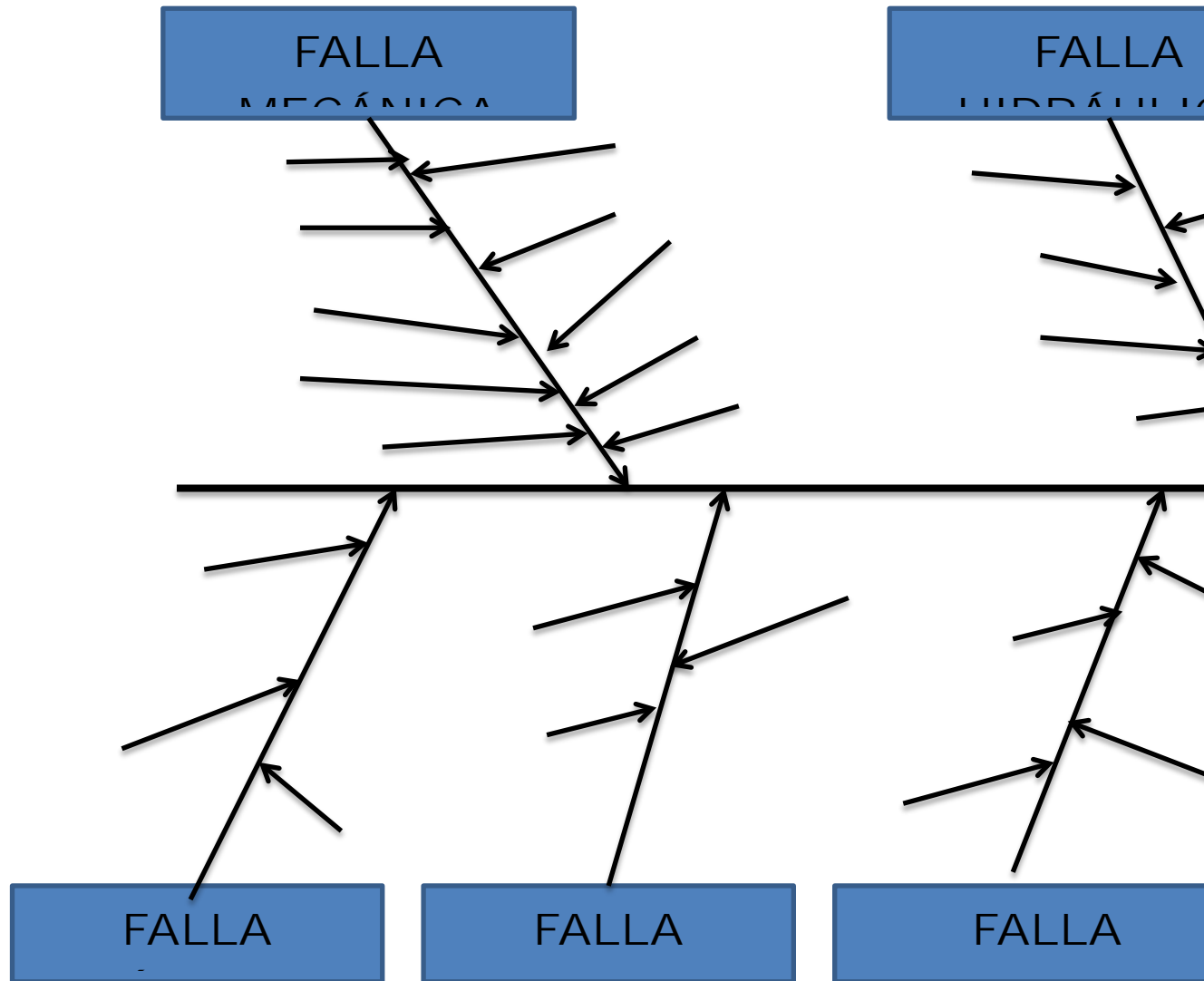


Fuente: elaboración propia

3.6.3.- Análisis de falla de los equipos de acarreo

La falla más usual en estas máquinas es de tipo mecánica e hidráulica Grafico 16

Gráfico 16 Diagrama de Espina de Pescado de las fallas de los equipos de acarreo



Fuente: elaboración propia

3.7.- Análisis de falla para los equipos de beneficio de mineral

La selección de los materiales y los procesos usados en la fabricación son partes que integran el diseño de cualquier pieza de las máquinas. La rigidez y la resistencia son factores clave que siempre se consideran en la selección del material. Igualmente importante es la confiabilidad relativa y la durabilidad de la pieza cuando se

consideran alternativas posibles con respecto al material. También son importantes el costo y la disponibilidad.

La mayoría de las partes estructurales y de la maquinaria llegan al fin de su vida útil tanto por fatiga, desgaste, así como deterioro de la superficie.

En esta investigación se encontraron un total de 46 equipos de beneficio de mineral distribuidos como se ve en la tabla 32

Tabla N° 32 Tipos de trituradoras en el área de estudio

TRITURADORAS	TOTAL	%
Mandíbula	11	23,91
Impacto	6	13,04
cono	10	21,78
otras	19	41,3

3.7.1.- Análisis de falla de la trituradora primaria tipo mandíbula.

La trituración ocurre entre una mandíbula fija y una mandíbula móvil. Los forros de la mandíbula móvil están montados en una biela con movimiento oscilante y deben reemplazarse regularmente debido al desgaste

Es importante resaltar que afectos prácticos, lo que define la capacidad de una trituradora para actuar como primaria son dos parámetros: la dimensión máxima del producto llegado de cantera y el contenido de sílice de la piedra a tratar.

Así, por ejemplo, no deben utilizarse trituradoras de percusión ni molinos de martillos con rocas de contenido de sílice alto, pues los gastos de operación serían muy elevados.

Estas mandíbulas están diseñadas de tal manera que su capacidad y resistencia sean de alta efectividad. Las mordazas son hechas de magnesio, tiene ajuste hidráulico, cojinetes esféricos auto ajustables y lubricación forzada.

La tabla 33 muestra las características más resaltantes recabadas en cada una de las empresas. Es importante destacar que este tipo de trituradora la encontramos tanto en canteras como areneras.

La capacidad de alimentación en muchos casos está muy por debajo de la capacidad instalada del equipo debido a varias razones: los equipos encargados de las operaciones básicas no estén produciendo lo suficiente, no cuenten con material disponibles en patios de almacenamiento, el equipo este fallando, el motor no es el indicado o el equipo está por encima de la capacidad de producción de la empresa.

Tabla N° 33 Fallas de las trituradora tipo mandíbula

CAP INST	CAP ALIMENT	TIPO DE FORRO	ESTADO DEL FORRO	DIMENSIONES	HRS DE MTO	FALLA MÁS FRECUENTE
	200 m ³	Mg	bueno	20*36"	1 h/d	cadena y mangueras
120 m ³	120 m ³	Mg	bueno	60*90"	1 h/d	desgaste de los forros
1500	800	Mg	bueno	36*42"/42+48"/36*42"		rodamiento y soldadura
150 m ³	45m ³	Mg	bueno	46*48"	2 h/d	Ninguna
	50 m ³	Mg	bueno	36*40"	2 h/semanales	rodamiento y desgaste de los forros
250 ton/h	250 ton/h	Mg	regular	0.9*1.6"	16 h/mes	correa del motor y atascamiento
350 ton/h	109 ton/h	Cr-Mo	bueno	50*40"	80 h/mes	desgaste de los laterales y ajuste del libro
200 m ³ /h		Mg	Cambiarlo	3*2 m	8 h/mes	Rolineras
100 m ³ /h		Mg	bueno	1270*1700 mm	24 h/mes	Correas
300 ton/h	91 ton/h	Cr-Mo	bueno	40*42"	25 h/mes	correa de transmisión y soldadura
		Mg	bueno	42*60"	diario 1 h	forros y rolineras

Las mandíbulas están hechas de acero fundido y están recubiertos por placas (forros) reemplazables de acero al manganeso principalmente sin embargo se consiguen en el mercado alecciones con muy buenas propiedades anti desgaste que también pueden usarse. Lo forros se fijan a las mandíbulas a través de pernos y la superficie de estos puede ser lisa, corrugada o acanalada longitudinalmente, este último es bastante utilizado para tratar materiales duros. Las otras paredes internas de la cámara de trituración también pueden estar revestidas de forros de acero al manganeso, para evitar el desgaste de estas partes. Las dimensiones varían de acuerdo a las necesidades de producción y espacio físico de cada empresa.

Como resultado de la investigación se puede observar que el mantenimiento lo realizan en gran porcentaje mensualmente, otras empresas indican que es pertinente realizarlo diariamente o semanalmente lo mas recomendado es para garantizar el funcionamiento normal de la trituradora de mandíbula, a pesar del manejo correcto, es indispensable el mantenimiento planificado, incluyendo la inspección ordinaria, mantenimiento pequeño, lo medio y lo grande.

En el mantenimiento pequeño lo principal es inspeccionar y reparar el dispositivo de ajuste, ajustar la holgura de la entrada de materiales, cambiar el extremo del forro desgastado o sustituirlo. Inspeccionan la transmisión, el sistema de lubricación y cambiar la grasa entre otros. El mantenimiento pequeño se realiza entre 1-3 meses.

En el mantenimiento medio a pesar de todos los mencionados en el mantenimiento pequeño, también se incluye cambiar la placa de empujón y el forro, inspeccionar y reparar la camisa de eje entre otros. El mantenimiento medio se realiza entre 1-2 años.

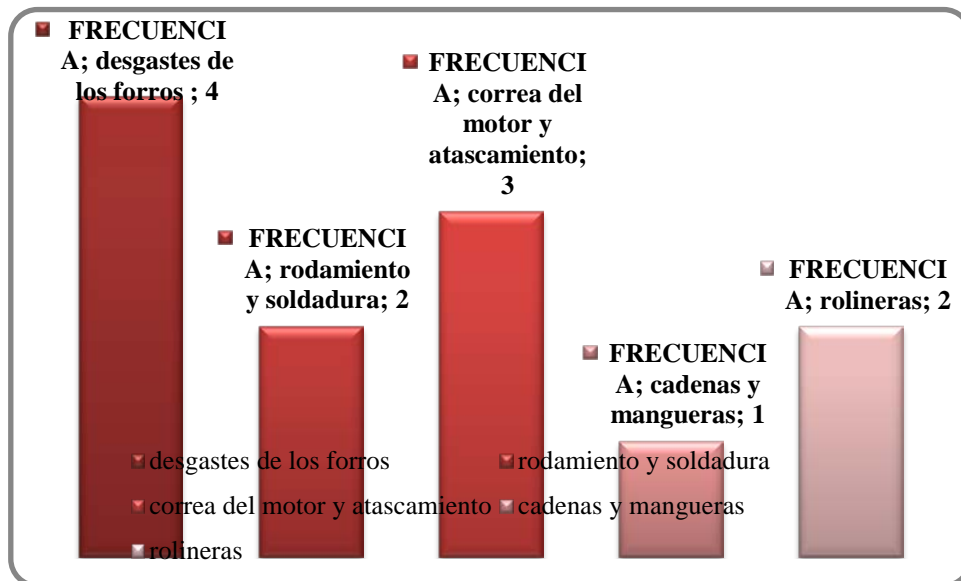
Mientras que en el mantenimiento grande a pesar de todos los mencionados en el mantenimiento medio, también se incluye cambiar el eje excéntrico y el eje de

mandíbula móvil, fundir la aleación en el superior de la biela, cambiar o reparar las piezas desgastadas. El mantenimiento grande se realiza generalmente cada 5 años.

Para mayor seguridad, se elige un motor con 10-15 % de aumento de potencia, para salvar las irregularidades posibles en la magnitud de la alimentación.

La falla más frecuente es desgastes de los forros: 4 (33,33%); correa del motor: 3 (25%); rodamiento y soldadura: 2 (16,66%) y cadenas y mangueras: 1 (8,33%). (Gráfico 11).

Gráfico 17 Frecuencia de fallas presentes en las trituradoras de mandíbula



3.7.2.- Análisis de falla de la trituradora primaria tipo impacto.

Las trituradoras de impacto que encontramos durante la realización de este trabajo fueron 6, de los cuales 3 son usadas como trituración primaria y 3 como secundaria. Independientemente del uso el problema fundamental con este tipo de maquina son los martillos, podemos observar en la tabla 34 que la falla más común está asociada a estos, si trabaja durante mucho tiempo el desgaste es inevitable y produce pérdidas de la capacidad normal de trabajo, de modo que el mantenimiento planificado y revisión

constante, es lo que permite prolongar significativamente la vida útil de los martillos y reducir la tasa de inoperatividad de la trituradora (anexos 2).

Es necesario conocer el valor de desgaste admisible y la intensidad de desgaste de cada uno de los componentes, para así poder determinar un intervalo de tiempo para su reposición. Por ejemplo en una de estas empresas encontraron que los martillos debían ser cambiados cada 40 horas, pero existe otro factor a considerar: el económico como en este caso que son muy costosos conseguirlos y como consecuencia la planta puede tener paradas como la que sufría al momento de aplicar el instrumento.

La capacidad y la finura del producto triturado se resienten notablemente al desgastarse los martillos, así mismo el desgaste de los barrotes puede dar origen a una proporción inadmisibles de trozos de tamaño excesivo. Por ello ambos elementos deben de sustituirse o repararse cuando el desgaste sea excesivo. En el caso de los martillos se suele hacer cuando el desgaste es mayor del 10 % del peso inicial. Los barrotes del emparrillado suelen durar al menos tanto tiempo como los martillos y, a veces, el doble según el personal de mantenimiento.

Tabla N° 34 Fallas de las trituradora tipo impacto

ESTADO DE LOS MARTILLOS	MOTOR (HP)	HRS DE MTTO	SE HAN REEMPLAZADO	OBSERVACIONES
Bueno	100	2 h/semana	No	
Bueno	150	2 h/semana	si cada 3 meses	la falla más frecuente es desgastes de los martillo
Regular	250	16 h/mes	Si	
Bueno	315	16 h/mes	No	se encuentra parada
Bueno	140	1 h/d	Si	los martillos son 4 y duran 40 h en estos momentos se encuentra parada porque los martillos son fabricados en Italia y sale muy

				costoso
Bueno	375	18 h/mes	Si	recién cambiados

3.7.3.- Análisis de falla de la trituradora secundaria tipo cono

La trituradora tipo cono consta de un conjunto de piezas que permiten la trituración de material a través de un movimiento excéntrico de una pieza de acero llamada manto, instalada en el interior de la misma. Este tipo de equipo es utilizado para reducir el tamaño de la grava al diámetro que se desea obtener que normalmente sea de $\frac{3}{4}$ y $\frac{1}{2}$ pulgada, dependiendo de lo que los clientes necesiten. Sandoval (2008).

La limpieza interna del ensamble superior: debido a que en estas empresas no existe un sistema de eliminación de impurezas o contaminantes (trozos de lámina, bolsas plásticas, ramas y raíces), toda estas llegan hasta la trituradora secundaria y logran pasar por el cono produciendo así obstrucciones en el interior del cuerpo. Ésta es un tipo de limpieza que debe realizarse a diario después del período de trabajo regular y de producción.

De la tabla 35 se observa que en todos los casos el sistema hidráulico se encuentra en buen estado, las fallas más frecuentes se encuentran en el atascamiento, lubricación y motor. El motor por lo general va desde 125 hasta 200 HP, las dimensiones varían de acuerdo a las necesidades de cada empresa.

Tabla N° 35 Fallas de las trituradora tipo cono

MOTOR (HP)	DIMENSIONES	HRS DE MTTO	ESTADO DEL SISTEMA HIDRÁULICO	FALLA MÁS FRECUENTE	TIEMPO DE ADQUISICIÓN
200	45"	cada 100	Bueno	atascamiento	3 años
200	4"	8 h/semanal	Bueno	pérdida del hidráulico	10 años
200	4 1/4"	Diario	Bueno	bomba de lubricación	1 mes
150	4"		Bueno	atascamiento y motor	
1700		cada 300 h	Bueno	lubricación	5 años

200/150	5"/4 1/4"	2 h/d	Bueno	Motores	30 años
125		cada 250 h	Bueno	bocinas de piñón de ataque	
200/250	4 1/4"	15 h/mes	Bueno	desgaste del reloj de arena	
150	36"	8 h/mes	Bueno	Correas	
150	36"	15 h/mes	Bueno	mantenimiento preventivo	40 años

Los atascos en la trituradora o en algún punto del circuito se eliminan con medios mecánicos o actuando sobre los parámetros de la alimentación y extrayendo el material retenido por el detector de metales.

Hay varios puntos de la trituradora que trabajan con aceite y pueden presentar pérdida si se produce alguna falla de sellado o el ajuste inadecuado de algunos componentes. Es por ello que se debe evitar que la trituradora funcione por períodos prolongados sin material, pues en esas condiciones el cabezal gira a mayor velocidad y la fuerza centrífuga arroja el aceite hidráulico contra el bastidor interno de la máquina y puede causar daños al motor.

3.7.4.- Análisis de falla de equipos complementarios de beneficio mineral.

De las 29 empresas visitadas 19 (65%) instalaron su propio sistema de beneficio de mineral, de los cuales 3 son de fabricación “casera”, dándoles sus propios nombres como planta de lavado (1), cernidoras (6), zarandas (2), lavadora (1), clasificadora (2), gira disco (1), alimentadora (1), entre otros, se encontraron (2) hidrociclones. Generalmente estas están compuestas por: un alimentador, cribas y bandas transportadoras, en disposición que puede ser de circuito cerrado o abierto.

La tabla 36 arroja los datos recabados con respecto a estos equipos, observando que las capacidades varían de acuerdo a la producción de cada una de estas empresas, lo que es lógico porque los equipos auxiliares son los que permiten el transporte, almacenamiento y clasificación del mineral.

Cabe destacar que el tiempo dedicado a labor de mantenimiento garantiza el desempeño de los equipos, en este estudio se encontró que las horas hombre dedicadas al mantenimiento por lo general se realizan diariamente, en algunos casos son semanales y en otros mensuales. Lo que trae como resultado que el estado general de estos equipos es bueno.

Por otro lado, las fallas más frecuente de estos equipos diseñados para distintas necesidades y de acuerdo al espacio físico disponible en las plantas son muy similares, lo que hace que se puedan analizar en conjunto.

Tabla N° 36 Fallas en equipos complementarios de beneficio mineral

CAP	MOTOR (HP)	HRS MTTO/DÍA	ESTADO DEL EQUIPO	FALLA MÁS FRECUENTE	TIEMPO DE ADQ	EQUIPO EQUIV
35 m ³	7	2	regular	Rodillos	32 años	planta de lavado
6 m ³	6	2 cada 8 días	bueno	correas, vibrador y motor	4 años	
15 ton/d	30	1 h/d	bueno	ida de luz	10 años	planta de asfalto
18 m ³	35/25/9/15/1 2	cada 8 días	bueno	Rolineras	15 años	Cernidora
100 m ³	60	Diario	bueno	cambio de sellos de la bomba y desgastes de las mallas	1 mes	Hidrociclón
4"			bueno	atascamiento y motor		
3 m ³			bueno	bomba hidráulica	5 años	Cernidora
5 m ³	Ford 3 cilindro	cada 2 días	bueno	tubos que se parten	40 años	Cernidora
	20		bueno		2 días	zaranda (se acaba de renovar la planta)
80 m ³ /h			bueno	Rodamiento	5 años	(5) Zarandas
	180	cada 4 meses	bueno	conchas y piezas de desgaste	25 años	Hidrociclón
4 m ³	24	1.5 h/d	bueno	no presenta	30 años	Cernidora
300 m ³	18/30/50	Diario	bueno	el motor se quema por fallas eléctricas	18 años	Lavadora

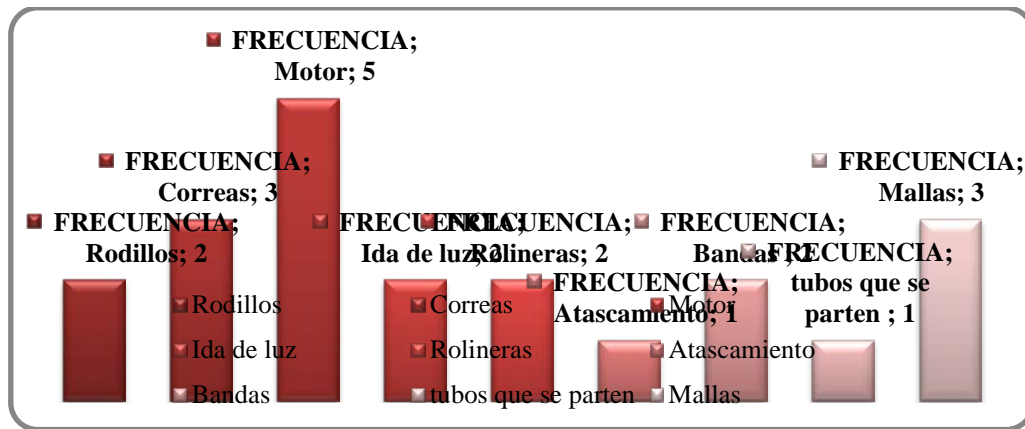
100 m ³ /h	5/18/22/24		bueno	los rodillos, bandas y mallas	1965/1977	Clasificadora
		10 h/semanal	bueno	recalentamiento	2 años	Clasificadora
5 m ³			bueno	Rodillos	2 años	Cernidora
300 m ³ 150 m ³		cada 48 h	bueno	correas, bandas transportadoras, mallas y tolva	3 años	Cernidora
	100	12 h/día	bueno	cambio del manganoso	21 años	gira disco
120 m ³	15	1 h/d	bueno	motor, rolineras y correas	25 años	alimentadora de arena amarilla

Del gráfico 12 se puede determinar que la falla más frecuente es por problemas con el motor: 5 (23,8%). Durante el levantamiento de información se encontró que ésta falla principalmente por recalentamiento (exceso de uso o acumulación de suciedad provoca un sobrecalentamiento), deficiencia en el suministro eléctrico externo (no poseen planta eléctrica), hace que éstos dejen de funcionar.

Las correas y mallas 3 (14,28%), esta última es la operación que separa el material triturado en distintos tamaños a través de mallas de acero conocidas como cribas, de acuerdo a las dimensiones de las aberturas instaladas y a las especificaciones programadas por el departamento de producción. Debido a que el material que se tritura en estas empresas es de extracción inmediata, muchas veces viene con porcentajes bajos de arena, arcillas y polvillo. Todos estos elementos unidos a la humedad que traen por ser extraídos en algunos casos directamente de los ríos, dan origen a formaciones de capas que terminan construyendo los orificios de las cribas, por consiguiente esta limpieza debería efectuarse a diario por medio de un chorro de agua a alta presión

Rodillos, rolineras y bandas: 2 (9,52%) la banda se rompe por desgaste, eso ocurre muy a menudo ya que a veces solo sustituyen la parte rota por otro trozo de alguna banda que se rompió con anterioridad (reciclaje y reúso).

Gráfico 18 Frecuencia de fallas presentes en los equipos de beneficio de mineral



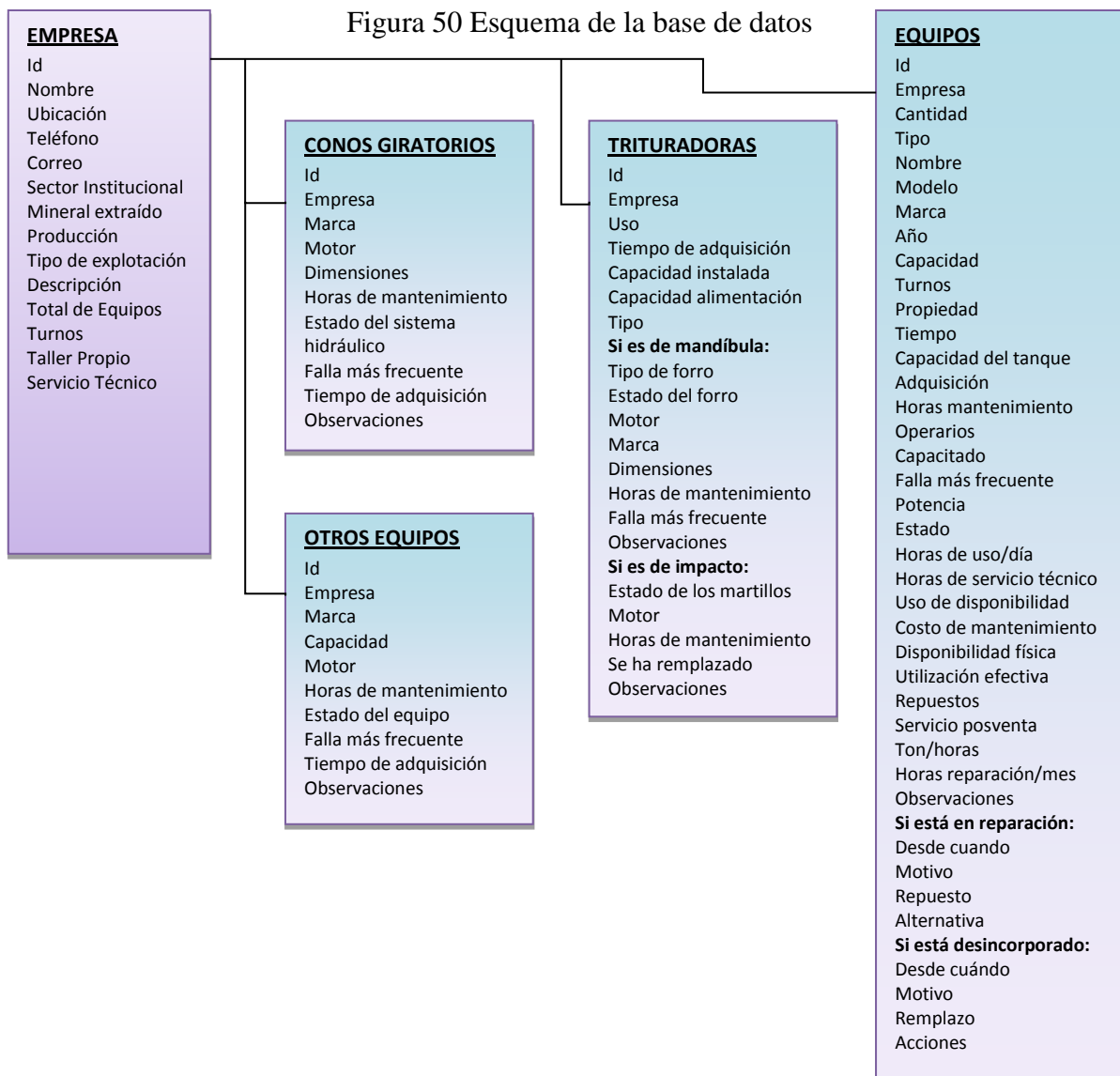
3.8.-Aplicación para el acopio de datos de CEMCA (Censo de Equipos Mineros a Cielo Abierto).

El Departamento de Minas de esta Universidad no cuenta con una base de datos donde los estudiantes tengan acceso a información referente a equipos mineros, es por esta razón que se consideró crear una base de datos con fines académicos, donde de una manera muy sencilla se pueda tener ingreso a estos datos.

La aplicación está compuesta básicamente por dos elementos: la base de datos y la aplicación propiamente dicha o programa.

La base de datos fue elaborada en Access 2003 debido a lo sencillo que resulta llevar a cabo tareas iniciales de bases de datos (creación y edición) y por su popularidad. Está compuesta por cinco tablas donde cada una contiene la totalidad de los datos recopilados de su categoría: Empresas, Equipos, Trituradoras, Conos giratorios y Otros Equipos. Las tablas Equipos, Trituradoras, Conos Giratorios y Otros Equipos están relacionadas con la tabla Empresas mediante un índice vinculante que, en ésta última tabla se llama Id y en las otras corresponde a un campo llamado también Empresa. Los campos que componen cada tabla y la vinculación de estas se muestran en la figura 50:

Figura 50 Esquema de la base de datos



Fuente: elaboración propia

Los datos recogidos fueron introducidos en la Base de datos en dos fases: la primera usando Excel 2003 donde la entrada se almacenaba en hojas de cálculo de esta aplicación. La segunda, directamente en tablas de Access 2003, habiendo previamente importado los datos de la fase anterior de las hojas de cálculo. Esta última operación es una operación directa, que implica sólo dos pasos sencillos, lo cual es una de las razones para escoger este software.

El programa fue elaborado en RAD Studio XE2 de la empresa Embarcadero, que utiliza como lenguaje de programación, Pascal bajo ambiente *Delphi*. Se escogió un motor de acceso a base de datos ADO (*ActiveX Data Object*) por su compatibilidad tanto con Delphi como con Access y por lo sencillo que resulta su programación cuando se trata de bases de datos de tamaño pequeño. La aplicación no es cliente-servidor: tanto el programa como el archivo de base de datos deben residir en el mismo equipo o en una red local.

La interfaz del programa consta de una pantalla principal que muestra las cinco tablas de la base datos, cada una en pestañas separadas y sin posibilidad de edición, como se muestra en la figura 51:

Figura 51 Pantalla principal de la aplicación

APLICACIÓN PARA CEMCA

Archivo Ver Editar Reporte Ayuda

Empresas Equipos Trituradoras Conos Giratorios Otros Equipos

ID	NOMBRE	UBICACIÓN	TÉLEFONO	CORREO	SECTOR INST.	MINERAL QUE SE EXTRAE
1	Arenera las Mercedes	Miranda	(0239)8083613	areneralasmrcedes@hotmail.com	público	granzón
2	Arenera la Trinidad	Miranda	(0234)4811888		privado	granzón
3	Inversiones Agrepa	Miranda	(0414)3030485	agrepa_yzla@hotmail.com	privado	material del rio Guaire
4	Cantera la Vega	Miranda	(0414)3076161	canlavega@gmail.com	privado	arena
5	Agregados Barlovia	Miranda	(0414)2410097		privado	granzón
6	Cemex de Venezuela	Miranda	(0234)8087018	gustavo.nieto@cementosdevenezuela.com	en transición	arena
7	Casalbeach	Miranda	(0414)2404592		privado	arena
8	Cantera las Marías	Miranda	(0414)2465494		privado	caliza - mármol
9	Inversiones Monte Claro	Miranda	(0414)3277474		privado	granzón
10	Movimiento de Tierra Tacita	Miranda	(0426)2177545		privado	arena amarilla
11	Materiales MGM Titi	Miranda			privado	arcilla
12	Arevenca Arenera Virgen de la Encarnación	Miranda	(0416)7181466	arevenca@maail.com	privado	granzón
13	Construcciones Yamaro	Miranda	(0416)6250004	yamaro1@cantv.net	privado	no extraen material lo compran a la
14	Cantera la Ceiba	Miranda	(0414)5766454	javier_d23@yahoo.com	privado	caliza
15	Arenera Greff XXI	Miranda	(0414)2831674	tarcisiososa2005@yahoo.com	privado	granzón
16	Inversiones Maitana	Miranda	(0414)3295052		privado	arena
17	Arenera o Toxo	Miranda	(0212)6720045	padronm1@hotmail.com	privado	arena
18	Arenera las 3 Potencias	Miranda	(0414)1726457		privado	arena
19	Inversiones Arena Tuy	Miranda	(0239)2258718		privado	arena
20	Fabrica Nacional de Cementos Cantera San Bernardo	Miranda	(0416)6078491	oscar.scola@fnc.com.ve	público	caliza
21	INVECEM Planta de Agregados Aponte	Miranda	(0234)8086397	nuris.duque@invecem.com	público	arena
22	Agregados el Conde	Miranda	(0239)2120088		privado	granzón
23	Agregados Marin Cua	Miranda	(0414)3322572		privado	granzón
24	Colinas de Alamar	Miranda			público	arcilla
25	Arenera Camurí Grande	Vargas	(0412)9606856		público	arena
26	Arenera Naiguata	Vargas	(0412)9606856		público	arena
27	Cantera O Rey	Distrito Capital	(0414)0472167		privado	cuarcita y anfibolita
28	Cantera Nacional	Distrito Capital	(0212)4723510	mtto.canteranacional@gmail.com	privado	caliza
29	Cantera Tacagua	Distrito Capital	(0212)3686448		privado	cuarcita y caliza
30	Arenera Industrial Río Cristalino	Distrito Capital	(0212)8877897	arenerariocristalino@hotmail.com	privado	arena

A través de las pestañas se puede observar la totalidad de los registros de la base de datos (fig. 52). Al colocar el puntero del ratón en cualquier campo de la tabla y presionar doble click, provoca la aparición de un formulario. Este muestra toda la información de un equipo determinado, incluyendo la empresa a la que pertenece y sus características.

Figura 52 Formulario de edición y navegación

Form1

ID Movimiento de Tierra Tacita

UBICACIÓN TELÉFONO CORREO SECTOR INSTITUCIONAL

MINERAL QUE SE EXTRAE TIPO DE EXPLOTACIÓN PRODUCCIÓN MENSUAL

DESCRIPCIÓN

TOTAL DE EQUIPOS TURNOS TALLER PROPIO SERVICIO TÉCNICO

EQUIPOS													
Id	EMPRESA	CANTIDAD	TIPO	NOMBRE	MODELO	MARCA	AÑO	CAPACIDAD	TURNOS	PROPIEDAD	TIEMPO	CAPA	
1		1	2	arranque	dragalinas	54/38	Bucyrus	1960	2.5/3 m3	1	propio	35/13 años	400
2		1	1	arranque	dragalinas	51	not - west	1970	2 m3	1	propio	14 años	

TRITURADORAS												
Id1	EMPRESA	TIPO	USO	TIEMPO DE	CAPACIDAD	CAPACIDAD	TIPO DE FO	ESTADO DE	MOTOR (HP)	MARCA	DIMENSION	HORAS D

CONOS GIRATORIOS									
Id1	EMPRESA	MARCA	MOTOR (HP)	DIMENSION	HORAS DE	ESTADO DE	FALLA MÁS	TIEMPO DE	OBSERVACI

OTROS EQUIPOS										
Id1	EMPRESA	OBSERVACI	MARCA	CAPACIDAD	MOTOR (HP)	HORAS DE	ESTADO DE	FALLA MÁS	TIEMPO DE	Campo11
1			planta de la	35 m3	7	2	regular	rodillos	32 años	

Este formulario posee además un conjunto de botones de navegación: estos no solo permiten desplazarse a través de todos los registros de la tabla de Empresas con sus equipos, sino que también accede a operaciones básicas de edición: modificar, insertar y borrar registros nuevos. Todas estas operaciones están directamente vinculadas a la base datos, es decir, no hay un botón para guardar debido a que es automático.

CONCLUSIONES

De las 29 empresas visitadas en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital se tienen un total de 324 equipos de arranque, carga, acarreo y equipos auxiliares. De los cuales 78 son de arranque, 81 de carga, 131 acarreo y 36 equipos auxiliares.

El estatus en que se encuentran estos equipos son: 233 operativos, 80 en reparación, 8 inoperativo y 3 desincorporado.

De las bases legales se puede concluir que los equipos que se encuentran desincorporados en realidad están inoperativos. Debido a que esas empresas no han cumplido con el control de la permanencia y uso de los bienes afectos a los derechos mineros, donde engloba una serie de acciones, actividades, mecanismos internos y/o trámites administrativos que se requieren para el control de las tierras, obras permanentes, incluyendo las instalaciones, accesorios y equipos que forman parte integral de ellas.

EQUIPOS DE ARRANQUE, CARGA Y ACARREO

Los equipos utilizados están acordes con cada una de las operaciones, salvo en algunos casos como en el cargador frontal.

La marca más utilizada es Caterpillar debido a que se consiguen con mayor facilidad los repuestos y poseen servicio técnico especializado en el país. Considerando que contamos con 135 (38,6%) de esta marca

Las fallas que más impactaron considerablemente la disponibilidad de los cargadores frontales son del tipo mecánicas e hidráulicas. Entre las más resaltantes se encuentran por mangueras y filtros (53,46%), cauchos (12,87%) y filtros de gasoil (9,9%).

Las fallas que impactaron significativamente en la disponibilidad de los tractores de oruga, dragalinas y excavadoras son del tipo mecánica y estructural. Sus causas más comunes fueron en los segmentos del tren de rodaje (57,14%), mangueras y cuchillas (28,57%) y tornillos y calentadores (7,14%).

En los camiones articulados y roqueros, las fallas que más impactaron de forma importante en la disponibilidad del equipo son del tipo mecánica. Las consecuencias más comunes en los tipo articulado son: ruptura del motor (13,04%), sistema hidráulico (10,87%), transmisión y suspensión (8,69%) mientras que, en los roqueros

son: mangueras (27,85%), cauchos (24,05%), mecánicas (13,92%), frenos (7,59%) y motor (6,33%).

Si bien los equipos son de diferentes modelos todos presentan partes similares como: motor, sistema hidráulico, sistema de transmisión, chasis y sistema electromecánico.

Los tiempos de reparación afectan considerablemente la productividad de estas empresas. Esto debido a la falta de repuestos en el país pues la mayoría son importados, lo que hace considerar: la compra, el tiempo de llegada, nacionalización y los costos que esto implica.

No existe un plan de mantenimiento preventivo que se ajuste a las necesidades de las empresas y a las condiciones en la que los equipos operan, puesto que el aplicado es muy general, no ha sido eficiente y está lejos de lograr la reducción en los tiempos de reparación.

La disponibilidad como parámetro de mantenimiento, a su vez es función de dos elementos muy importantes: en primer lugar de la confiabilidad de los equipos y en segundo lugar de la mantenibilidad de los mismos. Se observó que en la mayoría de las empresas no llevan un control del uso de la disponibilidad, utilización efectiva y disponibilidad física de las máquinas incluso se manifiesta un desconocimiento de éstos, con sus excepciones en canteras donde se dispone del personal capacitado en el área de minas, siendo un factor que imposibilita a llevar con eficiencia los mantenimiento preventivos y predictivos a sus flotas.

En estos momentos las empresas han manifestado que no requieren invertir en maquinaria es por esta razón que se observan equipos bastantes viejos en edad los cuales a la larga representan mayor tiempo en ser reparados y los costos de mantenimiento son elevados, dado que se encuentran en el periodo de desgaste (curva de la bañera).

Se requiere la coordinación y trabajo conjunto entre la sección de talleres y la inspección de maquinaria, basados en un programa de mantenimiento mensual, el cual debe ser del conocimiento de la inspección de maquinaria y la jefatura de talleres; incluirá principalmente:

- Mantenimiento preventivo (inspección, lubricación, ajustes menores).
- Mantenimiento correctivo (reparaciones menores y mayores).

Uno de los mayores errores en el manejo y uso de la maquinaria o equipo es el de hacerla funcionar por largos períodos, sin realizar las paradas necesarias para efectuar algún tipo de mantenimiento a las mismas y ejecutándolas únicamente cuando ocurren fallas, incrementando los costos tanto de repuestos como de personal para llevarlos a cabo.

Una maquinaria deteriorada y en malas condiciones emplea más hora/hombre en el trabajo a realizar provocando imprevistos en la maquinaria por averías, elevando el costo tanto en personal especializado para la reparación de la maquinaria, como en repuestos requeridos por los mismos.

Es de gran importancia contar con fichas de control de la maquinaria para el plan de mantenimiento, el cual denotará si se ha realizado el mantenimiento establecido.

El personal calificado en la actualidad en empresas mineras es cada vez más necesario. Cuando el personal no está capacitado, por lo regular desconoce los diferentes tipos de mantenimiento que existen y carecen de criterios para discernir cuando se debe aplicar o no, por lo cual solamente realizan algunas correcciones en el momento de ocurrir la falla, porque en muchos casos pueden desconocer si se trata de una causa o consecuencia de las averías.

Operar y controlar los *stocks* de materiales, para el funcionamiento de los equipos dentro de los parámetros de diseño, siguiendo las instrucciones técnicas y especificaciones prescritas de recepción y almacenamiento. Hay que considerar dos

cosas en los almacenes: los costos de los repuestos y el número que debemos tener. Para esto es importante hacerle seguimiento al equipo en cuanto a fallas, frecuencia y etapa de la vida del equipo.

Los profesionales a cargo de la función de mantenimiento deben ser capaces de utilizar herramientas de gestión en la prevención y predicción de las averías en maquinarias y piezas, lo que supone la necesidad de permanente actualización por parte de éstos.

Con un registro sistemático y ordenado de reparación y mantenimiento por equipo, podrá disponerse de la información necesaria para facilitar la detección de causas que producen las fallas más frecuentes y establecer estrategias efectivas para darles una pronta solución y colocar en operación a las máquinas.

EQUIPOS DE BENEFICIO DE MINERAL

Se encontraron un total de 46 equipos de beneficio de mineral de los cuales: 11 mandíbulas, 6 impacto, 10 conos y 19 otros equipos.

Se observó que en la mayoría de los casos la capacidad de alimentación de la tolva está por debajo de la capacidad instalada.

Las fallas más frecuentes:

En la trituradora de mandíbula es desgastes de los forros (33,33%), correa del motor (25%), rodamiento y soldadura (16,66%). Estos parámetros están afectando la producción de forma importante.

En las trituradoras de impacto está asociada a los martillos. Si trabaja durante mucho tiempo el desgaste es inevitable produciendo pérdidas de la capacidad normal de trabajo, de modo que el mantenimiento planificado y revisión constante, permiten prolongar en cuánta la vida útil de los martillos y reducir la tasa de paradas de la trituradora.

En los conos se encuentran en el atascamiento, lubricación y motor, esto se debe a falta de mantenimiento preventivo y correctivo.

En los equipos complementarios de beneficio mineral es por motor (23,8%); correas y mallas (14,28%); rodillos, rolineras y bandas (9,52%) en algunos casos estos son equipos relativamente pequeños que han sido diseñados para satisfacer las necesidades de la operadora donde trabajan y en la mayoría de los casos no cuentan con una planta eléctrica que les permita conservar el motor. El mantenimiento casi siempre lo realizan diariamente pero no llevan un control.

El establecimiento de un *stock* de repuestos garantizará la continuidad operativa de la planta de trituración, permitiendo la disponibilidad de piezas necesarias para brindar soporte a las actividades de mantenimiento y para reemplazar piezas que lo requieran en caso de presentarse una falla inesperada, pero para que el plan dé resultado se requiere saber cuáles son esas fallas y su frecuencia.

RECOMENDACIONES

Abordar problemas de análisis de fallas, desarrollar e interpretar informes en el área proponiendo e implementando las acciones predictivas y correctivas que sean pertinentes y que le permitan solucionar con éxito las averías de materiales, piezas y sistemas, en los sistemas de motor, transmisión, hidráulico, eléctrico y electrónico de los equipos que trabajan en operaciones mineras en los estados Vargas, Miranda y Distrito Capital. .

Se recomienda que todas las maquina deben poseer y aplicar las recomendaciones de los manuales de partes y servicios. Si bien es cierto son básicos para un desempeño técnico de las tareas de mantenimiento pero debe tomarse en consideración el año de equipo y se propone el uso de la curva de la bañera como criterio para coadyuvar a la predicción de las averías en las máquinas.

Se recomienda la continua capacitación de los colaboradores de mantenimiento mediante cursos y seminarios que pueden ser dados por los mismos proveedores, esto hace que el personal se sienta motivado y con sentido de pertenencia.

Se recomienda que el Estado también cree instituciones especializadas en mantenimiento y operación de maquinaria pesada empleada en minería, donde se impartan conocimientos y técnicas que permitan alargar la vida útil de los equipos.

Se recomienda hacer revisiones periódicas, de preferencia diarias, de forma de verificar si existen partes sueltas o flojas, desgastadas o dañadas y se pueda tomar acciones oportunas al respecto. Reportar o corregir de forma inmediata cualquier condición de riesgo y no operar la máquina hasta que las fallas o averías hayan sido corregidas.

Establecer cronogramas de mantenimientos programados y sistemáticos a los equipos y maquinarias, lo que permitirá aumentar la disponibilidad de los mismos, así como lograr reducir la ocurrencia de las fallas existentes que puedan incidir en el funcionamiento y desempeño de los equipos.

Se pueden aplicar técnicas de (ordenación y sistematización) como las tablas para elaborar un plan más detallado de mantenimiento preventivo, tomando en cuenta las estadísticas de falla más frecuentes de una flota de maquinarias, cualquiera que sea y el trabajo que realice. Para esto se requiere el conocimiento y entrenamiento del personal de mantenimiento y operadores en la importancia del mantenimiento y los beneficios de su aplicación correcta.

BIBLIOGRAFÍA

AGUERREVERE y ZULOAGA, (1937-a). *Observaciones geológicas en la parte central de la Cordillera de la Costa, Venezuela.* Bol. Geol y Min., Caracas, 1(2-4): 3-22.

ALFARO SIRONVALLE, Marco Antonio (2002) *Introducción al muestreo minero*, Instituto de Ingenieros de Minas de Chile, Santiago Chile,

BOTTINI, Roberto (2007) *Mantenimiento y confiabilidad. Modelos de Optimización*, Universidad Austral, Facultad de Ingeniería. Argentina.

CEA D'ANCONA, (1998): *Metodología cuantitativa: Estrategias y Técnicas de Investigación Social*, Síntesis, Madrid.

DENGO, G., (1951). *Geología de la región de Caracas.* Bol. Geol., Caracas, 1(1): 39-115.

DICCIONARIO DE LA LENGUA ESPAÑOLA (2001) “Población” / “Muestra” [en línea]. Diccionario de la Lengua Española, 22ª

CLEMENTE GONZÁLEZ de Juana (1980) *Geología de Venezuela y sus Cuencas Petrolíferas* Primera Edición, tomo I. Caracas.

ESPINOSA F (2001) “HEITFE: herramienta computarizada para evaluar la confiabilidad de un equipo productivo”. Revista Informática Tecnológica Vol. 12 N°

ETZEL Y WALKER. (2004). *Fundamentos de Marketing* (13a. Edición) Mc Graw Hill.

FUEYO, Luís (1999). *Equipos de trituración, Molienda y Clasificación*, editorial Rocas y Minerales. Madrid. Información teórica

GONZÁLEZ MORADAS, M.R.; SÁNCHEZ FERNÁNDEZ, B.; SÁEZ GARCÍA, E. (2001) *Uso de tecnologías avanzadas para la catalogación de la infraestructura geodésica del principado de Asturias uso de tecnologías avanzadas para la catalogación de la infraestructura geodésica del principado de Asturias.* Artículo, Área de Ingeniería Cartográfica, Geodesia y Fotogrametría Dpto.de Explotación y Prospección de Minas Universidad de Oviedo.

HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, L. (1991) *Metodología de la investigación.* México.

HERRERA Herbert, Juan (2006) *Métodos de minería a cielo abierto*. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas.

INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA (I.T.G.E) (1995) *Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto*. Madrid

JIMÉNEZ Fernández, C. (1983): *Población y muestra*. El muestreo.

JIMÉNEZ M, María A (2009) *Paleontología Sistemática, Paleoecología y Catalogación en base de Datos con Software interactivo*. Trabajo Especial de Grado no publicado, Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Departamento de Geología. Caracas.

JURADO, José Marcos (2008). *Aplicación de Microsoft Excel a la Química Analítica: validación de métodos analíticos*. Departamento de Química Analítica

LATORRE, A., RINCÓN D. del y ARNAL, J. (2003) *Bases Metodológicas de la Investigación Educativa*. Experiencia S.L., Barcelona.

LAURENTINO. (2005). *Investigación de Mercados* (International Thompson Editores).

LÓPEZ GONZÁLEZ, Miguel F (2009) *Mejorando la productividad. La utilización del KPI por excelencia: el OOE*, Revista Fórum Calidad.

MALHOTRA Naresh. (2004). *Investigación de Mercados Un Enfoque Aplicado* Cuarta Edición. México: S.A de C.V.

MARTÍNEZ, Carmen (2003). *Confiabilidad Operacional en el Sistema de Microondas*. PDVSA Oriente.

MARTIN, María de los Ángeles (2004) *Sistema de Catalogación Métricas e indicadores con Potencia de Web Semántica*, Trabajo Especial de Grado no publicado, Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Informática, Argentina.

MÉNDEZ, José Alberto Mar (2010). *Políticas y Operación de Mto. Ing.Ind.* Universidad Tangamanga

MENÉNDEZ V. de V., A. (1965). *Geología del área de El Tinaco, centro-norte del estado Cojedes*, Venezuela. Bol. Geol., Caracas, 6(12): 417-543.

OSTOS, M. (1990). *Evolución tectónica del margen Sur-Central del Caribe basado en datos geoquímicos*. Geos, Caracas, (30): 1-294.

PLA ORTIZ DE URBINA, F. (1967) *La minería a cielo abierto. Su presente y su futuro*. Fundación Gómez Pardo. Madrid.

SANDHUSEN L. Richard. (2002). *Mercadotecnia* (Primera Edición), Compañía Editorial Continental

SANDOVAL G. Urias. (2008). Diseño de un plan de mantenimiento preventivo de la planta trituradora de grava de río y sus derivados “Vado Hondo”, Santa Catarina Mita, Jutiapa. Trabajo Especial de Grado. Universidad de San Carlos de Guatemala Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial.

SIERRA BRAVO, R. (1988): *Técnicas de investigación Social. Teoría y Ejercicios*. Paraninfo, Madrid.

SMITH, R. J. (1952). *Geología de la región de Los Teques-Cúa*. Bol. Geol., Caracas, 2(6): 333-406.

R.J. Sweigard. (1998) *Materials handling: loading and haulage*, in Hartman H.L. (ed.), SME Mining Engineering Handbook on CD-Rom, Colorado: Society for Mining, Metallurgy and Exploration.

TRESPALACIOS GUTIÉRREZ Juan, VÁZQUEZ Casielles Rodolfo y BELLO Acebrón

URBANI, Franco. y A. QUESADA. (1972). *Migmatitas y rocas asociadas del área de La Sabana. Cordillera de la Costa*. Bol. Geol., Caracas, Publ. esp. 5, 4: 2375-2400.

URBANI, Franco. y. OSTOS. (1989). *El Complejo Ávila, Cordillera de La Costa, Venezuela*. Geos, UCV, Caracas, (29): 205-217.

ANEXOS 1

**EQUIPOS DE ARRANQUE, CARGA,
ACARREO Y AUXILIARES**



Dragalina Bucyrus 54.
Dragalina American 1150



Excavadora Case
Excavadora CAT 225



Tractor CAT D9
Tractor CAT 955 L



Cargador frontal XCMG MW300K
Cargador Frontal CAT 980C



Cargador frontal CAT 966

Cargador Frontal Sin información



Camiones Articulados Astra 500



Camión Articulado Mack 400



Camion Articulado Fiat N3
Camion Roquero CAT W21





Camión Roquero CAT 769B
Camiones Roqueros Euclid 91FD



Vibrocompactadora CAT 6S533
Mototralla CAT 631B



ANEXOS 2

EQUIPOS DE BENEFICIO MINERAL



Trituradora primaria de Impacto



Trituradora primaria de Mandíbula y Planta de Asfalto



Trituradora secundaria tipo Cono



Equipo Complementario de fabricación casera



Trituradora primaria de mandíbula
EMPRESAS VISITADAS

ID	NOMBRE	UBICACIÓN
1	Arenera las Mercedes	Miranda
2	Arenera la Trinidad	Miranda
3	Inversiones Agrepa	Miranda
4	Cantera la Vega	Miranda
5	Agregados Barlovia	Miranda
6	Cemex de Venezuela	Miranda
7	Casalbeach	Miranda
8	Cantera las Marías	Miranda
9	Inversiones Monte Claro	Miranda
10	Movimiento de Tierra Tacita	Miranda
11	Materiales MGM Titi	Miranda
12	Arevenca Arenera Virgen de la Encarnación	Miranda
13	Construcciones Yamaro	Miranda
14	Cantera la Ceiba	Miranda
15	Arenera Greff XXI	Miranda
16	Inversiones Maitana	Miranda
17	Arenera o Toxo	Miranda
18	Arenera las 3 Potencias	Miranda
19	Inversiones Arena Tuy	Miranda
20	Fábrica Nacional de Cementos Cantera San Bernardo	Miranda
21	INVECEM Planta de Agregados Aponte	Miranda
22	Agregados el Conde	Miranda
23	Agregados Marín Cúa	Miranda
24	Colinas de Alamar	Miranda
25	Arenera Camurí Grande	Vargas
26	Arenera Naiguatá	Vargas
27	Cantera O Rey	Distrito Capital
28	Cantera Nacional	Distrito Capital
29	Cantera Tacagua	Distrito Capital
30	Arenera Industrial Río Cristalino	Distrito Capital

