

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE
SOPORTE DE MINA, EN CANTERAS DEL DISTRITO CAPITAL.**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Yondert Alberto Melo
Para optar al Título de
Ingeniero de Minas

Caracas, Junio de 2016

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE SOPORTE DE MINA, EN CANTERAS DEL DISTRITO CAPITAL.

Tutora Académico: Prof. (a). Aurora Piña

Presentado ante la
Ilustre Universidad Central de Venezuela
Por el Br. Yondert Alberto Melo
Para optar al Título de
Ingeniero de Minas

Caracas, Junio de 2016

Caracas, Junio de 2016

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller YONDERT ALBERTO MELO, titulado:

“PROPUESTA METODOLÒGICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE SOPORTE DE MINA, EN CANTERAS DEL DISTRITO CAPITAL”

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

Prof (a) Alba Castillo

Jurado

Prof. (a). Aurora Piña

Tutora Académica

Prof (a) Sasha Cazal

Jurado

DEDICATORIA

“Detrás de cada hombre hay una gran mujer”.

Tengo la fortuna de contar con tres de ellas....

A **Judith Flores**, quien admiro y agradezco eternamente por hacer de mí, lo que soy.

A **Milexis Reyes**, por brindarme su apoyo incondicional en todas las situaciones de mi vida.

A **Aurora Piña**, por apoyarme en esta etapa de mi vida y haber confiado en mí.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y al universo por conspirar, conducirme a los rumbos de la minería y colocarme en el camino a las personas indicadas, en el momento preciso, en los lugares oportunos y las situaciones correctas, para lograr mis metas en el tiempo perfecto.

A los trabajadores de la Cantera del Distrito Capital por brindarme su apoyo en la búsqueda de información, retroalimentar mi experiencia y formación como profesional.

A la Profesora Aurora Piña por sus consejos, su paciencia, su apoyo su confianza y por brindarme las herramientas durante el desarrollo de este trabajo.

“Todo lo que va a pasar debajo del sol, tiene su hora”

Yondert A, Melo

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA PLANIFICACIÓN DE SOPORTE DE MINA, EN CANTERAS DEL DISTRITO CAPITAL

Tutora Académica: Ing. Aurora Piña. Tesis. Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. 2.016, 183 Páginas.

Palabras claves: Canteras (Distrito Capital), Producción, Minería, Planificación, Soporte de Mina.

Resumen: Este estudio se desarrolló como un diseño de tipo no experimental descriptivo, dado que se trata de una investigación dónde no se cambian intencionalmente los parámetros observando las operaciones cotidianas de trabajo tal y como se dan en su contexto natural, evaluando las condiciones de las operaciones de soporte de minería e identificando los parámetros que inciden de manera directa en déficit de producción. Para ello se realiza un diagnóstico de campo de los indicadores, que permitan obtener un resumen situacional, estos datos son manejados mediante el apoyo de programas de computación, permitiendo obtener valores teóricos que pueden ser correlacionados con los tomados en campo y así poder plantear un cronograma ajustado a las necesidades de producción que optimizarán el proceso minero.

El análisis se planteó dentro del marco de la planificación operativa con horizontes de producción a corto plazo, presentado en un plan trimestral de actividades que se irá adaptando a los resultados obtenidos semanalmente: Partiendo desde un análisis de las metas alcanzadas semanalmente, con los recursos existentes dentro de la Empresa, obteniendo un comparativo entre la capacidad de acarreo de material desde los frentes de mina, antes y después de la aplicación de la propuesta, resultando un incremento de 29 % de material acarreado para el beneficio mineral. Para mantener en el tiempo la efectividad de la propuesta se recomienda la implementación de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo integrado al proceso de planificación operativo de mina, optimizando el plan minero.

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
TAREAS DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
JUSTIFICACIÓN.....	4
ALCANCE	4
LIMITACIONES.....	5
CAPÍTULO I.....	6
1.1 Antecedentes de La Investigación.....	6
Características físico-naturales de la zona de estudio	8
información general de la cantera.....	8
1.2 Ubicación relativa.....	8
1.3 Acceso	9
1.4 Condición jurídica del Terreno.....	10
1.5 Coordenadas del derecho minero	11
1.6 Visión	12
1.7 Misión.....	12
1.8 descripción Física de la Zona de estudio.....	13
1.8.1 Topografía	13
1.8.2 Drenaje natural	13
1.8.3 Clima y vegetación	13
1.8.4 Vegetación predominante en el área en estudio	13
Marco geológico.....	14
1.9 Geología regional	14
1.9.1 Descripción litológica.....	14
1.10 Geología Local	15
1.10.1 Secuencia y descripción litológica	16
1.11 Geología Estructural.....	18
CAPÍTULO II.....	21
BASES TEÓRICAS	21
2.1 DISEÑO DE MINA	21
2.1.1 Minería a cielo abierto.....	21
2.1.2 Banco	22
2.1.3 Altura de Banco	23
2.1.4 Ancho de Banco.....	24
2.1.5 Ángulo del banco.....	26
2.1.6 Límites de la Fosa.....	26
2.1.7 Ángulo general de la fosa	27
2.1.8 Criterios para el diseño de una fosa de explotación	27
2.1.9 Relación estéril mena (o relación de remoción).....	28
2.1.10 Modelaje de yacimientos	28
2.1.11 Selección de equipos	29
2.2 Operaciones básicas de minería	30
2.2.1 Voladura	30

2.2.2	Carga.....	33
2.2.3	Acarreo	35
2.2.4	Descarga	35
2.2.5	Operaciones auxiliares.....	35
2.2.6	Servicios de Mina	35
2.2.7	Soporte de Mina.....	36
2.3	Equipos y prácticas operativas	36
2.3.1	Palas hidráulicas	36
2.3.2	Características básicas de las palas hidráulicas	36
2.3.3	Cargador Frontal.....	38
2.3.4	Tractores	41
2.3.5	Equipos de acarreo.....	42
2.3.6	Motoniveladora.....	43
2.3.7	Camiones de Agua o Cisterna	44
2.4	Selección y Evaluación de vialidad.....	44
2.4.1	Ancho operativo de vías	45
2.4.2	Bermas de seguridad.....	46
2.4.3	Ángulo de berma	46
2.4.4	Peralte	46
2.4.5	Pendiente	47
2.4.6	Conformación de vías	47
2.4.7	Cunetas	48
2.5	Planificación Minera	49
2.5.1	Planificación en minería	49
2.5.2	Planificación estratégica	50
2.5.3	Planificación conceptual.....	51
2.5.4	Planificación operativa	51
2.5.5	Horizontes de planificación	52
2.5.6	Planificación de soporte.....	53
2.5.7	Planificación de Mediano plazo	53
2.5.8	Planificación de Corto plazo.....	54
2.5.9	Etapas del proceso de planificación.....	54
2.5.10	La Planificación como un proceso.....	55
2.5.11	Los Resultados de la Planificación	56
2.5.12	Razones para hacer planificación en las compañías	56
2.5.13	Ventajas y desventajas de la planificación	56
2.5.14	Los inconvenientes con la Planificación:	57
2.5.15	Periodo de duración del plan minero	57
2.5.16	Técnicas de planificación	57
2.6	Estudio de tiempos y estimación de eficiencia equipos	59
2.6.1	Disponibilidad	59
2.6.2	Disponibilidad mecánica	60
2.6.3	Disponibilidad física.....	60
2.6.4	Utilización de equipos	61
2.6.5	Uso de la disponibilidad	62
2.7	Control de agua superficial.....	62
2.7.1	Erosión.....	63

2.7.2	Debido a la acción del agua.....	63
2.7.3	Impacto de agua.....	63
2.7.4	Diseño de drenajes superficiales.....	64
2.7.5	Diseño de sección de drenaje para Cantera Nacional.....	65
2.8	Bases Legales	67
2.8.1	Ley Orgánica del Trabajo	67
2.8.2	Ley de Minas	68
2.8.3	Ley sobre el régimen, administración y aprovechamiento de minerales no metálicos del distrito capital	68
2.8.4	Ley Penal para Ecosocialismo y Aguas.....	69
CAPÍTULO III		70
Marco metodológico.....		70
3.1	Tipo de investigación	70
3.2	Diseño de la investigación	70
3.3	Población y muestra	70
3.4	Instrumentos y técnicas para la recolección de información	71
3.5	Recolección y análisis de datos.....	72
3.5.1	Delimitación de espacio y sectorización de la zona de estudio	72
3.5.2	Levantamiento y medición de elementos viales	73
3.5.3	Cálculo de sobretamaños ubicados en los frentes de explotación de mina 2 (Las Brisas)	75
3.5.4	Cálculos de disponibilidad física de equipos.....	78
3.6	Propuesta para la Planificación de actividades de soporte de mina.....	80
3.6.1	Equipos disponibles	81
3.6.2	Operadores disponibles.....	81
3.6.3	Actividad a realizar	81
3.6.4	Ubicación de la operación	82
3.6.5	Nivel de prioridad	82
3.6.6	Porcentaje de avance	83
CAPÍTULO IV		85
RESULTADOS Y ANÁLISIS		85
4.1	Descripción del proceso de minería a cielo abierto.....	85
4.2	Descripción del proceso de Beneficio Mineral	90
4.3.1	Planta II.....	90
4.3.2	Planta III	91
4.3	Planificación de Voladuras.....	93
4.4	Equipos e infraestructura para minería.....	94
4.5.1	Equipos de arranque	94
4.5.2	Equipos de carga.....	94
4.5.3	Equipo de acarreo	94
4.5.4	Equipo de perforación	95
4.5.5	Equipos de apoyo.....	96
4.5	Delimitación del espacio físico	96
4.6	Identificación y recuperación de la vialidad.....	97
4.7.1	Determinación de las variables físicas de la vialidad	99
4.7	Labores de Drenaje.....	106
4.8	Características físicas de los bancos.....	111

4.9	Datos de las variables de los equipos móviles	115
4.10.1	Cargadores Frontales	116
4.10.2	Camión Ford 650	118
4.10.3	Motoniveladora.....	118
4.10.4	Tractor (D9H CAT)	119
4.10.5	Nombre de los indicadores obtenidos.....	119
4.10.6	Retroexcavadora XCMG	120
4.10	Propuesta de planificación.....	120
4.11.1	Mes de julio	121
4.11.2	Mes de agosto	125
4.11.3	Mes de septiembre	126
4.11	Análisis Gráfico de los resultados	128
4.12.1	Comportamiento de los equipos	128
4.12.2	Eficiencia del estudio de los indicadores.....	130
4.12.3	Efectividad de la propuesta.....	134
4.12.4	Factibilidad de la aplicación de la propuesta.....	136
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
	BIBLIOGRAFIA	144
	ANEXOS	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXO 1	¡Error! Marcador no definido.
	“TABLAS DE LAS CARACTERISTICAS FÍSICAS Y CONDICIONES DE LA VILIDAD TRAMO (I-II-III)”	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXO 2	¡Error! Marcador no definido.
	“TABLAS DE LA PLANIFICACIÓN SEMANAL DE LOS MESES JULIO, AGOSTO Y SEPTIEMBRE”	¡Error! Marcador no definido.
	ANEXO 3	¡Error! Marcador no definido.
	“REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE PLANIFICACIÓN MENSUAL”	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Ubicación de Canteras del Distrito Capital.....	9
Figura. 2. Mapa de Situación y Ubicación.	10
Figura. 3. Topografía actualizada.....	11
Figura. 4. Ubicación regional.	15
Figura. 5. Secuencia litológica que aflora entre el tope de Mina 1 al Oeste, vista al Norte.....	16
Figura. 6. Afloramiento de mármol al Noroeste de la Mina 2 (Cota 1160).	17
Figura. 7. Esquisto calcáreo en contacto con anfibolita, zona de alteración Cuarzo-Calcítica.....	18
Figura. 8. Plano de falla en esquisto calcáreo-micáceo.....	19
Figura. 9. Sistema paralelo de diaclasas.....	20
Figura. 10. Configuración geométrica de bancos.....	23
Figura. 11. Corte transversal de talud.....	25
Figura. 12. Corte transversal de talud, con deslizamiento.....	26
Figura. 13. Parámetros de diseño de una fosa minera.....	28
Figura. 14. Fases del ciclo minero.....	30
Figura. 15. Voladura a cielo abierto.....	31
Figura. 16. Voladura sobre banco poca proyección.....	32
Figura. 17. Voladura sobre banco media proyección.....	32
Figura. 18. Voladura sobre banco alta proyección.....	32
Figura. 19. Proceso de carga.....	33
Figura. 20. Acarreo de mineral.....	34
Figura. 21. Posicionamiento de carga, Pala retro.....	37
Figura. 22. Influencia de la posición de la cabina sobre la visión del operador....	37
Figura. 23. Cargador frontal de Ruedas.....	38
Figura. 24. Fases de trabajo de un cargador frontal.....	40
Figura. 25. Posicionamiento de carga.....	41
Figura. 26. Tractor de Orugas.....	42
Figura. 27. Camión rígido.....	43
Figura. 28. Motoniveladora.....	43

Figura. 29. Camión cisterna.	44
Figura. 30. Planificación estratégica.	50
Figura. 31. Planificación conceptual.	51
Figura. 32. Planificación operativa.....	52
Figura. 33. Horizontes de planificación y agregación de valor.....	54
Figura. 34. Ecuaciones de rendimiento..	62
Figura. 35. Sección transversal de cuneta,para aguas de escorrentía Cantera Nacional.....	67
Figura. 36. Esquema Metodológico..	71
Figura. 37. Modelo 3D del posicionamiento de material sobre el talud (Prisma triangular).	76
Figura. 38. Modelo 3D del posicionamiento de material sobre el talud (Prisma rectangular).....	77
Figura. 39. Perforadora Atlas Copco con martillo de fondo.	86
Figura. 40. Planta II.	87
Figura. 41. Perfil visual de Planta III.	88
Figura. 42. Descripción del proceso minero en la cantera.	89
Figura. 43. Diagrama de Proceso en la empresa.	89
Figura. 44. Tolvas de planta de trituración de agregados II.	91
Figura. 45. Planta de trituración de agregados Finos III.	92
Figura. 46. Esquema de perforación en banco..	93
Figura. 47. Camión articulado XCMG FKY30.....	95
Figura. 48. Camión rígido Caterpillar 769C.....	95
Figura. 49. Levantamiento mediante el uso de GPS..	96
Figura. 50. Medición de ancho de calzada.	98
Figura. 51. Demarcación de progresivas (Tramo I)..	98
Figura. 52. Conformación de bermas.	100
Figura. 53. Trazado de vialidad y progresivas (Tramo I).....	101
Figura. 54. Trazado de vialidad y progresivas (Tramo II).	102
Figura. 55. Nivelación de vía y conformación de berma (Tramo II).	103
Figura. 56. Nivelación de vías (Tramo I)..	103
Figura. 57. Trazado de la vialidad y progresivas (Tramo III).	105
Figura. 58. Trazado de vialidad y progresivas (Tramo I, II y III).	106
Figura. 59. Trazado de canal natural de aguas de escorrentía.	107

Figura. 60. Corte transversal de la vialidad.....	108
Figura. 61. Deterioro en cunetas registrado en el levantamiento de campo.....	108
Figura. 62. Desborde de aguas de escorrentía y erosión de vías (Tramo 01).....	109
Figura. 63. Realización de cuneta (Tramo 1)..	110
Figura. 64. Despeje de sección de cuneta con obra civil, insuficiente para el manejo de las aguas (Tramo 1).	110
Figura. 65. Material sobre bancos niveles 6, 5,4.	111
Figura. 66. Talud recubierto por material sobretamaños.....	112
Figura. 67. Secciones de volúmenes de material en bancos.....	112
Figura. 68. Representación gráfica (Prisma triangular).	113
Figura. 69. Representación gráfica (Prisma rectangular).	113
Figura. 70. Empuje de material sobre las paredes del talud, Nivel 03..	124
Figura. 71. Despeje de bancos, Nivel 02 y 03, (Bloques 3 y 4).	124

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Coordenadas UTM, Huso 20, REGVEN.	8
Tabla 2. Mensura del lindero.	12
Tabla 3. Parámetros de calidad desgaste los ángeles para bases viales.	48
Tabla 4. Resultados de la determinación del Caudal (Q).	65
Tabla 5. Determinación de la velocidad del agua.	66
Tabla 6. Resultados de la determinación de los elementos geométricos para canales triangulares.	67
Tabla 7. Niveles y cotas de Mina Las Brisas..	78
Tabla 8. Códigos de paradas de los equipos..	79
Tabla 9. Control horario de paradas.	79
Tabla 10. Totalización de paradas.	80
Tabla 11. Rendimientos de los equipos.	80
Tabla 12. Simbología de prioridades de actividades planificadas.	82
Tabla 13. Representación de propuesta semanal de actividades.	84
Tabla 14. Resultados del levantamiento de información concerniente a las condiciones operativas en vialidades (Tramo I).	99
Tabla 15. Resultados del levantamiento de información concerniente a las condiciones operativas en vialidades (Tramo II)..	102
Tabla 16. Resultados del levantamiento de información concerniente a las condiciones operativas en vialidades (Tramo III).	104
Tabla 17. Resumen de levantamiento, tramos a recuperar (Tramo I, II y III)..	105
Tabla 18. Metros cúbicos de material en los frentes de mina.	114
Tabla 19. Secciones de sobre tamaño ocupando el 75% del Nivel 01, imposibilitando el tránsito de equipos..	115
Tabla 20. Códigos de paradas de los equipos..	116
Tabla 21. Reporte de paradas por turno, para distintos días y operadores..	117
Tabla 22. Totalización de paradas, cargadores frontales..	117
Tabla 24. Rendimiento del camión Ford 650.	118
Tabla 25. Rendimientos de la Motoniveladora XCMG.	119

Tabla 26. Rendimientos del tractor D9H CAT..	119
Tabla 27. Rendimientos de la retroexcavadora XCMG FY230.....	120
Tabla 28. Descripción de planificación de actividades semanales.	121
Tabla 29. Propuesta inicial de planificación Semana 1.....	122
Tabla 30. Resultados de actividades julio..	125
Tabla 31. Propuesta inicial de planificación, agosto semana 5.....	125
Tabla 32. Resultados de actividades, agosto..	126
Tabla 33. Propuesta inicial de planificación, Septiembre, semana 9.	127
Tabla 34. Resultados de actividades, septiembre.....	128
Tabla 35. Levantamiento de condiciones operativas de vialidad (tramo I).	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 36. Levantamiento de condiciones operativas de vialidad (Tramo II).	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 37. Levantamiento de condiciones operativas de vialidad (tramo III).	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 38. Propuesta inicial de planificación Semana 2, julio	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 39. Propuesta inicial de planificación Semana 3, julio	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 40. Propuesta inicial de planificación Semana 4, julio	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 41. Propuesta inicial de planificación Semana 1, agosto	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 42. Propuesta inicial de planificación Semana 2, agosto	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 43. Propuesta inicial de planificación Semana 3, agosto	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 44. Propuesta inicial de planificación Semana 4, agosto	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 45. Propuesta inicial de planificación Semana 1, septiembre	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 46. Propuesta inicial de planificación Semana 2, septiembre	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 47. Propuesta inicial de planificación Semana 3, agosto	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 48. Propuesta inicial de planificación Semana 4, agosto	¡Error! Marcador no definido.

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico. 1. Eficiencia en el uso de la disponibilidad física..	129
Gráfico. 2. Distribución de fallas más comunes en equipos asociadas a las condiciones precarias de vialidad.	130
Gráfico. 3. Avance de la planificación trimestral sobre la adecuación de vialidad.	131
Gráfico. 4. Avance de la planificación trimestral, sobre elaboración de cunetas..	132
Gráfico. 5. Avance trimestral de conformación de bermas de seguridad.	133
Gráfico. 6. Avance trimestral de despeje de sobretamaños.	134
Gráfico. 7. Efectividad alcanzada en el abordaje de los indicadores durante la propuesta.....	135
Gráfico. 8. Efectividad mensual alcanzada en el abordaje de los indicadores durante la propuesta.....	136
Gráfico. 9. Estudio comparativo de factibilidad de la aplicación de la propuesta.	137

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo pretende proponer un estudio metodológico para el diseño de un plan de soporte, con el fin de complementar la planificación de mina a corto y mediano plazo, y contribuir al fortalecimiento de las operaciones básicas, no solo de producción sino que incida de manera directa en la seguridad de los trabajadores, garantizando unas condiciones de trabajo óptimo con el medio ambiente.

Actualmente existe un desconocimiento sobre la pertinencia de establecer un “PLAN DE SOPORTE DE MINA” como parte de la optimización de los ciclos operativos, obligando a improvisar en las labores de servicio de mina, impidiendo obtener una visión de la minería más integral que soporte de manera más eficiente los planes mineros presentados ante el Ministerio el Poder Popular para Petróleo y Minería.

Este estudio está distribuido cinco capítulos, en el capítulo I, comprende los objetivos, el planteamiento del problema, la justificación del mismo, sus alcances, limitaciones, seguido del capítulo II donde se desarrollan las características físicas naturales, la información general y geológica de la cantera, seguido de la información teórica necesaria para el sustento de la exploración de campo. El capítulo III abarca las bases teóricas sobre el diseño de mina, equipos, variables físicas de mina, planificación de mina y bases legales. En el siguiente capítulo se muestra la metodología a emplear en la propuesta, fases, diseño técnicas de recolección de información y por último en el capítulo V, se indican los resultados, mostrando la evaluación de los indicadores que darán paso a la presentación del cronograma de plan de soporte como parte de la metodología de la propuesta y sus respectivos análisis de gráficos de las diferentes situaciones encontradas.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cantera del Distrito Capital es una de las principales empresas proveedoras de materiales agregados a la industria de la construcción en el Distrito Capital. Sin embargo, presenta deficiencias en su capacidad de producción actual, uno de los factores que contribuyen a esta situación, es la ausencia de un plan de soporte de las operaciones unitarias adecuado a las necesidades de la empresa, el desconocimiento y la improvisación en el cumplimiento de las actividades de servicio de mina, afecta de manera rutinaria los planes anuales presentados ante el Ministerio del Poder Popular para Petróleo y Minería, comprometiendo la seguridad y afectando los ciclos de trabajo debido a las malas condiciones de la vías de mina, así como la ausencia de planes de irrigación constante imposibilitando la visibilidad en épocas de sequía, por otra parte se debe realizar la limpieza de todos los bancos desde el Nivel 01 hasta el Nivel 07, ya que presentan acumulación de material con sobretamaño, de igual manera la ampliación de curvas en las vías del Desarrollo y los adecuados planes de desmalezamiento en las vías hacia los polvorines que impiden el acceso de los vehículos livianos. Es de vital importancia en el sector minero de los no metálicos tomar conciencia de la pertinencia de un plan de soporte de las operaciones unitarias como parte del plan mensual que ayude a reducir sustancialmente las horas extras de equipos (tractor, cargadores frontales, camiones) los cuales pudieran ser invertidos en producción de mina, ya que esto incide de manera directa en la calidad y el bienestar laboral y correcto desempeño de las operaciones.

OBJETIVO GENERAL

Proponer una Metodología para la Planificación de Soporte de Mina, en Cantera del Distrito Capital.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Delimitar el área de estudio mediante el uso de mapa y topografía.
- Describir las características físicas de diseño de mina.
- Identificar la disponibilidad física de los equipos de soporte necesarios para llevar a cabo la propuesta.
- Sistematizar la información recolectada en campo.
- Diseñar un cronograma de actividades semanales acorde a la planificación trimestral.
- Determinar las limitaciones encontradas para la ejecución del cronograma trimestral.
- Plantear las soluciones pertinentes para el incremento de la eficiencia de la propuesta.

TAREAS DE LOS OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar levantamiento topográfico actualizado.
- Hacer mediciones en campo de los distintos indicadores.
- Elaborar controles diarios de operaciones de los equipos.
- Calcular los distintos rendimientos de los equipos y su disponibilidad.
- Elaborar un plan de trabajo en función de los parámetros medidos.
- Identificar las fallas y dificultades.

JUSTIFICACIÓN

Canteras del Distrito Capital, es la principal empresa de producción de agregados del Distrito Capital, debido a sus volúmenes de procesamiento, reservas probables y a su ubicación estratégica, su producción se encuentra comprometida para el apuntalamiento de las obras sociales del estado por ello, las deficiencias en los niveles de producción que impiden el incumplimiento de las metas, obliga a hacer un estudio sobre las causas que la generan, en el ámbito minero se reflejan una serie de elementos operativos y de planificación que son primordiales tomar en cuenta para contribuir con una extracción minera más racional, eficiente y optima, beneficiando de manera directa a los trabajadores de la empresa y las poblaciones cercanas, así como las obras proyectadas por el gobierno nacional. Por otra parte este trabajo debe ser la apertura de una línea de investigación en el área de planificación minera de los no metálicos, específicamente al área de soporte de mina, que a pesar de ser un sector correspondiente a la pequeña y mediana minería no pierde relevancia, debido al papel que desempeña en todo proyecto minero.

ALCANCE

Esta investigación plantea un estudio en la empresa Canteras del Distrito Capital, mediante el diseño de una propuesta integral que cumpla con todas las etapas del proceso de planificación, desde el planteamiento hasta la puesta en marcha y verificación de la misma en tiempo real, para que sirva como preámbulo para investigaciones posteriores como una medida para romper paradigmas en cuanto a la visión poco integral con la que se desarrollaron las operaciones mineras en esta empresa durante los últimos años, dicha oportunidad permite replantear la manera de hacer minería en el país, entendiéndonos como parte activa del medio ambiente donde coexistimos. Es necesario tener en cuenta las estrategias de planificación y protección ambiental, ya que nos acercan hacia un desarrollo sustentable y sostenible en el tiempo para asegurar que, una vez que cesen temporalmente las actividades mineras en una zona esta pueda tener el cambio de uso, beneficiando económica y socialmente a las comunidades aledañas a la zona.

LIMITACIONES

Como limitante fundamental nos encontramos con la poca disponibilidad física de equipos, lo que obliga a redistribuir tanto los equipos como el personal para las operaciones de mina, de igual manera se obtuvo limitantes en cuanto al manejo presupuestario referente a los costos de la implementación del plan, otro factor importante consiste en la ausencia de un personal calificado que pueda apoyar y dar seguimiento al proceso de planificación de mina, lo que se ajusta a una perspectiva errada de la integralidad del proceso minero, otra limitación es el poco alcance en la toma de decisiones en cuanto a los niveles de prioridad del mantenimiento correctivo de los equipos.

CAPÍTULO I

Esta sección se expone los antecedentes previos a esta investigación y las características físicas, naturales y geológicas de la zona de estudio, con el fin de contextualizar el trabajo y obtener un panorama más amplio de la información.

1.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Gonzáles, A. (1992). “*Planificación y desarrollo minero del sector Oeste, de la cantera la Vega del distrito Federal*”. Departamento de minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Tesis de Grado. Caracas.

Resumen: La investigación consintió en Desarrollar un plan de aprovechamiento mineral de los recursos mineros de un yacimiento de caliza, con fines de elaboración de agregados, con miras a optimizar los planes de producción planteados.

Boada, A. (2008). “*Diseño de la vía de producción a los frentes de explotación del sector Mina 1, así como la rampa de conexión entre los sectores Mina 1 y Mina 2 de la empresa Cantera Nacional, C.A.*” Departamento de minas. Facultad de Ingeniería. Universidad central de Venezuela. Tesis de Grado. Venezuela.

Resumen: El presente informe muestra las experiencias y resultados obtenidos en el diseño de la vía de conexión de Mina #1 y Mina #2 de la empresa Cantera Nacional, C.A., ubicada en la Parroquia Antímamo del Municipio Libertador del Distrito Capital. Para la realización de este proyecto, se determinaron las necesidades de vialidad de la empresa y producción para conocer el déficit en el acarreo, la flota actual de camiones, la cantidad de material arrancado de los frentes de explotación por día, voladuras mensuales y material movido in situ por las mismas. Esta vía cuenta con un ancho de vía de 16m, esto comprende el ancho de ambos canales (subida y bajada) así como un sobre ancho de seguridad que puede mantener detenido un camión sin afectar el libre tránsito del resto de la flota, pendientes que oscilan entre los 8° y 12°.

Delgado, R. (2008). *“Diseño de un sistema de drenaje de aguas de escorrentía superficial y un sistema de bombeo de aguas de la laguna del sector Mina 1 para ser inyectada a la planta de arena lavada en la empresa Cantera Nacional, C.A., ubicada en la Hacienda Mamera del Distrito Capital”*.

Resumen: En este trabajo se da a conocer los resultados obtenidos en el desarrollo de la pasantía profesional realizada en la empresa Cantera Nacional C.A. durante el periodo de 6 semanas del 27 de agosto al 5 de octubre de 2007. Se propone la construcción de obras de drenaje para la conducción de aguas de mina y retención de sólidos en suspensión hídrica, en la vialidad de la Cantera Nacional. El actual proyecto plantea la necesidad de aportar soluciones al arrastre de estos sedimentos suspendidos en las corrientes de los componentes hídricos de la zona. Para la canalización de aguas de escorrentías se propone la construcción de cunetas triangulares y aliviaderos laterales. También se propone el reemplazo de la bomba que se encuentra en la laguna que actualmente está inoperativa, por una nueva bomba sumergible marca *Flygt* de 27 Hp, que debe ser instalada en una balsa para su fácil mantenimiento, la cual puede cubrir las necesidades de agua de la planta de lavado de arenas.

Rodríguez, E. (2010). *“Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pifo”*. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Tesis de Grado. Escuela superior politécnica del Litoral. Quito Ecuador.

Resumen: El objetivo de esta investigación consistió en establecer una metodología para la planificación de una Cantera de agregados, para ello se realiza un cálculo de reservas y por todos los pasos para planificar su explotación técnica con miras a un verdadero aprovechamiento racional.

Vargas, M. (2011). “*Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla*”. Departamento de ingeniería de minas. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. Universidad de Chile. Tesis de Grado. Chile.

Resumen: La investigación consintió en describir el proceso de planificación de corto y mediano plazo para materializar la secuencia de extracción considerando factores operacionales mediante un diseño de fases para lograr las metas de extracción de cobre, teniendo en cuenta una serie de restricciones capacitarías y de mezcla integradas o consideradas en la planificación minera de largo plazo.

CARACTERÍSTICAS FÍSICO-NATURALES DE LA ZONA DE ESTUDIO

INFORMACIÓN GENERAL DE LA CANTERA

1.2 UBICACIÓN RELATIVA

El Plan de explotación (2015-2016), indica que la empresa Canteras del Distrito Capital, desarrolla sus actividades de explotación y procesamiento de roca, desde octubre de 2013, en forma ininterrumpida, amparada en las autorizaciones que le ha otorgado el Ministerio de Petróleo Minería a la antigua empresa Cantera Nacional. Ubicados en la Hacienda Mamera, Parroquia Antúmano, del Municipio Autónomo Libertador, Distrito Capital.

La ubicación geodésica se encuentra enmarcada entre las siguientes coordenadas UTM, (Tabla 1).

Tabla 1. Coordenadas UTM, Huso 20, REGVEN. **Fuente:** Plan de Explotación 2015, Canteras del Distrito Capital, (2015).

UBICACIÓN	P1
ESTE	717.000 al 718.500
NORTE	1.156.000 al 1.157.500

La planta y la extracción de metacaliza, se encuentran en un sector conocido como Hacienda Mamera, en jurisdicción de la Parroquia Antímamo del Municipio Autónomo Libertador del Distrito Capital ver (Figura. 1). La explotación se realiza en terrenos de propiedad de la empresa Canteras del Distrito Capital, estos terrenos cuentan con una superficie aproximada de 1.080,000 m² ver (Figura. 3).



Figura. 1. Ubicación de Canteras del Distrito Capital. **Fuente:** Google Earth, (2014).

1.3 ACCESO

Cantera del Distrito Capital, está localizada a unos 3,5 Km. de la población de Antímamo. El acceso a la cantera se realiza llegando a la población de Antímamo ubicada al Oeste de la ciudad de Caracas, se toma el Nuevo Distribuidor Mamera, vía a la Nueva Carretera Mamera-Junquito y aproximadamente unos 1,5 kilómetros, encontramos la entrada, en la siguiente imagen se aprecia el plano de ubicación de la zona. Ver (Figura. 2).

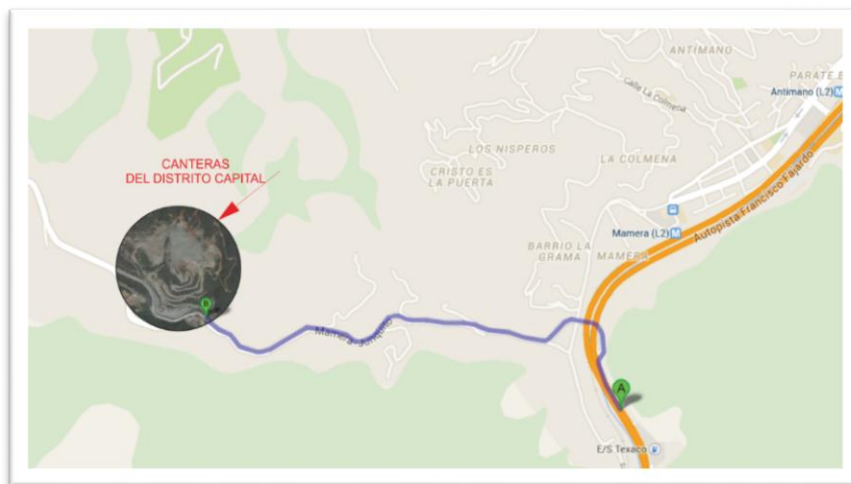


Figura. 2. Mapa de Situación y Ubicación. **Fuente:** Google Earth (2015).

1.4 CONDICIÓN JURÍDICA DEL TERRENO

El Plan de explotación (2015-2016), indica que el lote de terreno en cuestión, se mantenía en operación por Inversiones GOLEANDRA C.A., Este terreno, presuntamente es propiedad de José Gómez Camacho el cual era arrendado a la antigua empresa “CANTERA NACIONAL”, según documentos autenticados, que reposan en archivos de la Empresa. Sin embargo, en fecha 15 de febrero del 2013 en Gaceta Oficial del Distrito Capital N° 138 fue publicada resolución del Gobierno del Distrito Capital, mediante la cual se ordena la ocupación temporal del Inmueble Cantera Nacional, donde se señala que el ente ejecutor de la misma es la empresa de producción social denominada “Canteras del Distrito Capital, S.A.”

Tabla 2. Mensura del lindero. **Fuente:** Plan de Explotación. Canteras del Distrito Capital (2015).

Índice	Norte	Este	Longitud
CDTTOC	1156286.629	718326.162	56.930
21	1.156,257778	718.277,084	38.096
272	1.156,261.190	718.175,929	32.511
257	1.156,270.483	718.144,774	14.459
252	1.1562,79.025	718.133,223	62.091
242	1.156,330.891	718.099,087	41.173
238	1.156,352.185	718.064,377	21.621
236	1.156,358.355	718.043,655	35.897
232	1.156,375.233	718.012,295	70.530
Índice	Norte	Este	Longitud

1.6 VISIÓN

Ser la empresa socialista modelo en la producción de agregados para la construcción en el área Metropolitana de Caracas, hacia una visión integral de la minería tomando al ambiente como eje transversal a las operaciones mediante el empoderamiento de la clase trabajadora y la sociabilización del sector minero suministrando materiales de alta calidad.

1.7 MISIÓN

Producir agregados de alta calidad, optimizando los recursos de forma eficiente y eficaz permitiendo atender la demanda efectiva enfocada en la atención a los clientes potenciales de exigencia y con precios competitivos en el mercado, combinando factores sobre recursos humanos, minerales y económicos para lograr sus objetivos y metas planteadas, bajo el marco de crecimiento y desarrollo sustentable.

1.8 DESCRIPCIÓN FÍSICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Urbani y Ostos (1997), define las siguientes características de la zona de estudio:

1.8.1 Topografía

La conformación topográfica del terreno en forma general es abrupta, está formada por áreas montañosas, enclavadas en un paso, originado por la quebrada.

1.8.2 Drenaje natural

Las redes hidrológicas tienen su eje principal en la quebrada Mamera, localizada en el lindero Sur de la cantera.

1.8.3 Clima y vegetación

La vegetación es típica de las regiones boscosas tropicales, donde proliferan las gramíneas, representadas en su mayoría por hierbas. La temperatura oscila entre 20,9 °C y 32, 5 °C.

1.8.4 Vegetación predominante en el área en estudio

Dengo (1951), indica que, el paisaje predominante en la región natural donde funciona la Canteras del Distrito Capital S.A., es de montaña y se encuentra ubicada en la Cordillera de la Costa. El área en estudio está a una altitud que varía entre los 1.300 metros en la zona alta de la Cantera y de los 900 metros en la entrada a Mamera.

El clima de la zona se caracteriza por su patrón biestacional con dos períodos bien marcados, la temporada de lluvias de seis meses y una de sequía de seis meses, los cuales son muy determinantes en el tipo de vegetación que predomina. La precipitación promedio anual es de 789 mm y una temperatura media anual de 21 °C, con una evapotranspiración potencial (1405,5 mm) siempre mayor que la precipitación. Estas características junto con la edafología y el uso de la tierra permiten explicar la presencia de los tipos de vegetaciones. Se demarcaron las

principales unidades de vegetación utilizando técnicas aerofotográficas y reconocimiento de campo. Así, en el área en estudio se distinguieron cuatro unidades de vegetación: bosque semidecduo; matorrales mezclados con vegetación de transición; sabana secundaria y bosque de galería.

MARCO GEOLÓGICO

1.9 GEOLOGÍA REGIONAL

Urbani y Ostos (1997), menciona por primera vez a la Formación Antímamo, designa la localidad tipo y la describe brevemente. Dengo (1947) la había identificado como las calizas de la fase Zenda de la Formación Las Brisas. Aguerrevere y Zuloaga (1937) y Smith (1952) las consideraron como parte de la Formación Las Mercedes. Dengo (1951) la eleva a rango formacional. MacLachlan (1960), Feo-Codecido (1962), Wehrmann (1972), González (1972) extienden esta unidad hacia los estados Miranda, Aragua y Carabobo. González de Juana *et al.* (1980, p. 314) son los primeros en interpretar que esta unidad probablemente "representa un horizonte tectónico y no una unidad litoestratigráfica". Ostos *et al.* (1987), Navarro *et al.* (1988) redefinen esta unidad como Fase Antímamo, ver (Figura. 4), formando parte de su unidad litodémica de corrimiento que denominan como Complejo La Costa, que reúne adicionalmente a las fases Tacágua y Nírgua. Urbani y Ostos (1989) y Urbani *et al.* (1989) utilizan este nombre en los mapas geológicos de la zona de Puerto Cruz a Macuto, Distrito Federal, y El Palito-Morón-Valencia.

1.9.1 Descripción litológica

Urbani y Ostos (1997), describe esta Formación como un mármol masivo de grano medio, color gris claro, con cristales de piritita, 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 %).

Urbani y Ostos (1997), 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".

1.10 GEOLOGÍA LOCAL

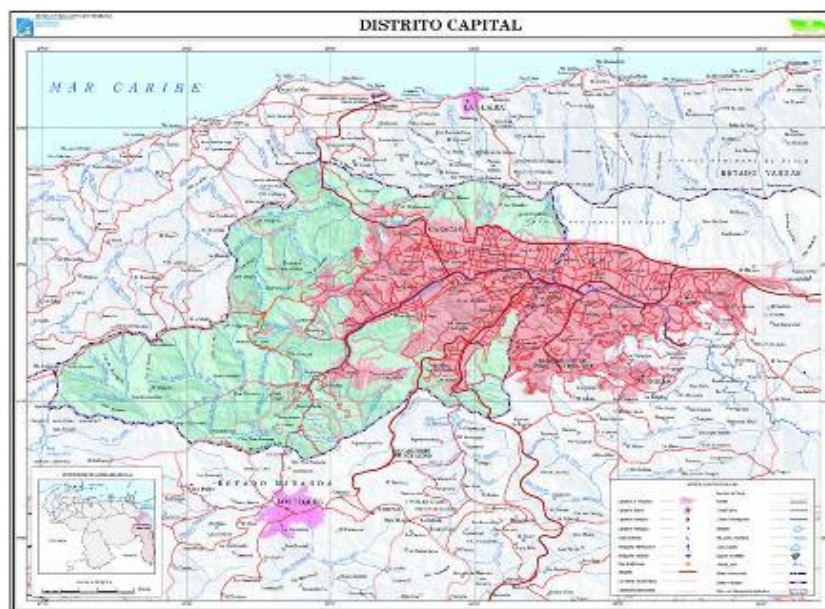


Figura. 4. Ubicación regional. **Fuente:** Plan de Explotación, Canteras del Distrito Capital (2015).

Urbani y Ostos (1997), indica que localmente el marco geológico consiste de una secuencia estratigráfica transicional, de intercalaciones de esquistos cuarzo-micáceos, esquistos cuarzo-calcáreos-micáceos y/o cianíticos, mármoles lenticulares piritosos grises, mármoles cuarcíticos, anfibolitas granatíferas y/o piritosas de tonos gris-verdosos y cuarcitas de grano fino gris claro también lenticulares, conformando en conjunto un sinclinal asimétrico fallado y diaclasado hacia la parte Noroeste de la mina, cuyo eje tiene un rumbo general Noroeste-Sureste y buzando hacia el Sureste.

No obstante esta estructura sinclinal desaparece hacia la parte media de la cantera, hacia el Sureste, donde la estratificación presenta un rumbo general NE con un buzamiento medio a moderado hacia el Sureste Ver (Figura. 5).

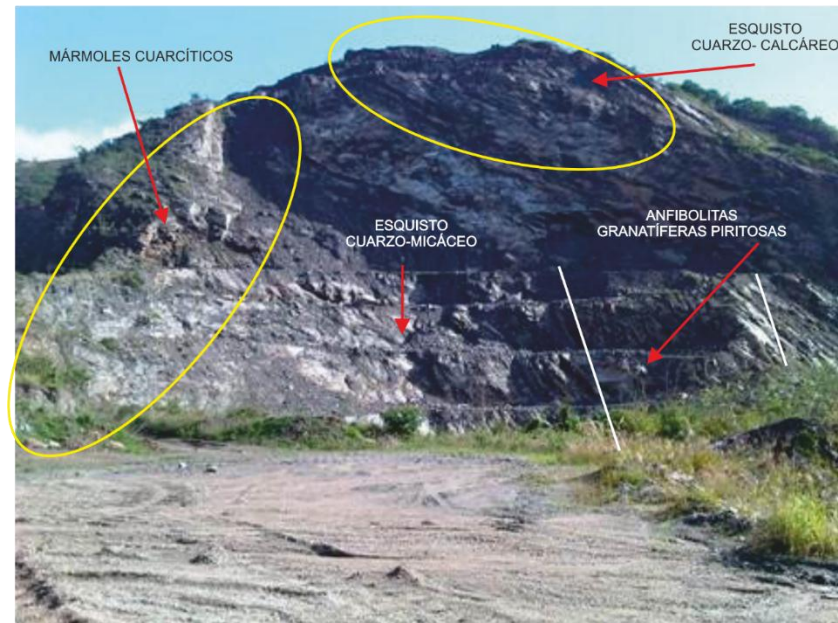


Figura. 5. Secuencia litológica que aflora entre el tope de Mina 1 al Oeste, vista al Norte. **Fuente:** CDC (2000).

1.10.1 Secuencia y descripción litológica

Localmente, la secuencia litológica consiste de tope a base (Noroeste a Sureste), de una intercalación de esquistos-cuarzo-micáceos muy meteorizados, un mármol masivo de grano medio, color gris claro con cristales de pirita, una intercalación de esquistos-cuarcítico-muscovítico-grafitosos, lentes delgados de mármol gris oscuro, anfibolitas (a veces intercaladas paralela y concordantemente a la foliación de la secuencia y a veces claramente intrusionando a la misma), cuarcitas delgadas gris claro y una gruesa capa de esquistos muy cuarzosos, calcáreos, micáceos muy compactos, que ha sido la fuente principal de roca para agregados que se ha extraído en esta mina, ver (Figura. 6).

Toda la secuencia expuesta en Mina 1 mide litoestratigráficamente, de tope a base unos 200 metros de espesor y ha sido fallada y diaclasada intensamente.

El mármol de grano medio de color gris oscuro, está formado en general de un 85-95 % de calcita, con cantidades menores de cuarzo detrítico, muscovita (2,5 %), grafito (2,5 %) y pirita, aunque en algunos lentes locales el mármol se observa con más del 90 % de calcita el cual se observa en sectores en forma de láminas de pocos centímetros de espesor junto con los esquistos que lo envuelven ver (Figura. 7).



Figura. 6. Afloramiento de mármol al Noroeste de la Mina 2 (Cota 1160). **Fuente:** Propia (2014).

Los esquistos presentes son esencialmente: esquistos calcáreo-muscovíticos $\pm$ grafitosos, esquisto cuarzo-muscovíticos $\pm$ granatíferos, esquistos cuarzo-muscovítico-graucofánico-granatíferos, predominando en la secuencia los esquistos cuarzo-muscovíticos a veces calcáreos.

Los cuerpos de rocas anfibólicas, algunas con estructuras de "boudinage", tiene porfiroblastos de granate hacia el sureste de la mina y cristales de pirita hacia el noroeste.

Estas rocas son muy compactas y están asociadas en sus zonas de contacto con los esquistos o mármoles, con vetas y vetillas irregulares de cuarzo, calcita y/o cuarzo y calcita asociadas con pirita, que evidencian zonas de alteración de contacto de hasta medio metro.



Figura. 7. Esquisto calcáreo en contacto con anfibolita, zona de alteración Cuarzo-Calcítica.
Fuente: CDC (2015).

1.11 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Estructuralmente el área de Mina 1 se encuentra plegada, fallada y diaclasada intensamente. Hacia la parte Norte se evidencia una estructura sinclinal asimétrica cuyo eje se inclina hacia el Sur y sus flancos se presentan suavemente plegados en secuencias de pequeños y sucesivos anticlinales y sinclinales que se distinguen por la diferencia de tonos grises visibles en los taludes de los frentes de arranque.

Esta estructura sinclinal desaparece gradualmente hacia el Sur de la mina y se transforma en un monoclinal de rumbo general E-W con buzamiento alto a medio al Sur. La estructura está fallada principalmente con fallas sinestrales y dextrales de rumbo general E-W de ángulo alto al Sur, cuyos planos o espejos de falla con estrías se observan a nivel de las cotas 1040 a 1080 msnm ver (Figura. 8).



Figura. 8. Plano de falla en esquisto calcáreo-micáceo. **Fuente:** CDC (2015).

Las diaclasas son abundantes debido a los intensos efectos tectónicos que ha sufrido la región y debido también a las características físicas de las rocas, que son muy compactas por su composición mineralógica eminentemente cuarzosa y/o calcárea, propensas a quebrarse o romperse en fragmentos grandes o bloques en vez de plegarse, como sería el caso de los esquistos micáceos y/o grafitosos de las formaciones Las Brisas y Las Mercedes que envuelven transicionalmente a estas rocas de la Formación Antímano.

Las diaclasas conforman sistemas paralelos en diferentes direcciones e inclinaciones. Las más recientes son abiertas formando grietas y las más antiguas están generalmente rellenas de calcita cristalizada y en algunos casos forman cavernas producto de disolución por el agua que se infiltra de la superficie, cuando se trata de las rocas calcáreas ver (Figura. 9).



Figura. 9. Sistema paralelo de diaclasas. **Fuente:** CDC (2000).

En todo caso, tanto las estructuras geológicas como las fallas y diaclasas presentes en la secuencia geológica, deben ser consideradas conjuntamente con las características físicas y mineralógicas de las rocas, tanto para el desarrollo de las futuras obras de infraestructura así como en los planes de explotación de la mina.

CAPÍTULO II

BASES TEÓRICAS

En este capítulo se presentaran las bases necesarias para la comprensión y análisis, que pueden ayudar en la contextualización y resolución de los problemas durante el desarrollo de la investigación en función de indicadores y parámetros a evaluar.

2.1 DISEÑO DE MINA

2.1.1 Minería a cielo abierto

Bustillos y López (1997) indican que dentro las minería a cielo abierto, las canteras usualmente son diseñadas y explotadas en forma de fosa abierta. Una fosa abierta o pit es una excavación que se realiza desde la superficie del terreno con la intención de extraer una mena y que permanece a cielo abierto durante la vida de la mina. Al final de la operación la imagen general de la mina o cantera se asemeja a una pirámide invertida. Como en cualquier operación minera comercial el objetivo principal es la explotación del minerales al costo más bajo posible para poder maximizar los beneficios de la actividad. Para poder lograr este objetivo, la selección de los parámetros físicos de diseño y el programa de extracción de mena y estéril son decisiones ingenieriles de alta complejidad e importancia.

El diseño de una mina a fosa abierta se realiza en varias etapas. A nivel general, se refieren a diseñar un esquema o conjunto de esquemas u opciones de diseño, para evaluarlas y seleccionar un esquema o diseño óptimo para la mina o cantera en particular. El diseño más económico frecuentemente depende de varios factores que no están dentro del control del ingeniero o empresa, tales como la geometría del yacimiento, elementos geotécnicos del mismo, avances tecnológicos, limitaciones legales y ambientales, topografía del terreno, entre otros. Sin embargo, existen varios factores como la selección de las relaciones de explotación, tasas de producción, selección de equipo y diseño general de la fosa y bancos de producción delimitan la economía del programa minero. Es por eso que

estos elementos deben ser estudiados con mucho detalle para alcanzar un diseño óptimo.

ITGE (1992) define que, en las operaciones de minas a cielo abierto se han asociado varios términos o conceptos particulares para este tipo de minería, incluyendo la operación de canteras.

Los siguientes conceptos son empleados en el diseño de minas a fosa abierta.

2.1.2 Banco

Puede ser definido como la terraza que forma un nivel de operación donde se puede minar mena o estéril. Generalmente los bancos se definen con la cota del piso correspondiente, por ejemplo Banco 140 se refiere a la terraza de operación establecida en la cota 140 m.

Los factores tomados en cuenta para el diseño de bancos están representadas por factores tan importantes como lo son la forma geométrica del cuerpo mineral, la distribución de mineral dentro del cuerpo, la topografía de la zona, el máximo talud final permisible de acuerdo con la consistencia de la roca, etc. Todos estos factores integran una metodología que si bien, en ocasiones puede ser aplicada paso por paso y obtener resultados satisfactorios, en otras bien puede cualquiera de los factores mencionados, obstaculizar su aplicación en forma óptima.

Mediante un análisis comparativo empírico de los límites de fosa y apoyados en los criterios de diseño, se definen los parámetros que gobernarán la geometría final de la fosa como se muestra en la (Figura. 10).

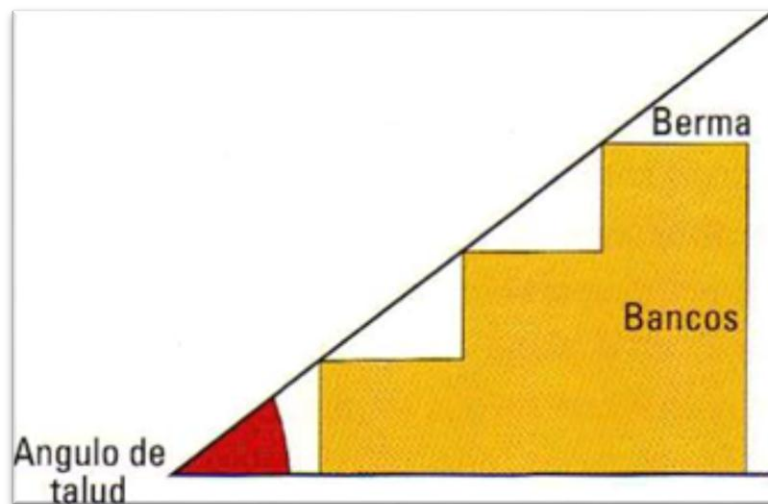


Figura. 10. Configuración geométrica de bancos. **Tomado de:** MGMM (2006).

2.1.3 Altura de Banco

La estimación de la altura de banco se efectúa principalmente en base a la naturaleza del yacimiento (variabilidad en sentido vertical), y por el tamaño del equipo de arranque y carga que va a ser utilizado, primordialmente por la altura máxima de ataque que puede efectuar la pala sobre el banco. Una forma práctica de estimar la altura de banco, es procurando que esta no sea mayor que la altura de la polea ubicada en el extremo superior de la pluma de la pala.

Esto desde luego se ha evaluado comparando las ventajas y desventajas que representa su implantación, resultando un aumento en la eficiencia del proceso de voladuras al reducir el tiempo de perforación por tonelada arrancada; reduce los costos al prorratarlos entre un número mayor de toneladas arrancadas; aumenta la productividad de las palas debido a que el tonelaje arrancado aumenta en proporción directa a la altura de banco; además, reduce tanto el número de voladuras necesarias para alimentar las palas como el tránsito de las mismas, ya sea en movimientos de protección por voladuras, o bien en movimientos de colocación para cargado.

2.1.4 Ancho de Banco

El término "banco" aplicado al diseño de una fosa puede definirse como el área de retención para el material producto de deslizamientos en el proceso de estabilización de los cortes en las paredes de la fosa.

Los deslizamientos mencionados pueden ser controlados mediante el diseño adecuado de bancos, así como de su espaciamiento, para lo cual se pueden considerar los siguientes parámetros: altura de talud, talud de corte sobre la cara del banco en base al ángulo de deslizamiento del material propenso a deslizarse.

En la (Figura. 11), se muestra un banco cortado en sección transversal sobre un área de deslizamiento y además, nos muestra en forma objetiva, el volumen de material deslizado en términos de área unitaria (A). El material que cae sobre el banco, se asume toma un ángulo de reposo uniforme y la forma de un montículo semicónico; para el cálculo del área unitaria se puede utilizar la ecuación 1.

$$A = H^2/2 (1/\tan B_w - 1/\tan B) \quad (1)$$

En donde:

A	=	Área unitaria.
H'	=	Altura de talud.
B	=	Ángulo de corte de la cara del banco.
B _w	=	Ángulo de deslizamiento.

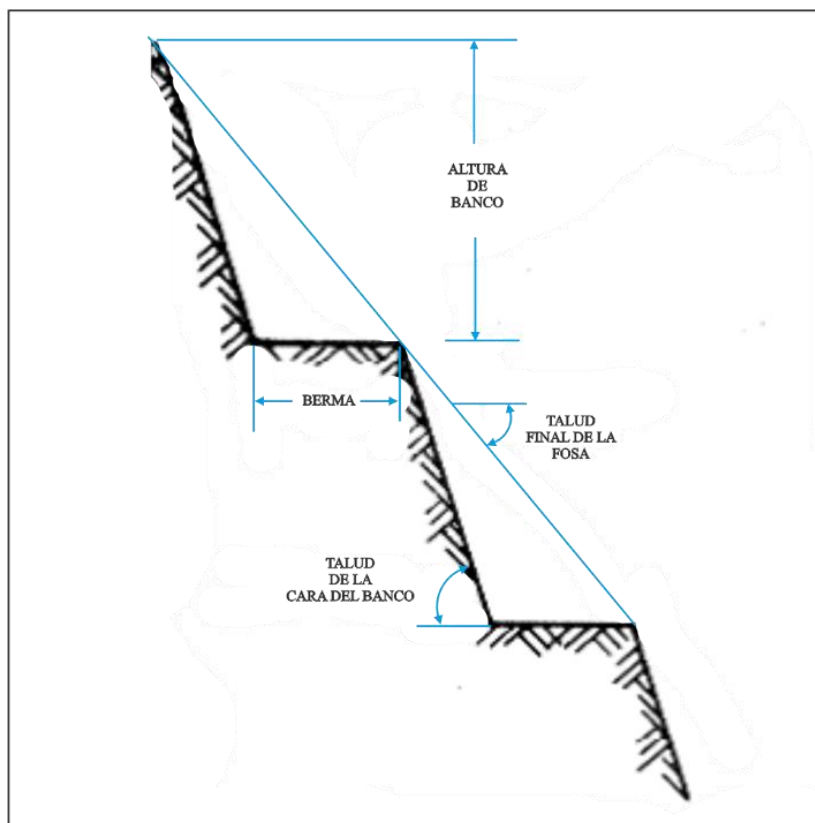


Figura. 11. Corte transversal de talud. **Modificado de:** ITGE (1992).

Sustituyendo estos valores en la ecuación 2 y aplicando el factor de esponjamiento, se obtiene un área unitaria. Ahora, para calcular el ancho mínimo de banco requerido para recoger todo el material deslizado, ver (Figura. 12). Se asume que este descansara sobre el banco a un ángulo natural de reposo "r". Aplicando relaciones trigonométricas y considerando los siguientes parámetros se tiene el ancho de banco buscado:

$$Banco = \sqrt{\frac{2A}{senrcosr + ((senr)^2 / tg(Bw-r))}} \quad (2)$$

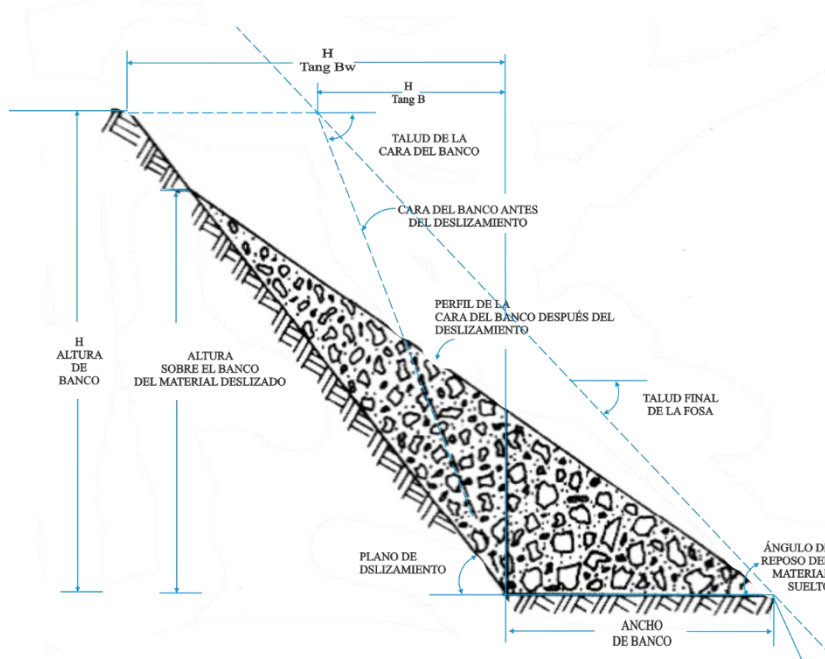


Figura. 12. Corte transversal de talud, con deslizamiento. **Modificado de:** ITGE (1996).

2.1.5 Ángulo del banco

Se refiere al ángulo más pequeño, medido en grados, entre la horizontal y una línea imaginaria que une el pie del banco con la cresta del mismo.

Normalmente se emplea el mismo ángulo de banco para todos los ángulos de la cantera o mina, excepto en casos particulares que requieran consideraciones especiales dependiendo de la conformación estructural y geológica del yacimiento.

2.1.6 Límites de la Fosa

Se define como la extensión vertical y lateral en la cual el yacimiento es económicamente explotable bajo las condiciones económicas, tecnológicas y ambientales existentes. Uno de los parámetros principales que limitan los límites de la fosa es la relación estéril mena, principalmente por el precio de la mena y el costo de extracción del estéril. Por ejemplo, en minas de diamante se trabaja

con relaciones estéril mena mucho más altas que en canteras de piedra metacaliza.

2.1.7 Ángulo general de la fosa

Es el ángulo, medido en grados, que se forma al unir el pie del banco más profundo con la cresta del banco más alto. Es importante destacar que este ángulo general se mide en la zona activa o de producción de la fosa.

2.1.8 Criterios para el diseño de una fosa de explotación

Bustillos y López (1997), indican que para el correcto diseño de una mina a cielo abierto se tiene que haber cubierto, la etapa de investigación geológica, fruto de la cual se obtendrá el modelo de yacimiento con todas sus características litológicas y estructurales, que permitirán optimizar la geometría del hueco final y establecer la planificación de las labores, el control y previsión de la calidad de los minerales y en suma, la rentabilidad del negocio.

En el momento de proyectar una mina a cielo abierto se deben tener en cuenta cuatro grupos de parámetros:

Geométricos: Función de la estructura y morfología del yacimiento, pendiente del terreno, límites de propiedad, etc.

Geotécnicos: Dependientes de los ángulos máximos estables de los taludes en cada uno de los dominios estructurales en que se haya dividido el yacimiento.

Operativos: Dimensiones necesarias para que la maquinaria empleada trabaje en condiciones adecuadas de eficiencia y seguridad: alturas de banco, anchuras de berma y pistas, anchuras de fondo, etc.

Medioambientales: Aquellos que permiten la ocultación a las vistas de los huecos o escombreras, faciliten la restauración de los terrenos o la reducción de ciertos impactos ambientales.

A continuación se definen los principales parámetros geométricos que configuran el diseño de una explotación a cielo abierto (Figura. 13).



Figura. 13. Parámetros de diseño de una fosa minera. **Fuente:** ITGE (1996).

2.1.9 Relación estéril mena (o relación de remoción)

Se calcula como la cantidad de estéril a remover por unidad de mena. Usualmente, se representa como relaciones estéril-mena; por ejemplo, una relación 3:1 quiere decir que se debe remover 3 unidades de estéril (las unidades pueden ser ton o m³) para extraer 1 unidad de mena.

Entre más baja sea la relación más conveniente económicamente será la explotación.

2.1.10 Modelaje de yacimientos

Descripción que se emplea como soporte para las operaciones mineras, diseño, planificación de mina, y decisiones sobre estudios exploratorios futuros.

Normalmente, el modelo geológico se refiere a la caracterización del yacimiento y a las características geológicas del recurso. El modelo consiste fundamentalmente en la agrupación de los datos geológicos, observaciones de campo, y estudios disponibles para el momento y su representación en una forma visual que permita apreciar todos estos elementos de una forma clara y precisa.

Entre las limitaciones más importantes que tienen los modelos geológicos es que se dispone de información precisa muy limitada del yacimiento (perforaciones, muestras de campo, entre otras) que deben usarse para extrapolar en zonas desconocidas. El modelo ideal incluiría información exacta y precisa de toda la zona del yacimiento; sin embargo, esto es económica y en algunos casos, técnicamente imposible y muy poco rentable. Es por eso que en el modelaje del cuerpo minero se

debe utilizar un cierto número de datos analizados para interpolar y caracterizar todo el mineral de la forma más adecuada posible con la información disponible.

Los objetivos principales para la realización de los modelos de yacimiento son:

- La descripción geológica del yacimiento en forma y estructura.
- Cálculo de reservas y cantidad de estéril presentes.
- Caracterización de calidad (tenor y otras características químicas).
- Descripción estructural y geotécnica del cuerpo y zonas cercanas.

Uno de los avances más importantes en la actualidad es el hecho de que se pueden desarrollar bloques de diferentes tamaños dependiendo principalmente de la variabilidad de datos para los mismos.

2.1.11 Selección de equipos

La selección de equipos para la explotación de una mina viene determinada principalmente por el nivel de requerimientos de producción, tipo de yacimiento y diseño de la mina.

El ITGE (1992) define varios de los factores más determinantes en la selección de los equipos dentro de los cuales tenemos:

- Producción requerida.
- Distancia de acarreo.
- Espacio operativo de acuerdo al diseño de la mina.
- Disponibilidad y costos de energía, combustible, consumibles, etc.
- Condiciones climáticas.
- Tipo de material.
- Vida de la mina comparada con la inversión de capital requerida
- Las características operativas de los equipos.

En términos generales, las operaciones de cantera emplean cargadores frontales o excavadoras hidráulicas para la carga en los frentes de explotación

y camiones roqueros o articulados para el acarreo de material hasta los centros de procesamiento.

2.2 OPERACIONES BÁSICAS DE MINERÍA

Portal Minero MGMM (2006) indica, que un ciclo de explotación minera se puede definir como la sucesión de distintas etapas u operaciones básicas, aplicadas al material, ver (Figura. 14). Además existen diferentes operaciones auxiliares cuya misión es hacer que se cumplan las operaciones básicas con la mayor eficiencia posible, sin embargo, su aplicación dependerá de la naturaleza del trabajo que se esté realizando.

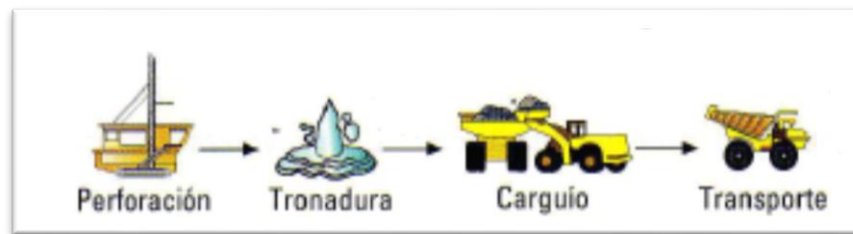


Figura. 14. Fases del ciclo minero. **Fuente:** Portal Minero, MGMM (2006).

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.

2.2.1 Voladura

El objetivo del proceso de voladura es fragmentar la roca de tal manera que quede de un tamaño suficientemente pequeño, en general menor que 1 m de diámetro, para ser cargada y transportada por los camiones mineros a los botaderos o al triturador primario, en donde se inicia el proceso de reducción.

La voladura es el primer proceso de conminación que se aplica al material, por lo que su éxito permitirá realizar un buen manejo de este material por parte de los procesos posteriores, principalmente en la trituración.

La granulometría que se obtendrá depende de las características de la roca misma y de la energía que se le aplique, por lo que si se desea una granulometría fina hay que utilizar mayor cantidad de explosivos o aumentar la potencia de la voladura ver (Figura. 15).



Figura. 15. Voladura a cielo abierto. **Fuente:** Portal Minero MGMM (2006).

La proyección del material es también un tema muy importante, ya que lo deseable es que el material suelto quede en un área no muy grande, dispuesto espacialmente de modo que el equipo que se encargue de su manejo posterior pueda hacerlo en condiciones acordes a su diseño de operación.

Generalmente el material volado queda de las siguientes formas:

En la (Figura. 16), se tiene una ola de gran altura y poca expansión, la cual reviste bastante riesgo en sus cercanías, pero es ideal para la operación con pala cable, ya que se posiciona frente a la saca sin tener que desplazarse. En este caso, el trabajo de los equipos de apoyo es mínimo. La voladura se ha realizado de modo que la proyección sea mínima.

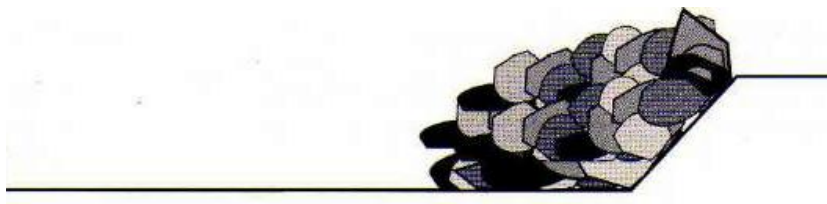


Figura. 16. Voladura sobre banco poca proyección. **Fuente:** Portal minero MGMM (2006).

En la (Figura. 17), se tiene una ola de altura y expansión intermedia, la cual no reviste mucho riesgo en sus cercanías. El mejor equipo de carga para esta ola es la pala hidráulica, ya que deberá realizar algunos movimientos. El trabajo de los equipos de apoyo es mayor que en el caso 1.



Figura. 17. Voladura sobre banco media proyección. **Fuente:** Portal minero MGMM (2006).

En la (Figura. 18), se tiene una ola de poca altura y mucha expansión, la cual reviste muy poco riesgo en sus cercanías. Es ideal para la operación con cargadores frontales, ya que estos deben desplazarse bastante, en este caso los trabajos de los equipos de apoyo son altos, la voladura se ha realizado de modo que la proyección sea relevante. La operación de voladura se lleva entre un 8 % a un 14 % del costo global de la operación de la mina.

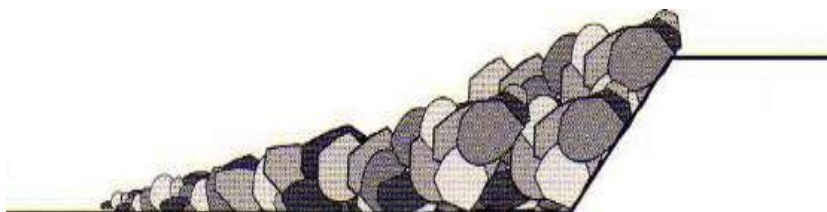


Figura. 18. Voladura sobre banco alta proyección. **Fuente:** Portal minero MGMM (2006).

2.2.2 Carga

Por carga se entiende la recogida de la roca arrancada del suelo, y su traslado hasta un medio de transporte. En el arranque mediante maquinaria esta operación se realiza a la vez que el arranque. Así, por ejemplo, una pala excavadora utiliza su caso para arrancar y cargar, tal como se ve en la (Figura. 19).

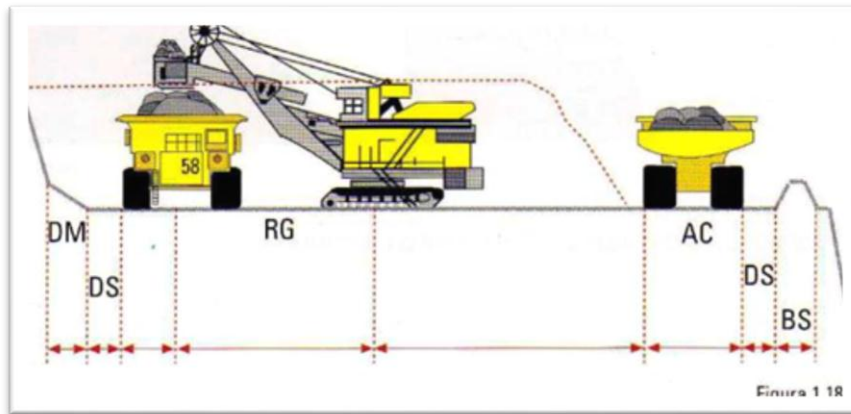


Figura. 19. Proceso de carga. **Fuente:** MGMM (2006).

Para la carga se tiene la siguiente secuencia de actividades:

- Preparación de la zona de trabajo.
- Posicionamiento de equipos.
- Retirar el material volado desde el frente de trabajo.
- Traspaso del material al equipo de transporte dispuesto para el traslado.
- Transporte del material a su lugar de destino, a planta, acopio o botaderos.
- Descarga del material.
- Retorno del equipo de transporte al punto de carga si es necesario.

Esta es una de las operaciones de mayor costo, debido a que es el proceso con mayor cantidad de equipos y menor rendimiento productivo por equipo. El costo de este proceso varía entre el 45 % y el 65 % del costo mina, razón por la que se debe garantizar un ambiente de operación apto para maximizar el rendimiento de estos

equipos (La carga oscila entre un 10 % y un 20 % del costo y el transporte, entre un 35 % y un 45 %).

El procedimiento de carga y transporte se detalla a continuación:

Una vez que se ha verificado que la operación será segura, libre de tiros quedados, derrumbes, etc., se prepara la zona de carga o sello de la zona con equipos de apoyo, como tractores, cargadores de servicio, camiones de riego, que dejen expedito el sector para la operación. Cumplido con esto se posiciona el equipo de carga y los equipos de transporte para iniciar la operación. El equipo de carga penetra el material tronado con su balde, llenándolo y desplazándolo hacia la tolva del equipo de transporte, donde descarga el material. Esto se repite hasta que el camión alcance su llenado operacional y sea reemplazado por otro para continuar cíclicamente hasta agotar el material del frente de trabajo.

Por lo general se debe cargar en más de una zona, por lo que mientras los equipos de carga y transporte operan en un sector, los equipos de apoyo están preparando otro.

Los camiones trasladan el material a botaderos de estéril, acopios de mineral, acopios de mineral de alta ley para trituración etc., donde procederán a descargar el material y retornar a la operación de carga tal como se ve en la (Figura. 20).

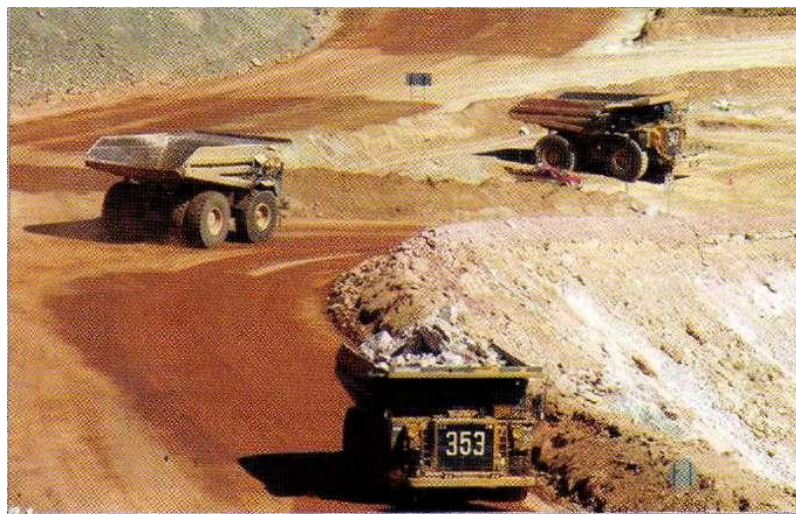


Figura. 20. Acarreo de mineral. **Fuente:** MGMM (2006).

2.2.3 Acarreo

El transporte es la operación por la que se traslada el mineral arrancado hasta el exterior de la mina, este puede ser continuo, discontinuo o una mezcla de ambos.

2.2.4 Descarga

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

2.2.5 Operaciones auxiliares

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

2.2.6 Servicios de Mina

El objetivo de este proceso es mantener la faena en condiciones operativas, garantizando que las operaciones unitarias se realicen con el mejor rendimiento y el mínimo riesgo.

Las principales actividades de los servicios mina son:

- Preparación de frente para carga.
- Construcción, habilitación y mantención de vías y accesos.
- Mantención de botaderos.
- Limpieza en sectores específicos, bancos, frentes, bermas y cunetas.
- Manejo de materiales no mineros.
- Apoyo directo a operaciones de carga y transporte.

Esta operación tiene costos que fluctúan entre un 12 % y un 20 % del costo global de la operación de la mina.

2.2.7 Soporte de Mina

Son las operaciones que forman parte de las actividades auxiliares y están directamente relacionadas con la operación del cargador frontal, excavadora, tractor y motoniveladora como apoyo a la optimización de las operaciones unitarias de minería.

2.3 EQUIPOS Y PRÁCTICAS OPERATIVAS

El ITGE (1996) hace una clasificación de los equipos empleados para las operaciones de soporte los cuales son descritos a continuación:

2.3.1 Palas hidráulicas

Existen dos tipos de palas hidráulicas:

- Frontales.
- Retros.

2.3.2 Características básicas de las palas hidráulicas

- Peso relativamente reducido.
- Reducida presión sobre el piso.
- Capacidad para subir pendientes.
- Versatilidad para orientar el cucharón en la frente de trabajo, por lo que son muy adecuadas para efectuar una explotación selectiva, ver (Figura. 21).
- Exige poco espacio para operar.
- Menor necesidad de tractor.
- Facilidad de desplazamiento.



Figura. 21. Posicionamiento de carga, Pala retro. **Fuente:** Propia (1996).

- La posición de la cabina suele establecerse en el lado izquierdo de la pala, debido a que el operador tiene mayor facilidad para posesionar al camión, por encontrarse ambos operadores en contacto visual, ver (Figura. 22).

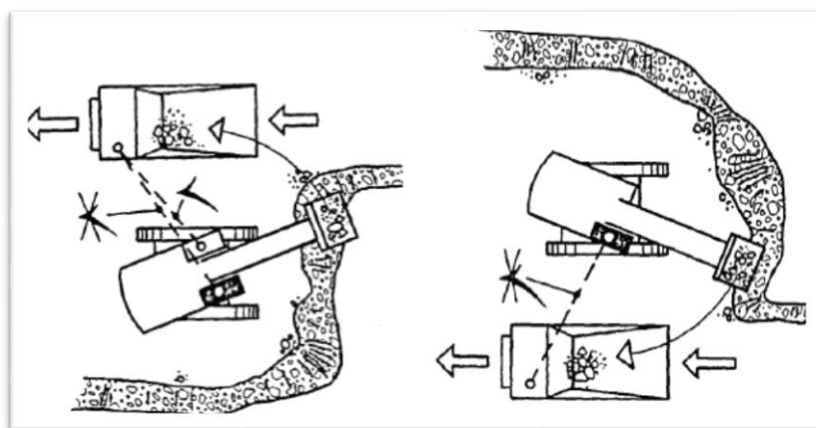


Figura. 22. Influencia de la posición de la cabina sobre la visión del operador. **Fuente:** ITGE (1996).

- Tiene la cuchara hacia abajo.
- Permite llegar a cotas más bajas.
- Utilizada sobre todo en construcción para zanjas, cimentaciones, desmontes, entre otros.

Equipo de gran maniobrabilidad, movilidad y versatilidad de gran popularidad tanto en obras públicas como en minería a cielo abierto. Es empleado para la carga y acarreo de material en distancias cortas. Su configuración básica consta de un cazo o balde accionado hidráulicamente ubicado en la parte delantera del chasis, sobre el cual se monta el motor en la parte trasera. El tren de rodaje puede ser sobre orugas o sobre ruedas, siendo este último es más utilizado.

El equipo retro solo realiza la excavación por encima de su nivel en la preparación de la frente de carga. Normalmente la unidad excava por debajo del nivel de sus orugas, pudiendo ubicarse el camión en el nivel inferior o en el mismo de la excavadora.

El tiempo de ciclo más pequeño y por tanto, el máximo rendimiento, se consigue cuando el ángulo de giro y la elevación es mínimo, situación que se produce estando el camión a un nivel inferior de la retroexcavadora. Además el rápido posicionamiento del camión reduce los tiempos muertos de la retroexcavadora, ver (Figura. 23).

2.3.3 Cargador Frontal



Figura. 23. Cargador frontal de Ruedas. **Fuente:** Web, Caterpillar, fecha de consulta: enero (2015).

Los cargadores están capacitados para realizar las siguientes operaciones:

- Cargado de camiones y tolvas.
- Cargado y transporte, eliminando el transporte en distancias cortas.
- Como equipo auxiliar: Preparación de rampas, apertura de accesos.
- Como máquina de empuje, limpieza de las frentes de carga.

Existen dos tipos de unidades que se diferencian en el tren de rodaje:

- Cargador montado sobre orugas.
- Cargador montado sobre ruedas.

Ventajas:

- Gran movilidad.
- Capacidad para trabajar en pendientes.
- Excelente maniobrabilidad.
- Posibilidades de obtener mezclas en el tajo debido a la gran movilidad.
- Facilidad para mantener un piso de carga limpio, sin necesidad de tractor.
- Menor inversión de capital que en otros sistemas de carga.
- Menor vida útil.
- Facilidad de reventa.
- Mantenimiento sencillo.
- Amplio espacio de maniobrabilidad, ya que necesitan desplazarse durante la operación de carga.

Desventajas:

- La productividad se reduce con la aparición de problemas de tracción, en pisos lodosos y blandos.
- Necesitan bancos de altura reducida para operar con seguridad.

- Condiciones de trabajo para el operador más incómodas que en otras máquinas de carga.

El uso de este equipo se traduce en acercarse al frente de carga con el cucharón al nivel del suelo, la dentadura horizontal y con la velocidad más baja. Una vez que ha penetrado el cucharón en la rezaga se procede al llenado del mismo mediante movimientos de cabeceo, apoyando la parte posterior del fondo del cucharón sobre el terreno y manteniendo el empuje frontal, con una nueva elevación de los brazo hasta que se llene el cucharón, ver (Figura. 24).

La duración de esta fase depende del tamaño del cargador, del tipo de material a cargar y la habilidad del operador.

A continuación, se cambia el sentido de marcha, retirándose de la rezaga con el cucharón elevado y en un momento dado vuelve a desplazarse hacia adelante con el fin de aproximarse al punto de descarga para depositar el material. La trayectoria que describe el cargador es habitualmente en forma de “V”, ver (Figura. 24).

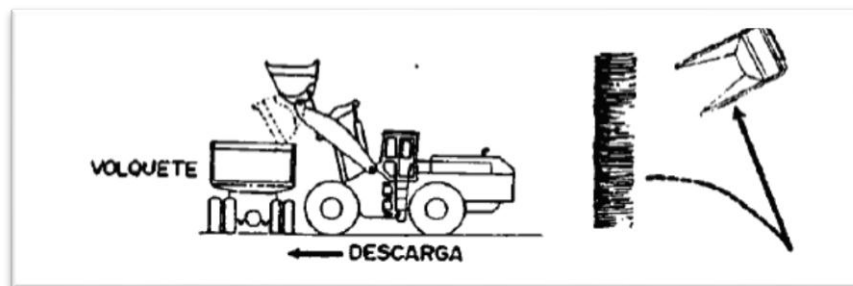


Figura. 24. Fases de trabajo de un cargador frontal. **Fuente:** ITGE (1996).

Como es lógico, la capacidad de producción depende de la distancia recorrida por el cargador, ya que este trabaja desplazándose. Se intentara que el recorrido de la unidad sea el menor posible, para optimizar el proceso se coloca el camión sensiblemente normal a la frente de carga y desde uno de los costados cargarlo totalmente, ver (Figura. 25).

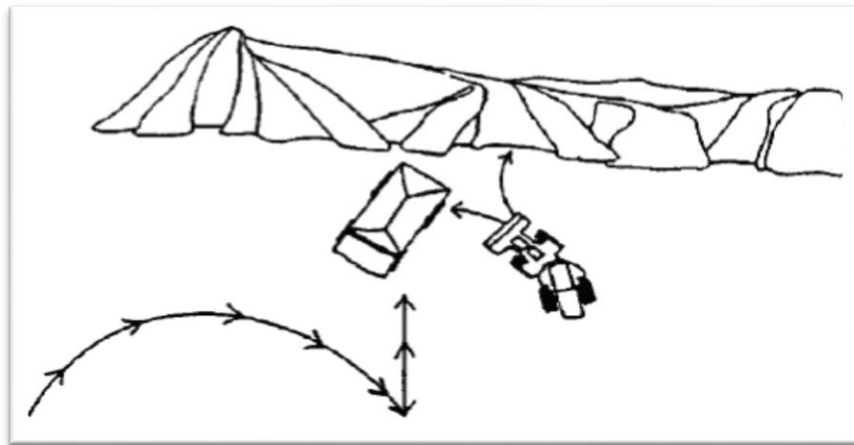


Figura. 25. Posicionamiento de carga. **Fuente:** ITGE (1996).

2.3.4 Tractores

El tractor es un equipo fundamental en casi todos los proyectos que impliquen movimiento de tierra. Consta de tres partes principales: la topadora (*blade*), el tractor (*dozer*) y el escarificador (*ripper*), ver (Figura. 26).

Los tractores de oruga son equipos muy versátiles, la gama de aplicaciones en minería es muy amplia, donde destacan:

- Puede fragmentar y abundar la roca utilizando el riper.
- Es segura y simple.
- El equipo humano necesario es mínimo.
- No genera vibraciones y ondas aéreas como las voladuras.
- Es un método de arranque más barato que la perforación y voladura.
- La profundidad de ripeado está limitado por la potencia del tractor y dureza del terreno, y casi nunca es superior 1,5 m.
- La segunda operación que suelen realizar es la de empujar materiales sueltos o poco consolidados.
- Limpieza de terrenos. En la deforestación y preparación de áreas que van a ser objetos de explotación o sobre las que se van a construir instalaciones.

- Nivelación pisos y limpieza de áreas de trabajo. En la operación de palas, perforadoras, etc., se requieren plataforma sensiblemente horizontales y sin obstáculos para que los camiones puedan aproximarse sin riesgo de corte en las llantas o sin pérdida de tiempo.
- Extendido de escombreras. El empleo de tractores en el extendido aumenta la producción de la flota de camiones, hace la operación más segura y proporciona unos taludes más estables.
- Restauración. Son equipos básicos para efectuar las operaciones de remodelado de los terrenos y descompactado de los materiales superficiales antes de llevar a cabo las labores de revegetación.
- Alimentación de cargadores. La producción de los cargadores puede mejorarse cuando los tractores suministran o depositan la rezaga en una posición idónea para efectuar la carga del mismo.



Figura. 26. Tractor de Orugas. **Fuente:** Web, Caterpillar, fecha de consulta: enero (2015).

2.3.5 Equipos de acarreo

El transporte de materiales y minerales en una mina a cielo abierto es muy variado dependiendo de las distancias al botadero (escombrera) o planta de beneficio, del material que se esté acarreado de los volúmenes de producción entre otros, de los sistemas de transporte más utilizados tenemos, Las volquetas (camiones) es el equipo de acarreo más utilizado actualmente, ver la (Figura. 27). El aumento de las

capacidades de estos equipos se ha incrementado aceleradamente en los últimos años, de la mano con las necesidades del sector minero.



Figura. 27. Camión rígido. **Fuente:** Web, Caterpillar, fecha de consulta: enero (2015).

2.3.6 Motoniveladora

Sirve de apoyo en las labores de mantenimiento de las vías de acarreo, trabajos de nivelación de vías en obras mineras y civiles, entre otras actividades, tal como se ve en la (Figura. 28).



Figura. 28. Motoniveladora. **Fuente:** Web, Caterpillar, fecha de consulta: enero (2015).

2.3.7 Camiones de Agua o Cisterna

Utilizados en el mantenimiento de vías y en el control de polvo para minería a cielo abierto, ver (Figura. 29).



Figura. 29. Camión cisterna. **Fuente:** Web, Caterpillar, fecha de consulta: enero (2015).

2.4 SELECCIÓN Y EVALUACIÓN DE VIALIDAD

Portal Minero MGMM (2006), refiere que la vía de acarreo es la vía o camino que se emplea para cumplir diversas actividades operativas de la mina, principalmente el acarreo de material desde los frentes de explotación a los centros de procesamiento (trituración primaria, secundaria, terciaria, móvil u otro).

Carciente (1999), define que la primera etapa en la elaboración de un proyecto vial consiste en el estudio de las rutas, una ruta se entiende como la faja de terreno, de ancho variable, que se extiende entre los puntos terminales que se quieren comunicar y dentro de la cual podrá localizarse el trazado de la vía.

La localización de una vía está influenciada por diversos factores, entre los cuales destacan:

- **Topografía**

Es uno de los factores principales y determinantes en el estudio de las rutas, puesto que afecta los alineamientos, pendientes, visibilidad y sección transversal de la vía.

- **Características físicas y condiciones geológicas**

La presencia de zonas inestables, la secuencia estratigráfica, las características litológicas, las características geotécnicas, son factores muy importantes en la selección de una ruta.

- **Restricciones ambientales**

Deben considerarse los factores relacionados con el control de la contaminación, limitación de los ruidos, uso de la tierra, infraestructura cercana, y otros.

- **Estudio del trazado de vías**

Portal Minero MGMM (2006), Refiere que el proceso de estudio del trazado de una vía implica la búsqueda, evaluación y selección de las posibles líneas que se pueden localizar en cada una de las fajas de terreno que sean consideradas como merecedoras de un estudio más detallado después de la evaluación de rutas, dentro de ellas se define los siguientes conceptos:

2.4.1 Ancho operativo de vías

El ancho de vías lo constituye la pista de rodadura donde transitan dos equipos de acarreo en sentido contrario, y para dicho cálculo se toman en cuenta la siguiente ecuación 3:

$$A= a (0.5+1.5n) \quad (3)$$

Dónde:

A= ancho de la vía expresado en metros (m).

a=ancho del vehículo (m).

n= número de carriles.

Para el equipo Caterpillar CAT 769D posee un ancho de 5,01 m según manual (CAT).

2.4.2 Bermas de seguridad

Son estructuras horizontales que se dejan de manera permanente en las paredes finales de las fosas para mejorar la estabilidad y seguridad del talud final. A diferencia del banco, que es una terraza operativa y que varía con la vida de la mina, la berma se establece en el talud final y, consecuentemente, es permanente.

Para el cálculo de la berma de seguridad se emplea la siguiente ecuación 4:

$$1/3 \text{ de } h \quad (4)$$

Dónde: **h**= altura de los neumáticos = 1,70 m

2.4.3 Ángulo de berma

Es el ángulo, medido en grados, que se forma entre la horizontal y la pared de la berma.

2.4.4 Peralte

El peralte no es más que la pendiente transversal que se da a las curvas de la calzada de una carretera con el fin de compensar con una componente de su peso la fuerza centrífuga del vehículo y lograr que las resultantes de las fuerzas se mantenga más o menos perpendicular a la calzada, el objetivo es contrarrestar la fuerza centrífuga que impele un vehículo hacia el exterior de la curva así como de evacuar las aguas en la calzada, para el cálculo se emplea la ecuación 5:

$$(n) \quad e+f = (v)^2 / 127,14 R \quad (5)$$

Dónde: **e**= tg del ángulo de la superficie con la horizontal

f: coeficiente de fricción.

v : velocidad en Km/hora.

R: radio de curvatura en (m).

2.4.5 Pendiente

Es la relación entre la altura que sentimos cuando ascendemos por la carretera y la distancia que nos desplazamos horizontalmente. Matemáticamente es la relación es la tangente del ángulo que forma la carretera con la horizontal. Así, una pendiente de 10% significa que salvamos 10 m de desnivel por cada 100 m de avance en horizontal, esta se puede medir directamente con el empleo de un clinómetro de mano.

2.4.6 Conformación de vías

Los materiales que han de constituir la capa o capas de un firme para las vías, pueden ser de naturaleza muy diversa, pero, en general, procederán del estéril de la propia explotación.

En la gran mayoría de los casos, la capa o capas del firme estarán formadas únicamente por materiales granulares sin ningún tipo de aglomerante, siendo los materiales de las zonas superiores, con respecto a los de las zonas inferiores (sub-base), de mayor dureza, menor tamaño máximo, mayor regularidad etc.

En casos muy especiales, cabe recurrir a materiales aglomerados de calidad, similares a los que se utilizan en los pavimentos de las carreteras: mezclas asfálticas y hormigones.

Normalmente, en una explotación existen diversos tipos de estériles, por lo que debe hacerse una selección de los más idóneos. En principio, no se consideran adecuadas las rocas siguientes:

- Areniscas poco cementadas y deleznales.
- Margocalizas blandas.
- Micacitas y filitas degradables.
- Pizarras arcillosas.
- Argilitas y limolitas.
- Tobas calcáreas y caliches.
- Anhidrita y yesos.

Así como cualquier tipo de roca que se desintegre espontáneamente a la intemperie o se desmenuce y degrade al ser compactada o bajo el paso de cargas.

El ensayo más sencillo para calibrar la calidad de la roca es el de desgaste Los Ángeles, midiendo la reducción de tamaños que se produce en un conjunto de piedras al introducirlas en un molino de bolas en condiciones normalizadas. De acuerdo con los resultados de este ensayo, un criterio de calidad puede ser el dado en la (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros de calidad desgaste los ángeles para bases viales. **Fuente:** Portal Minero MGMM (2006).

Coeficiente de desgaste	Calidad
<20	Excelente
20-30	Buena
30-40	Regular
40-50	Mala
>50	Muy mala

Los estériles especiales deben ser objeto de pruebas y ensayos antes de decidir su empleo.

Además de unas características litológicas aceptables, los estériles deben poseer una composición granulométrica adecuada, ya que la resistencia proviene de un encaje adecuado entre elementos o partículas y un pequeño volumen de huecos. Ello hace que no sean convenientes granulometrías uniformes ni excesivamente discontinuas.

2.4.7 Cunetas

Bustillos y López (1997), indica que una zanja o canal es aquella que se abre a los lados de las vías terrestres y que debido a su menor nivel recibe aguas pluviales y las conduce hacia un lugar que no provoque daños e inundaciones.

Con el fin de proponer un diseño geométrico de canal para conducir las aguas de esorrentía en Cantera Nacional, el autor se basa en la ecuación 6:

$$Q = V * A \quad (6)$$

Dónde:

Q= Caudal (m³/s).

V= Velocidad del agua (m/s).

A= Área de la sección mojada (m²).

2.5 PLANIFICACIÓN MINERA

2.5.1 Planificación en minería

Ortiz y otros (2002), indica que antes de entrar en una clasificación de las diferentes clases de planificación que se aplicarán en las empresas, debemos tratar de definir, si es posible, el concepto mismo de planificación de una manera práctica y aplicable a los casos mineros. De diferentes autores se han escogido varias definiciones, ya que, probablemente, de la lectura de todas podremos obtener una impresión más completa que tomando una sola como dogma, de estas tenemos:

La planificación será un proceso de adaptación a los inevitables cambios o ciclos.

- Planificación será un estilo de dirección. Será una actitud mental y laboral más que una técnica.
- Planificación será una decisión o elección previa.
- Planificación es creer y desear hacer algo que sucederá.
- Planificación será no confundir el deseo con la realidad.
- La planificación será anticipar el posible futuro.

Una definición, tomada del Diccionario de la Real Academia nos dice que:

Planificar una empresa es organizarla conforme a un plan determinado. Planificar significa, literalmente, hacer planes, si estos, además, se documentan adecuadamente, se denominan proyectos. Proyecto es un conjunto de planos y

documentos que permiten realizar una acción por un equipo de personas diferentes al que la ha planificado.

Ortiz y otros (2002), clasifica la Planificación de Mina en tres niveles:

2.5.2 Planificación estratégica

Su principal objetivo es sincronizar el mercado con los recursos disponibles y la misión del empresario, ver en la (Figura. 30).

Existen 5 funciones principales de la planificación estratégica a saber:

- Reconocimiento constante del recurso mineral.
- Métodos de extracción.
- Ritmos de explotación.
- Secuencia de producción.
- Leyes de corte.

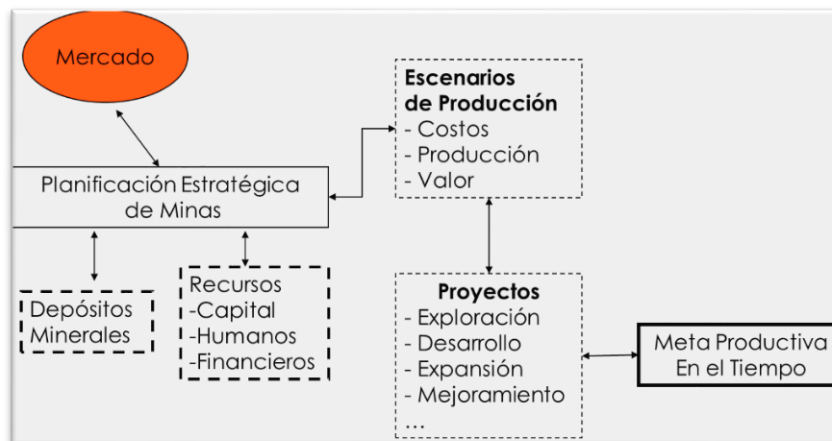


Figura. 30. Planificación estratégica. **Tomado de:** Ortiz y otros (2.001).

2.5.3 Planificación conceptual

La planificación conceptual es el proceso que delinea los recursos existentes para conducir a la meta productiva definida como parte de la planificación estratégica.

Generalmente la planificación conceptual de minas se enmarca dentro de un ámbito de proyecto, ver la (Figura. 31).

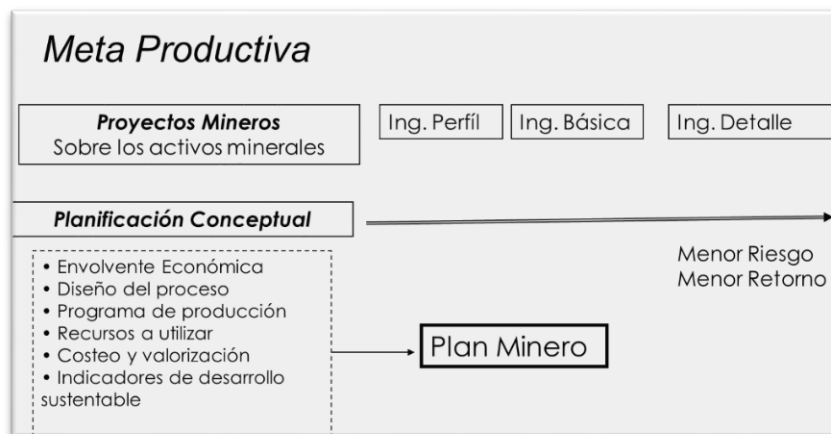


Figura. 31. Planificación conceptual. **Tomado de:** Ortiz y otros (2001).

Esta define ¿qué?, ¿cuándo? y ¿cómo? se extraerán los recursos en cada uno de los periodos del negocio minero.

- Se cuantifican los recursos humanos y materiales a utilizar.
- Representa el plan de negocios de la compañía.

2.5.4 Planificación operativa

Cuando la mina es puesta en operación se realizan diversas actividades de optimización de equipos y procesos que conducen a la consecución del plan minero.

En esta etapa se produce retroalimentación hacia la planificación conceptual de modo de redefinir algunos conceptos y generar los proyectos que permitan alinearse con el plan minero.

El aporte de la planificación operativa al proceso de planificación es fundamental desde el punto de vista de la definición de indicadores operacionales como se ve en la (Figura. 32).

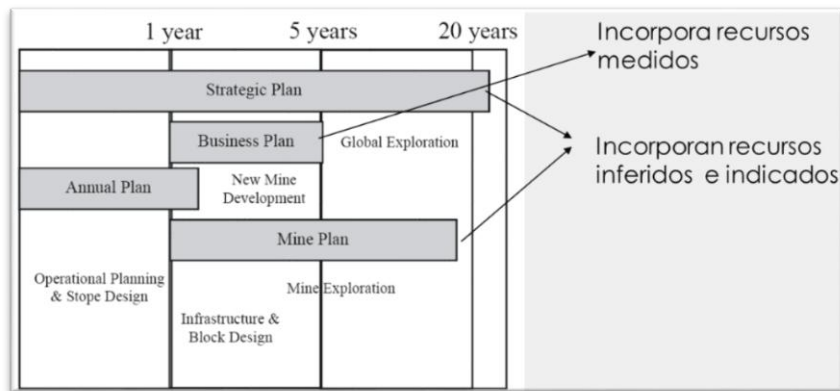


Figura. 32. Planificación operativa. **Tomado de:** Ortiz y otros (2001).

2.5.5 Horizontes de planificación

Los horizontes de planificación se definen como una herramienta para tratar la incertidumbre dentro del proceso minero:

- Planificación de largo plazo.
- Planificación de mediano plazo.
- Planificación de corto plazo.

Como herramienta de aproximación al problema es necesario dividir el problema a resolver.

Esta última es normalmente operativa, pues, proyecta las actuales operaciones hacia el futuro, como un resultado de la dimensión tiempo, en algunas ocasiones pueden existir decisiones a corto plazo que son estratégicas a causa del impacto tan fuerte que tienen sobre la naturaleza y la dirección del negocio.

La planificación estratégica tiene que ver más con el entorno-cambio de las condiciones ambientales- en que se desarrolla la vida de la empresa, uno de los cuales

es, naturalmente, el tiempo. Una decisión estratégica a corto plazo puede ser parar una mina por falta de rentabilidad en un mercado dado y en un momento determinado y otra es volver a arrancarla cuando han variado las condiciones del mercado. La determinación de la naturaleza y dirección de la empresa es la más alta de las responsabilidades de la alta dirección e incluso la más vital.

Toda empresa tiene una planificación estratégica bien sea formal o no, bien la lleve a cabo o no.

Es tan sólo cuestión de quien formula dicha estrategia. Si los altos niveles de la compañía no dan suficiente importancia a la planificación estratégica, entonces otros niveles internos o inferiores de la organización lo hacen o lo que es peor, algunos elementos externos a la empresa, gobiernos, consumidores, clientes, competidores, ecologistas y sindicatos pueden forzarla y cambiar el destino de la empresa. Esto ha sucedido y sucederá en muchas grandes empresas, con una común falta de planificación estratégica y a largo plazo.

2.5.6 Planificación de soporte

Los elementos pertinentes para una planificación de soporte o servicio de mina son los siguientes:

- Tamaño del yacimiento.
- Envolvente económica.
- Método de explotación.
- Ritmo de extracción.
- Secuencia de explotación.

2.5.7 Planificación de Mediano plazo

- Presupuesto de operaciones, generalmente un año.
- Se encarga de adaptar los modelos que sustentan la planificación de largo plazo.

- Produce planes de producción que permiten conducir la operación a las metas de producción definidas en el largo plazo.
- El resultado de esta planificación es utilizada para adaptar la definición de negocios de la mina.

2.5.8 Planificación de Corto plazo

- Equipos y logística para cumplir con la meta definida en el presupuesto de operaciones de la mina.
- En esta instancia de planificación es donde se deben analizar los recursos utilizados en la operación de la mina.
- Sin embargo su rol más importante es la recopilación y utilización de la información operacional de modo de retroalimentar a la planificación de mediano plazo.
- Define indicadores de modo de corregir los modelos que sustentan la planificación, tal como se muestra en la (Figura. 33).

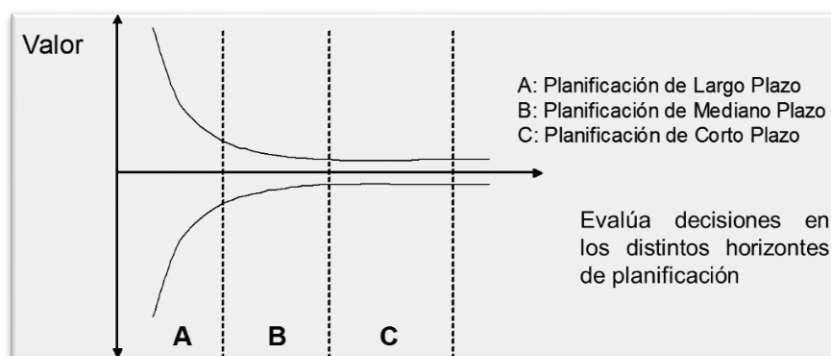


Figura. 33. Horizontes de planificación y agregación de valor. **Tomado de:** Ortiz y otros (2001).

2.5.9 Etapas del proceso de planificación

La planificación debe ser una herramienta para tomar decisiones. Las etapas o pasos que se deben seguir son básicamente.

- Determinación de los objetivos mineros a conseguir.
- Desglose de los objetivos en sub-objetivos específicos en tiempo y dimensión.

- Desarrollo de las alternativas posibles.
- Comparación entre las diferentes alternativas.
- Valoración de las alternativas en tiempo.
- Valoración de las alternativas en presupuesto.
- Elección provisional de la alternativa más conveniente.
- Medición de las consecuencias adversas de esta alternativa.
- Toma de la decisión final.

Entre las alternativas posibles no se debe confundir lo que debe ser con lo que queremos que sea, esto significa claramente no confundir el deseo con la realidad.

En lugar de interpretarse la planificación como una herramienta o simplemente como una técnica, es mejor comprenderla como un modo de dirigir y conseguir la realización de un proyecto, así se trata más de un estilo de trabajo que se refleja en todo el ambiente del trabajo y en la propia organización de la empresa. Como tal, este estilo debe ser compartido por todos los miembros de la dirección como un equipo y no solamente como una imposición personal del director, y a ser posible este debe recoger las aspiraciones del equipo y hacerlas suyas.

2.5.10 La Planificación como un proceso

Planificación es el proceso de formular los objetivos y los sub-objetivos, así como el desarrollo y evaluación de las alternativas de actuación para alcanzar aquellos objetivos, haciéndolo sobre la base de saber identificar las oportunidades, disminuir las resistencias externas y fortalecer los puntos débiles internos de la empresa.

El proceso de planificación puede ser llevado a cabo para las diferentes áreas o grupos de decisión y también para u y diferentes horizontes de tiempo, especialmente cuando se trata de grandes empresas o grupos financieros multinacionales, aun cuando al final se consoliden los resultados globales. Los resultados de este proceso deben ser unas decisiones, que en forma de planes o programas constituyen las bases para actuar y así serán unas decisiones de hoy que producirán los resultados que a la Dirección le gustaría obtener en el futuro.

2.5.11 Los Resultados de la Planificación

Los resultados del proceso de planificación deben ser unos documentos formales, que pueden tomar la forma de unos programas parciales o globales, que cubran unos plazos cortos o largos y que pueden afectar a la compañía como un conjunto o a una parte de ella como una división.

Un ejemplo muy antiguo y minero será el Plan de Labores anual como un programa temporal del proyecto minero, que es, al fin y al cabo, otro plan a mayor largo plazo y con un carácter más estratégico.

2.5.12 Razones para hacer planificación en las compañías

- Cambios en el medio ambiente.
- Incremento en las presiones de la competencia.
- Desarrollo del mercado o de la demanda.
- Ciclos de los productos más cortos.
- Nuevas actitudes del gobierno, como un factor político.
- Fluctuaciones de las cotizaciones de precios y monedas.
- Importancia de poder anticipar y resolver los problemas en avance.
- Dificultades de comunicación entre los niveles de mando.

2.5.13 Ventajas y desventajas de la planificación

- Existe una mayor libertad, se reducen las dudas y los dobles pensamientos.
- Se canalizan los limitados recursos hacia un fin común.
- Se puede prevenir contra las desviaciones y permite tomar medidas correctoras.
- Existe una mayor moral.
- Se tiene una base para una motivación participada del equipo.
- Se consigue que el equipo sea atraído y trabaje más de acuerdo hacia los objetivos.
- Sin planificación la gente tiende a enfocarse sobre los defectos o las dificultades, aumentando el malestar interno.

2.5.14 Los inconvenientes con la Planificación:

- Puede crearse una fuente de conflictos internos.
- Coloca algunos "secretos" en manos que podrían llegar a ser peligrosas.
- Es difícil formular los objetivos y las alternativas por escrito y consume tiempo y dinero, además de, posiblemente, tener que emplear los mejores cerebros.

2.5.15 Periodo de duración del plan minero

En función de la diferente precisión de los datos y de la escala espacial de los mismos periodos el plan minero, se descompone en:

- Proyecto - de 15 a 30 años - largo plazo.
- Plan de producción:- de 3 a 5 años - medio plazo.
- Plan de labores: de 1 año - corto plazo.

El plan de labores mineros puede y debe ser desglosado en períodos trimestrales y mensuales. Debe corresponder a la parte anual y alícuota del proyecto de explotación a largo plazo o de la vida de la mina y se descompone, además de temporalmente, en una serie de programas específicos de actuación, junto a la necesidad de informar oficialmente de los resultados de las operaciones del ejercicio anterior tanto en extracciones como en personal.

- Programa de reservas explotables.
- Maquinaria y medios.
- Personal operativo.
- Producción.
- Presupuestos.
- Cronograma de actividades.

2.5.16 Técnicas de planificación

Las técnicas más importantes o procesos para efectuar la planificación minera son:

- La dirección por objetivos.
- La toma de decisiones.
- Utilización del ordenador.
- La técnica de simulación.
- La optimización o mejoramiento.

El proceso de dirección por objetivos, en líneas generales, consiste en que:

La alta dirección define los objetivos y las limitaciones generales. También debe establecer los propósitos y los valores fundamentales de la empresa.

La toma de decisiones básicamente se puede decir que se planifica para tomar decisiones. La sustitución del método, más o menos intuitivo, de la dirección por experiencia, que podrá ser calificado como un arte, por una técnica de dirección basada en cálculos y valoraciones, ha permitido el avance, tanto en tiempo como en calidad, de las técnicas más jóvenes de dirección por objetivos.

El proceso de tomar una decisión debe ser dividido en un número de pasos consecutivos para su más riguroso análisis.

Estos pasos normalmente deben ser:

- Establecer los objetivos.
- Clasificar los objetivos de acuerdo a su importancia. (priorización).
- Establecer las alternativas entre las que elegir.
- Evaluar las alternativas contra los objetivos.
- Elegir la alternativa menos mala como una decisión tentativa.
- Valorar las consecuencias adversas que pueda crear la decisión tentativa.
- Tomar la decisión final.

2.6 ESTUDIO DE TIEMPOS Y ESTIMACIÓN DE EFICIENCIA EQUIPOS

Ortíz y otros (2002), refiere que a fin de llevar a cabo una estimación de la producción de los equipos de carga y acarreo, es necesario conocer algunos conceptos sobre programación de equipos, utilización y disponibilidad de los mismos. Conceptos que posteriormente nos permitirán sistematizar y analizar nuestros estudios de tiempos. En cualquier operación de movimiento de tierras, se puede ganar o perder más dinero en la programación de los equipos que en cualquier otra faceta de trabajo. El programa ideal de equipos es aquel que tiene cada uno de los mismos trabajando todo el tiempo. En la práctica (por muchas razones obvias, principalmente debido a las condiciones mecánicas, condiciones operativas y razones de naturaleza humana), esta situación ideal no es factible de conseguir. Las organizaciones mineras luchan por mantener trabajando la mayor cantidad de tiempo al mayor número posible de unidades de la flota. La eficiencia de las operaciones requiere que el número mínimo de equipo mueva las toneladas proyectadas en el período de tiempo estipulado. En el caso de una operación de palas y camiones, esto significaría la programación del número mínimo de guardias de palas y camiones a fin de excavar y transportar el tonelaje necesario a o las plantas de procesamiento. Este programa de producción puede estar planteado en términos de toneladas o metros cúbicos por año, por mes, o por hora; pero deberá eventualmente expresarse en términos de toneladas o metros por máquina y por unidad de tiempo. La tendencia a equipos más grandes y más rápidos, y como resultado más costosos; implica que el operador considere cada posibilidad a fin de que los equipos se encuentren operando las 24 horas del día, siete días por semana. En algunas áreas puede no ser económicamente factible que los equipos se encuentren operativos los siete días de la semana, debido los cargos laborales por sobre tiempos, por ello definen los siguientes conceptos:

2.6.1 Disponibilidad

Ortíz y otros (2002), indica que un factor importante al programar el equipo es la disponibilidad de las unidades. Por ejemplo, al programar una pala, un 80 % de disponibilidad es un factor común, por consiguiente de cada 100 guardias 80 serán

productivas y se perderán 20 en reparación. Con este factor de disponibilidad en mente, es apropiado programar, tal como se ha indicado anteriormente, el equipo más nuevo y con mayor disponibilidad en las áreas de alta prioridad. Las máquinas más viejas, que requieren más tiempo en reparación, deben programarse en trabajos menos exigentes.

2.6.2 Disponibilidad mecánica

Ortíz y otros (2002) refiere que, las horas trabajadas, o las horas operadas, se definen como el tiempo que una cuadrilla o un operador son asignados a un equipo y la máquina está en condiciones operativas. Entonces las horas trabajadas incluirían cada retraso. El tiempo de retraso incluye el tiempo perdido en el viaje de y hacia el lugar de trabajo tal como se ve en la ecuación 7, el tiempo traslado, tiempos de lubricación y llenado de combustible, tiempos perdidos debido a las condiciones climáticas, reuniones de seguridad y así sucesivamente. Los tiempos de retraso son incluidos dentro de las horas de trabajo porque deben ser consideradas como una parte integrante de la operación. En la mayoría de los casos, los retrasos encontrados son de duración relativamente corta y el equipo se mantiene en funcionamiento.

$$D.M.= \frac{\text{Horas posibles de trabajo}-\text{Horas de parada por reparación}}{\text{Horas posibles de trabajo}} \quad (7)$$

2.6.3 Disponibilidad física

Ortíz y otros (2002) señala que, las “horas en *stand by*” representan el tiempo que una pieza de equipo está disponible para la operación, pero no es usado cuando la mina está en una operación programada. Por ejemplo: en una operación de seis días, no se considera tiempo en *stand by* el séptimo día o día no programado. O en una operación con una o dos guardias, las guardias no programadas no son consideradas tiempos en *stand by*. Las “Horas programadas” son el número de horas en que se trabaja la mina. Las horas programadas serán iguales a las horas trabajadas más las

horas en reparación las horas en *stand by*. La “disponibilidad física”, tal como se indicó anteriormente, es básicamente un registro histórico de una máquina, que muestra qué uso se ha hecho de los tiempos. Aunque una máquina puede estar mecánicamente lista para el servicio, se presentan ocasiones en que, por razones operacionales, no es apropiado usarla por razones económicas. La disponibilidad física considera estas condiciones. Esta es muy útil en una apreciación general de la actuación mecánica del equipo, y también puede usarse como un indicador de la eficacia de un programa de planificación de maquinaria. Si la disponibilidad física es considerablemente más alta que la verdadera disponibilidad mecánica, el equipo no está siendo utilizado a su capacidad, siendo deseable un estudio completo la operación. Este estudio podría mostrar si una máquina haya sido deliberadamente asignada a un programa suave, (áreas aisladas, máquina pequeña, o pobre performance, etc.) o si una pobre planificación haya asignado poco trabajo a un equipo a expensas del balance entre los equipos.

2.6.4 Utilización de equipos

Ortíz y otros (2002) indica que, el problema principal es el diseño de un espacio operativo adecuado, longitud de las vías de acarreo, etc. Idealmente, el equipo es dimensionado a fin de satisfacer las metas anticipadas de producción. Los proveedores de equipos de carga y acarreo tienen folletos, manuales, que proporcionan información confiable y conservadora acerca de la productividad promedio de sus equipos. Como una regla práctica general, el mayor tamaño de equipo que pueda usarse eficazmente proporcionará los costos unitarios más bajos. El equipo sobredimensionado, inadecuadamente aplicado, incrementará los costos operativos más allá de cualquier nivel razonable y a menudo demostrará ser más costoso que continuar utilizando el subdimensionado equipo obsoleto. Una primera consideración en la utilización de equipo debe ser la disponibilidad mecánica esperada para una unidad. Es una pobre práctica que en una operación fijada para 2.500 toneladas por día se adquiriera una excavadora que producirá solamente 2.500 toneladas por día. Se debe tener presente el efecto que el tiempo empleado en las reparaciones ejercerá en la producción total.

2.6.5 Uso de la disponibilidad

Ortíz y otros (2002) refiere que, el uso de la disponibilidad es simplemente un registro de cuán eficazmente una operación hace uso del equipo disponible, y como tal, es una excelente herramienta para la dirección. El uso de esta ecuación a lo largo de un período de tiempo establecerá el nivel de eficacia de la operación durante un período de tiempo y se puede demostrar que hay un indicador, tal como se muestra en la (Figura. 34). Si el porcentaje de la flota fuese bajo, esto podría ser un indicativo de exceso de equipo o escasez de personal de operaciones. Los porcentajes bajos para las unidades individuales pueden indicar problemas operacionales que requieren un estudio extenso. El análisis de un porcentaje errático puede proporcionar sólida información acerca de la utilidad de una máquina en particular o cada flota de equipo parece tener unidades que no son operan a su máxima capacidad, Las máquinas no pueden ser capaces de realizar las tareas asignadas, o su performance puede ser defectuosa. También, una máquina puede localizarse en un área no fijada para su operación. La investigación de estas posibilidades puede proporcionar respuestas que modificarán el funcionamiento para alcanzar la eficiencia máxima.

$\% \text{ DISP FIS} = \frac{(\text{Horas planificada} - \text{Horas por mantenimiento})}{\text{Horas Programadas}} * 100$	$\% \text{ UTILIZ} = \frac{\text{Horas Trabajadas}}{\text{Horas Disponibles}} * 100$
$\% \text{ EFICIENCIA} = \% \text{ UTILIZ} * \% \text{ DISP FISICA}$	

Figura. 34. Ecuaciones de rendimiento. **Tomado de:** Ortiz y otros (2002).

2.7 CONTROL DE AGUA SUPERFICIAL

Hernández, (1979) indica que, hay sistemas tendientes a controlar el agua y sus efectos, disminuyendo fuerzas que producen movimiento, aumentando las fuerzas resistentes, para ello define los siguientes conceptos:

2.7.1 Erosión

Para la zona climática en que se desarrolla este plan identificaremos como agente erosivo al agua, y el viento en mucha menor proporción, dentro de las causas de la erosión tenemos:

2.7.2 Debido a la acción del agua

- Por impacto de la lluvia (*Rainsplash*).
- Por extensión de la lámina de agua (*Sheet erosion*).
- Por la caída de agua sobre laderas escalonadas de un terraplén (*RUI erosion*).
- Por una corriente de agua (*Gully erosión*).
- Por la acción de un curso de agua sobre lechos y márgenes (*Streambank erosion*).
- Por desmoronamientos debidos a saturación en zonas costeras (*Masswasting*).

El agua en movimiento es poseedora de una cantidad de energía, por lo tanto, toda vez que la concentramos estamos haciendo una acumulación de esa energía, esa sobrecarga genera el desequilibrio en el sistema y éste para volver a recuperarse debe disiparla.

En el caso que nos ocupa esto se traduce en un inicio de movimiento de componentes del terreno (partículas de suelo, vegetales, rocas).

Se generan de esta manera sedimentos en suspensión (partículas de suelo) y por arrastre de fondo (rocas).

Al tener sedimentos hemos incrementado la densidad por lo que le estamos dando mayor energía que se traduce en un mayor poder erosivo, deteriorando las vías de mina.

Este es motivo suficiente para que exista un compromiso formal con el manejo de los sedimentos que se pueden llegar a verter en un curso natural de agua.

2.7.3 Impacto de agua

Hernández, (1979) refiere que la necesidad de retirar las especies vegetales de las zonas de trabajo genera la pérdida de obstáculos que retienen las gotas de agua

mediante una sucesión de golpes en los cuales va perdiendo energía, el suelo estará muy expuesto a esta causa.

- Por la caída de agua sobre laderas escalonadas de un terraplén.

La caída de agua dispone de una acumulación de energía cinética que en el impacto se transforma en una cantidad de movimiento que es absorbida por los componentes del suelo iniciando así la remoción de masas del mismo.

Por lo tanto debemos conducir el agua adecuadamente para evitar caídas sin tener la correspondiente obra para disipar esa energía antes de continuar su camino natural.

- Por una corriente de agua.

Esta es la principal causa de erosión que se genera en canteras, porque se producen en forma temporal corrientes de agua donde antes no las había. Debido a modificaciones en la inclinación del terreno se aumenta la velocidad de la masa de agua que se traduce en una mayor acción dinámica de la corriente.

El hecho de generar un flujo en forma concentrada (canales longitudinales para drenaje de la pista) significa que sobre el terreno que circula ahora esta nueva corriente, hay una altura mayor de agua que produce entonces un incremento en la tensión de corte. La mayoría de los casos tiende a concentrar el agua en canales, en lugar de buscar la manera de retirar rápidamente la lluvia caída fuera de la vía.

2.7.4 Diseño de drenajes superficiales

Hernández, (1979) indica que el objetivo del drenaje superficial es mejorar la estabilidad del talud reduciendo la infiltración y evitando la erosión. El sistema de recolección de aguas superficiales debe captar las aguas de escorrentía, tanto del talud, como de la cuenca de drenaje arriba del talud y llevar el agua a un sitio adecuado, lejos de las estructuras susceptibles al deslizamiento.

El agua de escorrentía debe, en lo posible, ser desviada antes de que penetre el área potencial de deslizamiento, esto puede lograrse con la construcción de zanjas interceptoras en la parte alta del talud, denominadas zanjas de coronación.

En problemas de taludes no se recomienda la utilización de conducciones de agua por tuberías debido a la alta susceptibilidad a agrietarse o a taponarse, generando problemas de infiltración masiva concentrada

2.7.5 Diseño de sección de drenaje para Cantera Nacional

Delgado (2007) calcula en su trabajo de pasantías, la sección de drenaje necesaria para el caudal de aguas de escorrentía dentro de las áreas de mina, donde obtiene el diseño final del canal triangular, ver (Figura. 35).

Realizadas las mediciones y los cálculos obtiene los valores de coeficiente de escorrentía y de intensidad de lluvia de 3 horas para un diseño de 10 años, se calculó el caudal (Q), mostrados en la (Tabla 4).

C	I (mm/h)	A (Km ²)	Q (m ³ /s)
0,65	28,35	0,12	0,61

Tabla 4. Resultados de la determinación del Caudal (Q). **Fuente:** Delgado (2007).

El agua que cae sobre una calzada escurre superficialmente sobre ella, y como consecuencia de la pendiente, del bombeo o del peralte, fluye transversal o longitudinalmente.

El diseño de la geometría de los canales, pueden ser de tres tipos en cuanto a su sección transversal o longitudinal: circulares, triangulares y trapezoidales y pueden, o no, estar revestidas.

Para dicho diseño se calculó las dimensiones de la estructura y para calcular la velocidad del agua se utilizó la fórmula de *Manning*, N° 8.

$$V = 1.49/n (R^{2/3} S^m) \quad (8)$$

Donde:

V = Velocidad del agua (m/s).

n = Coeficiente de rugosidad del canal.

R = Radio hidráulico (m), área de la sección transversal / perímetro mojado.

R = $(V_{\max} n / S^{1/2})^{3/2}$.

S = Gradiente de la sección longitudinal del canal (%).

V_{max} = Velocidad máxima.

Para el diseño del canal, una vez determinado la cantidad y velocidad del agua a conducir, se obtuvieron las siguientes dimensiones de la estructura para canales triangulares, ver (Tabla 5) y se obtiene mediante las siguientes ecuaciones

Tabla 5. Determinación de la velocidad del agua. **Tomado de:** Delgado (2007)

Q=V*A	S (%)	Velocidad Max	R	n	V (m/s)	A (m2)
	0,12	2,4	0,0595	0,022	3,58	0,08

$$A = zy^2 \text{ (m}^2\text{)} \quad P = 2y (1+z^2)^{1/2} \text{ (m)} \quad (9)$$

$$R = 2y / 2(1+z^2)^{1/2} \quad (10)$$

$$T = 2zy \text{ (m)} \quad (11)$$

$$D = 1 / 2y \quad Z = (2)^{1/2} / 2*zy^2 \quad (12)$$

Donde:

A = área mojada.

P = perímetro mojado.

R = radio hidráulico: es la relación entre el área y el perímetro mojado.

T = ancho total

D = profundidad hidráulica.

Z = factor de sección.

Luego se calculan los valores de área mojada, perímetro mojado, ancho total para los datos de caudal, velocidad máxima y gradiente de la sección longitudinal para canales triangulares, mostrados en la (Tabla 6).

Tabla 6. Resultados de la determinación de los elementos geométricos para canales triangulares.
Fuente: Delgado (2007).

Q(m ³ /s)	Z	N	S	Velocidad Max(m/s)	R	A(m ²)	P(m)	Y(m)	T(m)
0.28	1	0,022	0,12	2,4	0,34	0,12	0,34	0,34	0,68
0.451						0,19	0,55	0,45	0,90

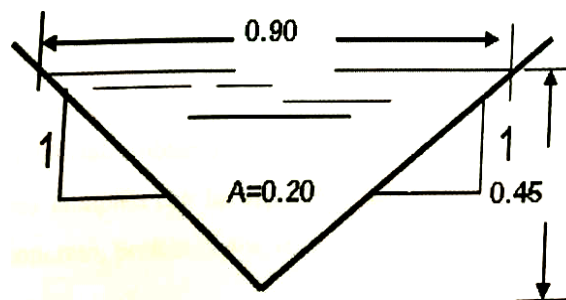


Figura. 35. Sección transversal de cuneta, para aguas de escorrentía Cantera Nacional. **Tomado de:** Delgado (2007).

2.8 BASES LEGALES

En el siguiente apartado se introduce y se muestra la pertinencia legal que sustenta la siguiente investigación.

2.8.1 Ley Orgánica del Trabajo

Artículo 173. La jornada de trabajo no excederá de cinco días a la semana y el trabajador o trabajadora tendrá derecho a dos días de descanso, continuos y

remunerados durante cada semana de labor. La jornada de trabajo se realizará dentro de los siguientes límites:

2.8.2 Ley de Minas

Artículo 1°: Esta Ley tiene por objeto regular lo referente a las minas y a los minerales existentes en el territorio nacional, cualquiera que sea su origen o presentación, incluida su exploración y explotación, así como el beneficio, almacenamiento, tenencia, circulación, transportes y comercialización, interna o externa, de las sustancias extraídas, salvo lo dispuesto en otras leyes. Las actividades mineras reguladas por esta ley se llevaran a cabo científica y racionalmente, procurando siempre la óptima recuperación o extracción del recurso minero, con arreglo al principio de desarrollo sostenible, la conservación del ambiente y la ordenación del territorio.

Artículo 5°: Las actividades mineras reguladas por esta Ley, se llevaran a cabo científica y racionalmente, procurando siempre la óptima recuperación o extracción del recurso minero, con arreglo al principio del desarrollo sostenible, la conservación del ambiente y la ordenación del territorio.

Artículo 9°: Los derechos mineros son temporales, se ejercen dentro de límites geográficos determinados y conforme a los términos de esta Ley y demás disposiciones legales aplicables.

Artículo 15: Las actividades mineras deben efectuarse con acatamiento a la legislación ambiental y a las demás normativas que rigen la materia.

2.8.3 Ley sobre el régimen, administración y aprovechamiento de minerales no metálicos del distrito capital

Artículo 1. La presente Ley tiene por objeto regular el aprovechamiento racional y sustentable de los minerales no metálicos, no reservados al Poder Nacional, ubicados en la jurisdicción del Distrito Capital, cualquiera que sea su origen o presentación, incluidas las actividades de exploración y explotación, y sus actividades conexas que comprenden: almacenamiento, tenencia, circulación,

transporte y comercialización interna o externa, y beneficio de las sustancias extraídas; así como el control, régimen tributario y recaudación de los tributos de dicha actividad; salvo lo dispuesto en otras leyes.

Artículo 27. Toda persona, natural o jurídica, pública o privada, nacional o extranjera, que ejerza las actividades mineras y conexas señaladas en esta Ley, una vez finalizada cada etapa o fase de explotación, en la zona, área o terraza en que se divida la mina, tendrá la obligación de restaurar las condiciones forestales o de suelo del territorio explorado y explotado, a fin de proteger, conservar y defender la existencia de un ambiente sustentable con vegetación autóctona de la zona.

2.8.4 Ley Penal para Ecosocialismo y Aguas

Artículo 38. La persona natural o jurídica que provoque la degradación o alteración nociva de la topografía o el paisaje por actividades mineras, industriales, tecnológicas, forestales, urbanísticas o de cualquier tipo, en contravención de los planes de ordenación del territorio y de las normas técnicas que rigen la materia, será sancionada con arresto de tres a nueve meses o multa de trescientas unidades tributarias (300 U.T.) a novecientas unidades tributarias (900 U.T.).

Artículo 39. La persona natural o jurídica que provoque la degradación o alteración nociva de la topografía o el paisaje en zonas montañosas, en sierras o mesetas por actividades mineras, industriales, tecnológicas, forestales, urbanísticas o de cualquier tipo, en contravención de los planes de ordenación del territorio y de las normas técnicas que rigen la materia, será sancionada con prisión de uno a dos años o multa de un mil unidades tributarias (1.000 U.T.) a dos mil unidades tributarias (2.000 U.T.).

Artículo 56. La persona natural o jurídica que modifique el sistema de control o las escorrentías de las aguas, obstruya el flujo o el lecho natural de los ríos, o provoque su sedimentación en contravención a las normas técnicas vigentes y sin la autorización correspondiente, será sancionada con prisión de uno a cinco años o multa de un mil unidades tributarias (1.000 U.T.) a cinco mil unidades tributarias (5.000 U.T.).

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el capítulo siguiente se definirá el tipo y la metodología de investigación empleada mediante la presentación de un esquema de trabajo, de igual manera se definirá la población y la muestra a estudiar, durante las fases de la de la misma.

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

De acuerdo a los siguientes términos es de tipo exploratoria y correlacional de campo, ya que toma los datos describiendo los procesos operativos observados durante las diferentes etapas de las operaciones unitarias comparándolos con información teórica disponible de soporte de mina, con el fin de plantear esquemas de abordaje y aporte de soluciones a los problemas presentes dentro de operaciones de mina, vinculados directamente con planificación de soporte de mina.

3.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Este trabajo tiene un diseño de tipo no experimental descriptivo, debido a que se realiza sin manipular deliberadamente las variables, dado que se trata de una investigación dónde no se cambian intencionalmente los parámetros independientes. En este trabajo no experimental descriptivo de campo se trata de observar las operaciones cotidianas de trabajo, tal y como se dan en su contexto natural en mina, para un posterior análisis y planteamiento de las propuestas para la elaboración de una metodología para la planificación de soporte de mina.

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

El trabajo de investigación se llevará a cabo dentro del conjunto de empresas de Canteras del Distrito Capital, el cual posee dentro de su jurisdicción las Canteras del Distrito Capital, tomando como muestra la cantera ubicada en el Sector Mamera, carretera Nueva El Junquito Km 2, con un área aproximada de 10 ha, conformada por un yacimiento con asociaciones de piedra Caliza clasificados en dos minas, Mina 1 y Mina 2, asignadas por la Gerencia General.

A continuación se presenta el esquema de trabajo empleado para la elaboración de la propuesta, ver (**Figura. 36**).

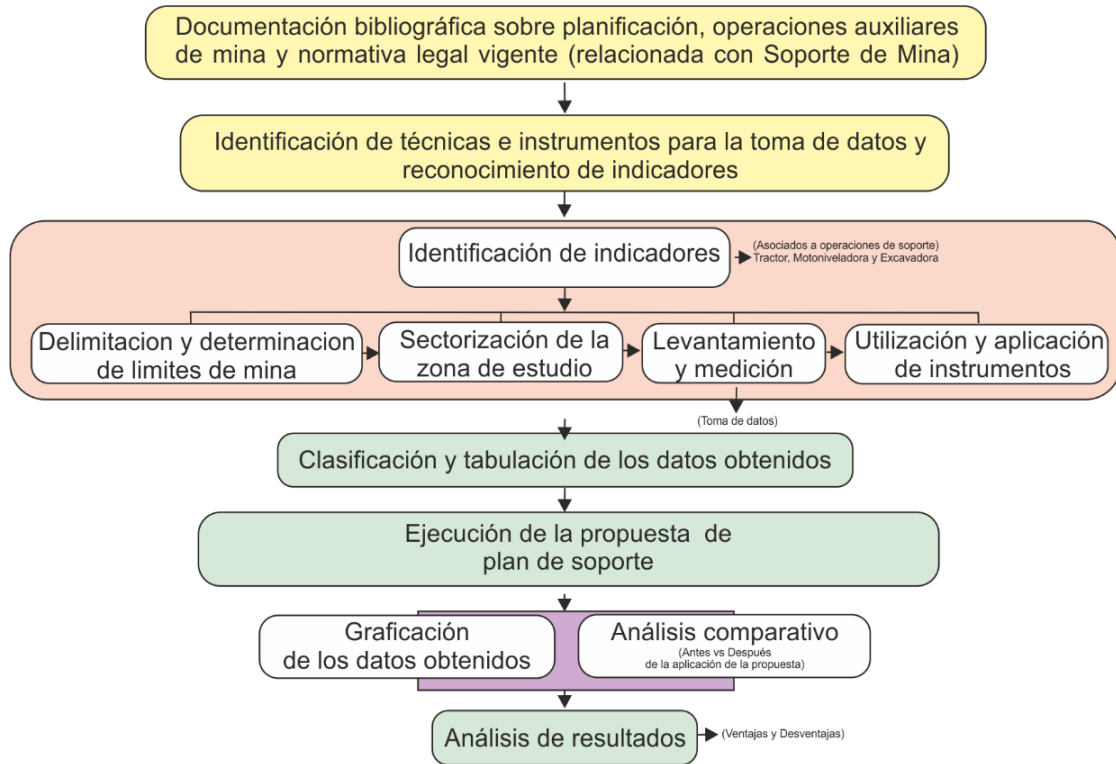


Figura. 36. Esquema Metodológico. **Fuente:** Propia (2015).

3.4 INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Para la recolección de los datos se utilizan los siguientes instrumentos en la medición de espacios seleccionados en mina con el fin de obtener los parámetros técnicos para el diseño de mina, haciendo énfasis en la observación de campo y las mediciones mediante el empleo de los siguientes instrumentos:

- Equipos para topografía.
- Programa de diseño y dibujo asistido por computadora.
- Planos topográficos.
- Equipo de computación y hoja de cálculo.

- Equipos de campo (cinta métrica 50,00 m).
- Equipos de protección personal, cámara fotográfica, nivel, cronómetro, inclinómetro, brújula, GPS.

3.5 RECOLECCIÓN Y ANÁLISIS DE DATOS

El periodo de recolección de datos estará comprendido durante el primer trimestre del año 2014 (abril-junio), lo que permitirá evaluar las condiciones operativas y estos datos serán sometidos a: clasificación, registro, tabulación y análisis constante, en la medida que se desarrolle esta investigación de tipo práctico. Para ello, se realizan una serie de evaluaciones en una primera fase práctica, que permitiría definir los parámetros de eficiencia y la aplicabilidad de las actividades a la realidad, su posible incidencia dentro de las operaciones diarias, así como, su pertinencia mediante la evaluación real cronológicamente, tomando como medida el porcentaje de avances planteados y su deficiencia en cada uno de los diversos escenarios, que pueden afectar de manera directa la explotación de la mina y los procesos de producción.

En la etapa de pre-campo se proponen y realizan las siguientes actividades:

Etapas Pre-campo/campo (abril - junio 2014)

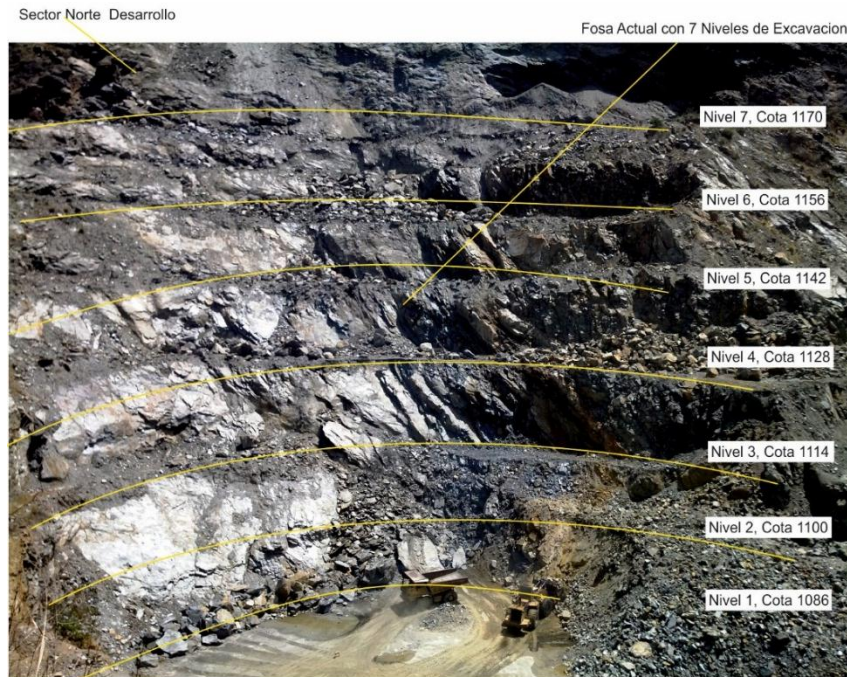
Recolección de datos e identificación de indicadores

3.5.1 Delimitación de espacio y sectorización de la zona de estudio

En primer lugar se delimita la zona a estudiar. Para ello, se emplea el levantamiento topográfico cuyos datos se recogen mediante la ayuda de equipo para topografía, con el que se obtiene una poligonal cerrada de diez puntos, como se ve en el anexo (1). Para lo que se marcan con estacas en cada punto representados físicamente en campo. Tomando como referencia dos puntos bases de control y los documentos legales que reposan en los archivos existentes. debido a que no existe registro entre los límites de la cantera y el cementerio del Junquito, se procedió a delimitar en campo los espacios, previo acuerdo por parte de las dos empresas, una vez determinada la zona de estudio, se procede a la descarga de los datos mediante

un programa en el computador, al mismo tiempo se implementó la sectorización del volumen de material en seis bloques con sus respectivas poligonales de forma que se pueda lograr la identificación, clasificación y planificación de los espacios de trabajo, tal como se observa en la (Figura. 37) y el anexo (4).

Figura. 37. Niveles del yacimiento Mina "Las Brisas". **Fuente:** Propia (2015).



3.5.2 Levantamiento y medición de elementos viales

En segundo término en el reconocimiento de indicadores que permitirán establecer un plan para soporte de mina que se amolde a los parámetros actuales; se considera de vital importancia el estudio de las vías, este levantamiento se clasificará en la medición, identificación, señalización y sectorización de los Tramos, para ello se realiza el trazado de vías en el mapa, clasificándolos en tres grupos (01-02-03), seguidamente se realiza la demarcación mediante líneas progresivas, esto permitirá la identificación en campo y la descripción de las condiciones reales de los indicadores viales en el momento de la tabulación de los datos, tales como:

- **Determinación del ancho de vías**

Con el fin de obtener el ancho real de las vías, se realiza la medición de la calzada donde se obtendrá los datos que determinan cuales tramos están operativos, ayudando a identificar los principales “cuello de botella” en las vías, comparando los valores teóricos con los reales, mediante el empleo de la ecuación 3.

Para esta actividad se utiliza la cinta métrica midiendo las distancias transversales o ancho de la calzada, cada 100 m, estas mediciones se llevan a formatos de campo, esto servirá para el posterior análisis según el números de carriles disponibles para el tránsito de los camiones en sentido opuesto en cada tramo de vía.

- **Cálculo de las dimensiones de bermas de seguridad**

Seguidamente, se procede a la determinación de las dimensiones de berma; para ello se procede a la medición del ángulo de reposo del material, mediante la utilización de un clinómetro de campo, mientras que la altura y el ancho de berma se determina con el empleo de una cinta métrica cada 100 m, visualizando los tramos donde se encuentra deteriorada, esta información se analiza mediante la ecuación 4, de modo de optimizar después de comparar los datos obtenidos en campo con cálculos teóricos.

- **Medición de cunetas**

A través de la observación y medición de una sección transversal de las cunetas configuradas en la base del talud, se analiza el diseño geométrico de canal actual, toda vez que se sectoriza la obra según las condiciones físicas de las mismas, en cada uno de los puntos importantes de las vías. Para ello, se medirá en campo los lados que conforman el diseño geométrico de las secciones de cuneta existente graficando en función del caudal que soporta, esta información se toma de Delgado (2007), detallándolos en las tablas anexas, con el empleo de la ecuación. 8. Esto permitirá plantear un plan de abordaje y recuperación física mediante el uso de la pala de la excavadora, ya que esta cuenta con el ancho apropiado de 0,60 m.

3.5.3 Cálculo de sobretamaños ubicados en los frentes de explotación de mina 2 (Las Brisas)

Otro indicador importante para la Panificación de Soporte de Mina, es el despeje de los bancos de la fosa actual de Mina 2, ya que los primeros siete bancos se encuentran con importante cantidad de material con sobretamaños.

En vista que carece de mayor información sobre el ancho de banco óptimo se trabaja con los anchos de banco operativos, solamente importando el volumen de material, para ello se supone que el material con sobretamaño es producto de deslizamientos naturales y no de empujes.

Para realizar el cálculo correspondiente a los volúmenes de sobretamaños en mina Las Brisas, se procede a un método manual de identificación y clasificación, esto permite realizar la medición en campo de las secciones ocupadas en cada nivel, para esto se obtiene dos tipos de volúmenes referenciales en cada banco en función de su geometría.

Para el nivel uno, se contabilizan varios grupos de rocas lo que permite calcular su volumen, mediante la semejanza con un prisma rectangular que se calcula multiplicando el área de la base por la altura como se ve en la ecuación 14 y en el resto de los bancos 3 y 4, ver (Figura. 39), así como para los bancos 6 y 7 se estima el volumen tomando como referencia un prisma triangular, tal como se ve en la (Figura. 38).

$$V_{pt} = \frac{b \times h}{2} \times L \quad (13)$$

Donde:

b= base del triángulo.

h= altura del triángulo.

l= largo.

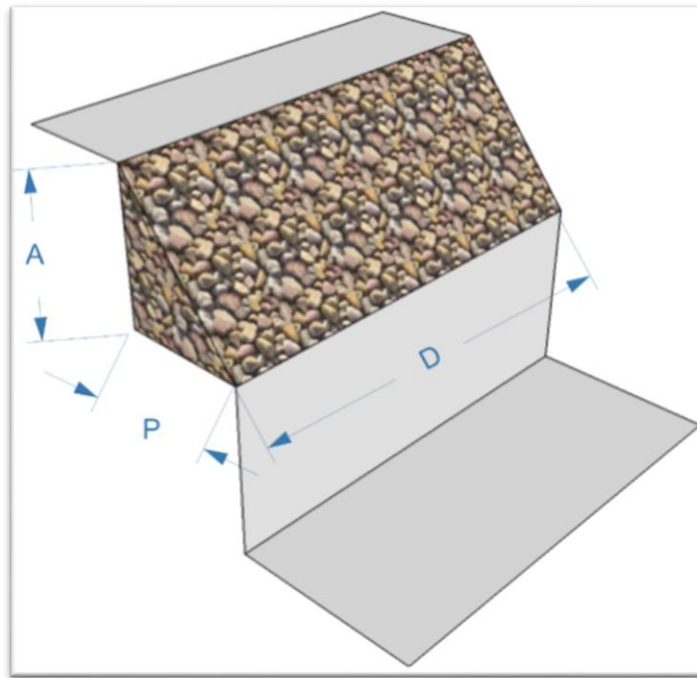


Figura. 38. Modelo 3D del posicionamiento de material sobre el talud (Prisma triangular). **Fuente:** Propia (2015)

$$V_{pr} = A * P * D \quad (14)$$

Donde:

V_{pr} = Volumen de prisma rectangular.

A = Altura.

P = Profundidad.

D = Distancia.

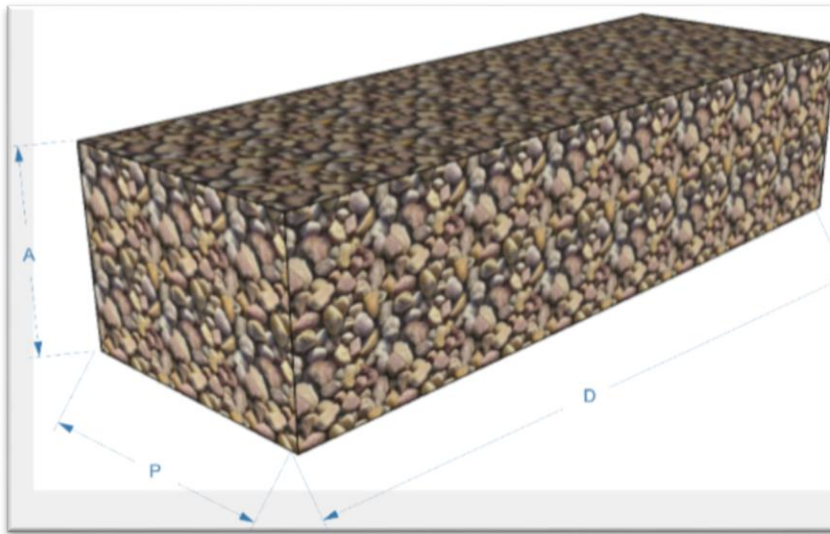


Figura. 39. Modelo 3D del posicionamiento de material sobre el talud (Prisma rectangular).
Fuente: Propia (2015).

Para el cálculo de volumen de material suelto se utilizó formula de peso específico: con la relación de la densidad por el volumen ver ecuación. 15.

$$VS = \gamma_b / \gamma_s * \text{volumen de roca} \quad (15)$$

Donde:

VS= volumen suelto.

γ_s = densidad del mineral suelto.

γ_b = densidad del mineral en banco.

Seguidamente se comienza con los cálculos en orden ascendente partiendo desde el Nivel 01 (cota 1.080), para ello se dividió el Nivel 01 en ocho volúmenes, midiendo los prismas rectangulares generados por el material, ver (Figura. 39), tomando medidas en campo de: ancho, largo y alto, relacionado los espacios geométricos, se realizan posteriormente sendas mediciones desde el Nivel 02 al 07, hasta obtener la suma de todos los volúmenes parciales. Por otra parte, para realizar el empuje del material diariamente se comienza identificando los puntos iniciales, con banderines en cada tramo, con el fin de hacer las diferencias respecto al material

inicial y así poder calcular diariamente la cantidad de material removido, en los niveles de la fosa, como se ve en la (Tabla 7).

Tabla 7. Niveles y cotas de Mina Las Brisas. **Fuente:** Propia (2015).

NIVEL	COTA
1	1.086
2	1.100
3	1.114
4	1.128
5	1.142
6	1.156
7	1.170

3.5.4 Cálculos de disponibilidad física de equipos

Por otra parte se hace necesario saber los porcentajes de efectividad de los equipos comprometidos dentro de la propuesta metodológica, por lo que se somete a evaluación y registro durante el primer mes, para ello se crean formatos de reportes diarios de actividades por equipos, que serán completados diariamente por cada operador para determinar así, el tiempo usado en cada frente de trabajo, estos se clasifican por códigos como se muestra en la (Tabla 8), de paradas operativas, por mantenimiento y se adiciona una clasificación de paradas producto de las condiciones climáticas las cuales llamaremos “Fuera de control” debido a que no interviene de manera directa la mano del operador.

Tabla 8. Códigos de paradas de los equipos. **Fuente:** Propia (2015).

PARADAS OPERATIVAS	PARADAS POR MANTENIMIENTO		PARADAS FUERA DE CONTROL
CF: Cambio de Frente CO: Comida o descanso CT: Cambio de Turno TP: Transporte de Personal RT: Reunión de trabajo RE: Revisión de equipo NP: Necesidades personales (Baño, Tomar agua etc.) AT: Atascamiento OP: Falta operador TA: Trabajo	CORRECTIVO	PREVENTIVO	LL: Lluvia/ Vías húmedas NB: Neblina BV: Baja Visibilidad RD: Derrumbes
	C COMB: Combustible C LUB: Lubricación C CAU: Cauchos C FR: Frenos C MOT: Motor, Caja C CH: Chasis, Cadena C EL: Eléctrico	P COMB: Combustible P AIRE: Presión cauchos P FR: Frenos, Bandas P REFR: Refrigerante P MOT: Motor Caja C CH: Chasis, Cadena P EL: Eléctrico	

Esta información alimenta una base de datos, dónde se registran para llevar un histórico del comportamiento de la flota disponible, ver (Tabla 9), en esta se expresa el día de trabajo por el operador, especificando el código de la parada. De esta manera se realiza la sumatoria del número de horas de paradas y se determina el tiempo real, para un turno de 8 horas.

Tabla 9. Control horario de paradas. **Fuente:** Propia (2015).

Fecha: 07/07/14			Fecha: 14/07/14		
Operador		CF-01	Operador		CF-12
Inicio	T(min)	Código	Inicio	T(min)	Código
7:00	0:05	RE	7:00	0:25	C COMB
7:05		TA	7:25		TA
11:00	0:10	CF	11:50	0:10	TP
11:10		TA	12:00	1:00	CO
11:20	0:25	P AIRE	1:00	0:10	TP
11:45	0:15	TP	1:10		TA
12:00	1:00	CO	3:45		TP
1:00	0:10	TP	TOTAL	1:45	
1:10		TA			
3:45	0:10	TP			
TOTAL	2:15				

Tabla 10. Totalización de paradas. **Fuente:** Propia (2015).

Variables			Paradas por mantenimiento			
Equipo	Día	Turno	Preventivo	Correctivo	Paradas operativas	Total (h)
1-01	07/07/2014	DIURNO	0:25	0:00	1:50	2:15
1-12	14/07/2014	DIURNO	0:00	0:25	1:20	1:45
		TOTALES	0:25	0:25	3:10	4:00

De aquí tenemos como resultado una tabla de los rendimientos de los equipos, que nos va a ayudar a tomar decisiones y así poder asignar las actividades dentro de la propuesta metodológica, con el fin de mitigar los incumplimientos de jornadas producto de las distintas paradas, como se puede ver en la (Tabla 11).

Tabla 11. Rendimientos de los equipos. **Fuente:** Propia (2015).

(h) Planificadas	Paradas Mantenimiento	Paradas Operativas	(t) Disponible	% Disponibilidad Física	(h) Trabajadas	% Utilización	% Eficiencia
8	0,25	1,55	6,2	65	6,2	100	65,0

3.6 PROPUESTA PARA LA PLANIFICACIÓN DE ACTIVIDADES DE SOPORTE DE MINA

Una vez definidos los indicadores de operación y las actividades a realizar, se plantea un cronograma inicial de actividades para Soporte de Mina. El tiempo de ejecución será para el tercer trimestre del año, (julio-agosto-septiembre). Durante este tiempo se aplicará un cronograma donde se mide los posibles avances y registra los obstáculos encontrados en campo, que permitirán evaluar la eficiencia del proceso de planificación, (Tabla 13). Se considera de vital importancia los siguientes elementos para dicho cronograma:

3.8.1 Equipos disponibles

Como factor importante para realización de la planificación se incorpora el registro de vehículos de trabajo de la empresa y entre estos se seleccionan aquellos que trabajarán con las actividades planteadas usando como criterio de discriminación, su disponibilidad con el fin de hacer una real distribución. De este levantamiento se concluye que para estas actividades se cuenta solo con los siguientes equipos a saber:

- (2) Cargadores frontales CAT 988B.
- (1) Cargador frontal BELAZ 9882.
- (1) Motoniveladora XCMG.
- (1) Tractores CAT D9H.
- (1) Excavadora retro XCMG FY730 capacidad de balde 0,60 m³.
- (1) Camión FORD 650.

3.8.2 Operadores disponibles

Otro elemento de vital importancia es el personal que va a realizar las actividades de campo, por ello se realiza una lista por equipos para actividades, entendiendo que ningún personal tiene un equipo de trabajo fijo sino que son rotados en función a los parámetros de: disponibilidad física, eficiencia del operador, actividad a realizar, asistencia etc.

3.8.3 Actividad a realizar

Ya identificada la disponibilidad de equipos y la asignación de sus operadores procedemos a asignar las actividades en función de las prioridades planteadas por la Gerencia de Producción. Las mismas se dividen en cuatro grandes grupos de actividades: Recuperación de bancos o despeje y limpieza de material suelto para la circulación de equipos en las terrazas de la fosa, limpieza y conformación de vialidades, realización, conformación de las cunetas y bermas de seguridad. Todas se describen por grado de prioridad, necesidad y zona donde se

encuentra, las cuales se ordenan en forma cronológica durante la primera semana y se le hace seguimiento hasta su finalización. En esta medida se ejecutan cambios necesarios en las propuestas en función de las necesidades surgidas, una vez culminada una actividad se incorporan nuevas a la planificación de la siguiente semana, todo en correspondencia con las metas de largo plazo.

3.8.4 Ubicación de la operación

Ya definidas las actividades, se efectúa la correlación de estas acorde a su función a su ubicación. la cantera cuenta con un cuerpo mineral, dividido en dos frentes, en vista de que Mina 1 (Mina Antímamo), no se encuentra operativa por razones de permisos ambientales, se procedió a subdividir en 6 bloques numerados del uno al seis, la zona de afectación permitida para explotación denominada Mina 2 (Mina Las Brisas), Sectores: Norte-Sur-Este-Oeste y Desarrollo, en donde se encuentran los 10 bancos de producción de alturas comprendidas entre 12 a 18 m, justamente lugar donde se realizaran las labores de soporte de mina.

3.8.5 Nivel de prioridad

El nivel de prioridad se establece en función a la planificación operativa de avance de mina. Por ejemplo, la secuencia de despeje de los bancos es con el fin de brindar apoyo a las actividades de producción (con arranque directo), que tiene como objetivo la recuperación de los bancos, definición de accesos a recuperar y manutención de la vialidad, para lograr el proceso de desarrollo de las operaciones básicas en el menor tiempo posible, de forma que no entorpezca el proceso de producción y la productividad. Para ello se establece y señala una simbología como se ve en la (Tabla 12) para su identificación.

Tabla 12. Simbología de prioridades de actividades planificadas. **Fuente:** Propia (2015).

Color	ROJO	AZUL	AMARILLA
Nivel de Prioridad	Alta	Media	Baja

3.8.6 Porcentaje de avance

Una vez considerados los equipos a utilizar y la asignación de su respectivo operador; la actividad, ubicación y nivel de prioridad asociado, se decide a identificar la efectividad del proceso, midiendo el porcentaje de avance ejecutado en función de la meta inicial y el tiempo estimado, para esto se toma como referencia de avance la distancia a trabajar, áreas, metros lineales de cunetas y vías recuperadas, metros cúbicos de material removido, entre otros indicados que permitirán identificar, en caso de no ejecutarse completamente las posibles causas que motivaron el incumplimiento de la meta semanal. Este seguimiento se lleva a campo y se registra mediante un mapa semanal de actividades, dónde se señala cada actividad a realizar.

Posterior a la ejecución de la propuesta trimestral, el siguiente paso es la evaluación de las variables que afectaron de forma considerable las actividades, en función de las metas semanales planificadas. A continuación se especifican estas actividades con sus niveles de prioridad, equipos a utilizar, operador disponible y porcentaje de avance, a la culminación de cada semana. Al mismo tiempo se establece una clasificación por prioridades: alta, media y baja y se plantean porcentajes de avance obtenidos en dichas actividades, con el fin de identificar la eficacia total en cada uno de los renglones planteados, como se puede plantear en la (Tabla 13).

Tabla 13. Representación de propuesta semanal de actividades. **Fuente:** Melo y Piña (2014).

Niveles de prioridad de ejecución de las actividades:
 Rojo ALTA
 Azul: MEDIA
 Amarillo: BAJA

1: Numeración de actividad
 A: Nivel de prioridad (alta)

Identificación de la planificación

Fecha y semana

Nombre de los indicadores

Referencia mapa

PLANIFICACIÓN DE MINA PLAN DE SOPORTE TRIMESTRAL MES DE JULIO AÑO 2014 / SEMANA 1 (1 AL 4)			
UBICACIÓN	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	EQUIPOS/ PERSONAL
RECUPERACION DE BANCOS Y DESPEJE DE SOBRETAMAÑOS - (RB)			
NIVELES 1-7 (BLOQUE 5-6)	ALTA (1-A)	EMPUJE DE SOBRETAMAÑOS UBICADOS EN EL NIVEL 6 (1170) HACIA EL NIVEL 5 (1100) Y LIMPIEZA DEL ACCESO AL BANCO (1+700)	D9H/ EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	MEDIA (2-M)	APERTURA DEL ACCESO PARA DEFINIR EL BANCO 3, LIMPIEZA, CORTE Y SEPARACIÓN DE ESTERIL A EMPUJAR A NIVEL 2 Y 1	D9H/EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	BAJA (3-B)	DESMALEZAMIENTO DEL ACCESO AL NIVEL 4 (1128) Y TRASLADO DE MATERIA ORGANICA AL VIVERO (1+200)	D9H / CF 1-01/ART1-31 (CHOFER,MAQUINISTA)
	MEDIA (4-M)	EMPUJE DE MATERIAL SUELTO EN EL BANCO 18 (1300)	D9H/CF 1-01(MAQUINISTA)
	ALTA (5-A)	PREPARACIÓN DE BANCO NIVEL 2 (NORTE) PARA VOLADURA	EXCAVADORA XCMG/ (MAQUINISTA)
	MEDIA (6-M)	APERTURA DE ACCESO AL NIVEL 4, TRAMO 1(1+550) VÍA DESARROLLO	D9H/ EXCAVADORA (MAQUINISTA)

Ubicación de la actividad dentro del mapa de la mina

Codificación de la actividad
Referencia en mapa

Prioridad de actividades
Rojo: Alta

Equipo a emplear y personal a ejecutar la actividad

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

En este capítulo se esbozan los resultados recopilados en levantamientos de campo que se llevaron a cabo en la empresa Canteras del Distrito Capital, esto con el fin de realizar la investigación previa para la recolección y reconocimiento de los indicadores, así como para el análisis de resultados de los levantamientos y de la propuesta.

Etapas Pre-campo abril 2014

4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE MINERÍA A CIELO ABIERTO

Se labora bajo horario normal de trabajo estipulado por la Ley Orgánica del Trabajo 1 a 40 horas semanales de la siguiente forma: De lunes a viernes de 7:00 am a 12:00 pm, con receso o descanso de una hora hasta la 1:00 p.m., reiniciando labores corrido hasta las 4:00 p.m.

Se labora en un solo turno diurno en todas las áreas tanto administrativas como operativas de la empresa.

En el proceso de producción se comienza con la etapa previa a la voladura, que consiste en la conformación de pisos o (área cuasi horizontales), con los tractores D9H y los propios cargadores 988B, que permiten comenzar la etapa de perforación en el sector planificado. En la actividad se cuenta con dos sectores denominados mina 1 y 2, la primera no ha tenido actividad alguna en los últimos diez años, pero en el segundo frente (Mina 2) la empresa se ha propuesto mejorar su diseño. En esta área se han construido diez bancos de explotación que van desde la cota 1.306 hasta la cota 1086 en el sector Este. Por otra parte los equipos de perforación de la empresa son de la marca, Atlas Copco y Tamrock SHA 660, este es un equipo montado sobre

un caucho con martillo de fondo pero es un equipo de buen rendimiento en la cantera y el segundo sobre orugas hidráulicas respectivamente como se ve en la (Figura. 40).



Figura. 40. Perforadora Atlas Copco con martillo de fondo. **Fuente:** Propia (2014).

El diseño de las rampas se ha procurado que no superen el 10% de pendiente. Las vías cuentan con 14 metros de ancho operativo que permiten el fácil acceso en doble vía de los camiones de acarreo, así como el tránsito de equipos livianos de manera segura.

El siguiente paso luego de la perforación la cuadrícula (configuración) programada, se ejecuta la voladura de manera controlada empleando explosivos y accesorios disponibles en el mercado minero venezolano como los son el *anfo* los *boosters* de *pentolita*, los detonadores *ezdet* y las emulsiones explosivas. El tratamiento para el material con sobretamaño que haya quedado posterior a la voladura, se fragmenta con la ayuda de un martillo hidráulico, de modo tal que permita el ahorro de explosivos con voladuras secundarias que generen el tamaño de roca adecuado para admisión en el triturador primario. Concluida esta acción, se procede luego de revisar el área, al ingreso de los equipos de carga y acarreo, para el primero se emplean cargadores frontales 988B Caterpillar, combinados con camiones Caterpillar 769C o los camiones XCMG FY30, el cual trasladan el material a las

plantas de beneficio para el proceso de producción de arena lavada y a la planta de piedra para la producción de agregados gruesos.

El material tratado con martillo hidráulico, es llevado a beneficio y sometido también, a la clasificación por tamaños Este material en las plantas, es llevado por retritución y clasificación a los tamaños comerciales que son piedra 1", piedra arrocillo 3/4", polvillo" y ripio o rechazo de la planta. El Producto final es despachado en camiones dispuestos por los clientes.

La capacidad instalada que pueden trabajar las dos plantas de trituración fija es de 700 m³ día de producto final ver (Figura. 42).



Figura. 41. Planta II. **Fuente:** Propia (2014).



Figura. 42. Perfil visual de Planta III. **Fuente:** propia (2014).

Los procesos que se llevan a cabo en las plantas que posee la empresa son los siguientes: Planta II, trituración y clasificación por tamaños vía seca, mientras que planta III trabaja bajo proceso vía húmeda por lavado de arena y concentración con tornillo sinfín, ver (Figura. 42), cuya finalidad es la eliminación de finos con empleo de agua. La capacidad es por el orden de 14.000 m³/mes de productos varios entre piedra (diversos tamaños) polvillo y arena, la descripción del proceso minero de la cantera se puede observar en diagrama de la (Figura. 43).



Figura. 43. Descripción del proceso minero en la cantera. **Tomado de:** Plan de explotación CDC (2015).

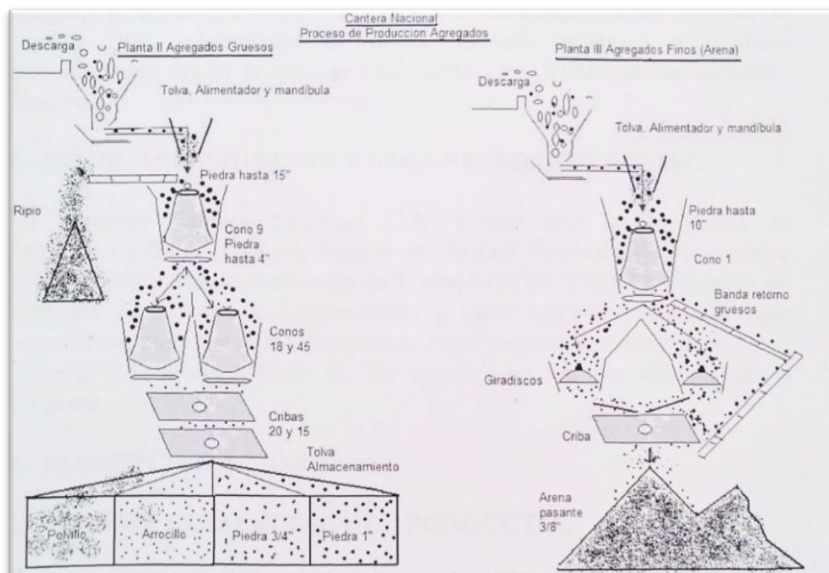


Figura. 44. Diagrama de Proceso en la empresa. **Tomado de:** Plan de explotación CDC (2015).

4.2 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE BENEFICIO MINERAL

Como se explicó en la sección anterior, Canteras del Distrito Capital S.A. cuenta con dos plantas de procesamiento de agregados gruesos de tipo fija y una planta de procesamiento de agregados finos, es decir arena de mediana calidad también de tipo fija.

4.3.1 Planta II

Es la planta de trituración de agregados grueso, produce y clasifica tres productos, se encuentra luego de la primera trituración de la mandíbula el ripio es el único producto que se apila directamente al piso ya que los demás productos se disponen y clasifican en las tolvas de producto final para despacho. Otros productos, son el polvillo que es un agregado entre pasante 3/8", ultra finos de pasante malla 200, y piedra 1" que va desde retenido 7/8" hasta pasante 1 1/8".

El inventario de esta planta consta de un alimentador de láminas Modelo 1300 serial 74825 Marca *Loro E Parisini* capaz de alimentar la trituradora de mandíbula a su máxima capacidad de unas 300t/h también de la marca *Loro E Parisini* Modelo 1250 CR capaz de admitir tamaños máximos de hasta 1 m³ de roca. Este material reducido de tamaño es colocado en un cono triturado va a un cono de gran capacidad de admisión de 9 pies de ancho que tiene salida para un tamaño acorde para ser retriturado en un proceso terciario con dos conos de la marca *Allis-Chalmers* que tiene salida para el producto final.

Al inicio del proceso de admisión el material es humedecido para evitar las emanaciones de polvo.

El polvillo es almacenado en dos tolvas de 80 m³ de capacidad, cerrada que evita la emisión de polvos, mientras que el arrocillo es dispuesto en una tolva de también 80m³ al igual que la piedra 3/4" y una de 80 m³ para almacenar la piedra de 1", como se ve en la (Figura. 45).



Figura. 45. Tolvas de planta de trituración de agregados II. **Fuente:** Propia (2015).

4.3.2 Planta III

Es la planta de trituración y lavado de agregados finos, la encargada de producir y comercializar el producto denominado arena con humedad al 9 % y un equivalente de arena cercano al 50 %. Esto la hace un agregado de calidad media, considerándose arena artificial por la gran presencia de material esquistoso triturado.

La planta consta de una tolva con capacidad de admisión de 40m^3 con un alimentador vibratorio tipo *Simplicity* de 16 pies por 45" de ancho, suficiente para alimentar la mandíbula marca *Nordberg* 32"x40" que admite tamaños hasta 60 cm de arista de roca. Posteriormente está dispuesto un cono *Nordberg* de ancho de boca de 4 ¼" *standard*, que recibe tamaños de agregados de hasta 20 cm y tritura hasta 1" en

promedio. Este material reducido alimenta una criba marca *Hewit Robbins* de un solo cuerpo, del cual el pasante 1" se dirige al tornillo lavador de arena y el rechazo a los conos giradiscos también marca *Nordberg* de 36" de diámetro del equipo.

Estos equipos tienen la función de llevar a finos todo el material que reciben de 1 ½" y se incorpora por bandas transportadoras nuevamente a la criba. El fino pasa al tornillo lavador de arena marca *Eagle Iron Works* tornillo doble, que por suspensión y flotación con agua lavan la arena para que por bandas transportadoras se dispongan al piso para su posterior desagüe.

Los finos en suspensión van a unos tanques de sedimentación donde son retenidos físicamente para no afectar áreas circunvecinas o quebradas cercanas.

La banda que apila la arena consta de un apilador radial que hace que se pueda producir arena durante toda una jornada diaria y al día siguiente moverla radialmente para realizar un nuevo apilamiento tipo *Chevrón* y no humedecer el agregado lavado el día anterior. El total de bandas transportadoras utilizadas en esta planta es de 8 en sus diferentes longitudes según sea el caso o el propósito de utilización, tal como se ve en la (Figura. 46).



Figura. 46. Planta de trituración de agregados Finos III. **Fuente:** propia (2015).

4.3 PLANIFICACIÓN DE VOLADURAS

En Cantera del Distrito Capital se ha procurado optimizar el patrón de voladuras hasta los 3 m de retiro entre el borde del talud y entre las filas 1 y 2; por 4 m de espaciamiento entre barrenos de una misma fila, siguiendo el diseño y configuración en tresbolillo o perforación triangular con una altura de banco de 14 m, totalizando 224 m³/barreno "in situ", como se ve en la (Figura. 47).

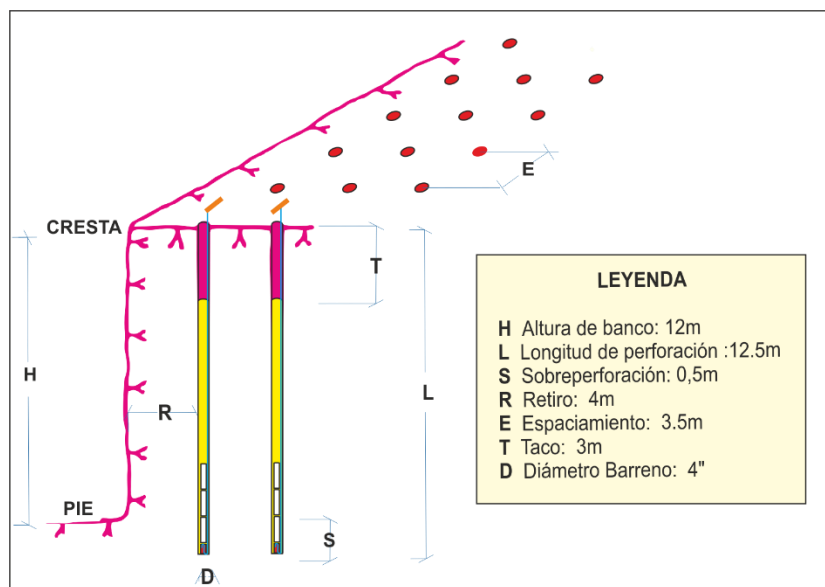


Figura. 47. Esquema de perforación en banco. **Fuente:** Propia (2015).

El diámetro de perforación, fue estudiado hasta que permitió llegar a la conclusión que aquel, realizado con brocas de 4" era el ideal. Esto se debe a que si se emplea un diámetro mayor, para la cantera implicaría la ampliación del patrón con mayor separación entre los barrenos, por lo que en la geología de la cantera rocas que han sufrido diaclasamiento, puede resultar en una granulometría por voladura superior a la que se requiere, aunado a problemas de vibración y ruidos que puedan afectar a las poblaciones cercanas. Por otro lado un diámetro menor podría ser contraproducente porque puede acarrear deflagración del explosivo con pérdida de energía entre un 10 a un 15 %.

4.4 EQUIPOS E INFRAESTRUCTURA PARA MINERÍA

En la siguiente sección se detallan los equipos que se emplean dentro de la empresa para los diferentes trabajos.

4.5.1 Equipos de arranque

Los equipos de arranque en existencia operativos en Canteras del Distrito Capital S.A. son los siguientes:

- Tractor Caterpillar D9H.
- Tractor Caterpillar D9G.

4.5.2 Equipos de carga

Los equipos de carga en existencia operativos en Canteras del Distrito Capital S.A. son los siguientes:

- Cargador Frontal 1-01 988B
- Cargador Frontal 1-12 988B
- Cargador Frontal 1-13 988B
- Cargador Frontal 1-16 BELAZ 220

4.5.3 Equipo de acarreo

Los equipos de acarreo en existencia operativos en Canteras del Distrito Capital S.A. son los siguientes:

- Camión Articulado XCMG FKY30 capacidad de 14m³, ver (Figura. 48).
- Camión rígido Caterpillar 769C 2-29 capacidad de 24m³, ver (Figura. 49).
- Camión roquero Caterpillar 769C 2-25 con capacidad de 24m³.
- Camión roquero Caterpillar 769C 2-26 con capacidad de 24m³.



Figura. 48. Camión articulado XCMG FKY30. **Fuente:** Propia (2014).



Figura. 49. Camión rígido Caterpillar 769C. **Fuente:** Propia (2014).

4.5.4 Equipo de perforación

Los equipos de perforación en existencia operativos en Canteras del Distrito Capital S.A. son los siguientes:

- Perforadora de cauchos con martillo de fondo Atlas Copco, tipo BVB25.
- Perforadora con martillo hidráulico TAMROCK, SHA 660.

4.5.5 Equipos de apoyo

Los equipos de apoyo en existencia operativos en Canteras del Distrito Capital S.A. son los siguientes:

- Excavadora XCMG FY230.
- Camión Fiat de volteo para descargas de tolva. Modelo N7 Camión Cisterna Chevrolet 750, 10.000 l.
- Motoniveladora XCMG GR135.

Todos estos equipos se combinan bajo un ciclo de trabajo de forma tal que, la alimentación de la trituradora primaria no sea comprometida tiempos de espera que se puedan convertir en tiempos improductivos.

Etapa de Campo julio-septiembre 2.014

En esta etapa se comienza con el proceso de medición y toma directa de datos en campo donde podemos caracterizar los siguientes indicadores:

4.5 DELIMITACIÓN DEL ESPACIO FÍSICO

En primera instancia se realiza la delimitación topográfica logrando determinar los linderos de la Cantera con el Cementerio del Junquito, mediante el levantamiento de 41 puntos pertenecientes a la poligonal cerrada mostrada en los anexos (4), dejándolos demarcados en el terreno, como se ve en la (Figura. 50).



Figura. 50. Levantamiento mediante el uso de GPS. **Fuente:** Acosta (2015).

De este modo con la información recolectada, se lleva a cabo la sectorización del yacimiento, obteniendo los bloques 1 y 6 en el sector denominado Desarrollo. En el área Oeste en el bloque 1 se encuentra mayor presencia de material esquistoso-calcareo; mientras que, en el bloque 6 hay mayor presencia de esquistos micáceos y material estéril con alto grado de meteorización.

Por otro lado, en el bloque 2 encontramos en mayor volumen de material de explotación actual, con presencia de esquistos calcáreos, en los frentes bajos de la mina. Al Oeste del yacimiento en contacto con la cuarcita, esta Mina Antímano. El bloque 3 al sur está sin aprovecharse; el bloque 4 hacia el Este, con presencia de anfibolitas y por último, el bloque 5 compuesto por material poco consolidado de consistencia conglomerática con alto grado de meteorización, sin vocación para componente de agregados.

Una vez establecida la sectorización del espacio, se procede a referenciar la ubicación real de las actividades a realizar en cada uno de los lugares de la fosa, donde se ubiquen las actividades operativas, como se puede observar en el Anexo 1.

4.6 IDENTIFICACIÓN Y RECUPERACIÓN DE LA VIALIDAD

Con respecto a esta actividad, se realizan mediciones y se determina que dentro de las instalaciones de la cantera se cuenta con un total de 3,8 km de vialidad que sirve como conexión entre los frentes de los yacimientos existentes, ver (Figura. 51).

Para obtener la información, se lleva a cabo el levantamiento de campo, dónde se calculan las distancias de las estructuras viales de la mina. Debido a la ausencia de datos se procede a la demarcación de longitudes progresivas como muestra la (Figura. 52), determinando el levantamiento en tres trayectos definidos a continuación:

Trayecto1: Desde la fosa de lubricación hasta Nivel 07 (0+000)-(1+800).

Trayecto 2: Desde Nivel 01 hasta trocha Nivel 04 (0+800)-(1+300).

Trayecto 3: Desde Nivel 03 Hasta Desarrollo Nivel 18 (1+000)-(2+500).



Figura. 51. Medición de ancho de calzada. **Fuente:** Acosta (2015).



Figura. 52. Demarcación de progresivas (Tramo 01). **Fuente:** Propia (2015).

Con estas mediciones, lo que se busca es calcular la longitud total de los tramos de vialidad en la mina, el cual fue estimado en 3.800 m o 3,8 km; dato que es de importancia en la ubicación del levantamiento final.

En función de estos parámetros levantados y obtenidos en campo, se manejan los siguientes datos, partiendo de los siguientes indicadores viales:

4.7.1 Determinación de las variables físicas de la vialidad

El dato de la pendiente de tramos de vía, se ha tomado en campo y se ha comparado con información proporcionada por los fabricantes, que incluyen criterios y especificaciones. Varios de estos datos han sido obtenidos en base a la experiencia operativa y estudios con máquinas similares en campos de pruebas dispuestas para ello. El valor adoptado en la mina es en promedio de 8 %. En lo posible se ha procurado mantener y ajustar, en la medida en que las condiciones lo permitan, dentro de la mina, en cualquier camino diseñado y construido para acarreo de material.

Partiendo de esta información se recolectan y sistematizan los datos tal como se evidencian en la (Tabla 14).

- **Datos de campo (Tramo 01)**

Tabla 14. Resultados del levantamiento de información concerniente a las condiciones operativas en vialidades (Tramo 1). **Fuente:** Propia (2015).

Progresiva	Longitud(m)	Ancho (m)	Bermas(m)	Cunetas	Pendiente%	Peralte	Observaciones
0+000 - 0+100	100	12.5	Buen estado	Deteriorada	8.8	I	Nivelación de vía
0+100 - 0+200	100	16.8	Buen estado	Buen estado	12.6	3°	(C1)
0+200 - 0+300	100	16.8	Buen estado	Buen estado	13.7	I	Huecos, baches
0+300 - 0+400	100	13.7	Baja	Deteriorada	8.2	4,6°	(C2) Cárcava junto a cuneta, Nivelación de vía
0+400 - 0+500	100	19.3	Buen estado	Deteriorada	12.2	I	Nivelación de vía

I= Inexistente

Para un ancho de vía de 17,5 m en general no se dispone del ancho adecuado para el tránsito de dos camiones. Sin embargo, entre las progresivas 0+400 y 0+500 se pudo evidenciar que está por encima de esta longitud, y que a su vez, más de la mitad se encuentran por encima de la medida mínima requerida para la circulación, como muestra la (Figura. 54), considerando que los frentes de trabajo más activos están en el Tramo 01.

En cuanto a las bermas de seguridad, de 18 puntos tomados se pudo comprobar que solo 08 se mantienen en buen estado y en las condiciones de diseño necesarias, en la (Figura. 53), se muestran las variables físicas de las bermas y su elaboración mediante el empleo de cargador frontal. Mientras del levantamiento de las condiciones de las cunetas, en los 1,8 km, solamente un tramo de 200 m contaban con cunetas en buen estado y operativas, el número restante presentaron dos condiciones: estaban deterioradas por efectos de la erosión hídrica o simplemente no existían.

Para la propuesta de Planificación de Soporte, este tramo es más importante ya que este compromete la vía de mina involucrada hacia las plantas de beneficio mineral.

En conclusión, de 1.800 m levantados, en cuanto a cunetas, el 90 % requiere mantenimiento, por relleno de cárcavas de erosión, nivelación, compactación, entre otras tareas.



Figura. 53. Conformación de bermas. **Fuente:** Propia (2015).

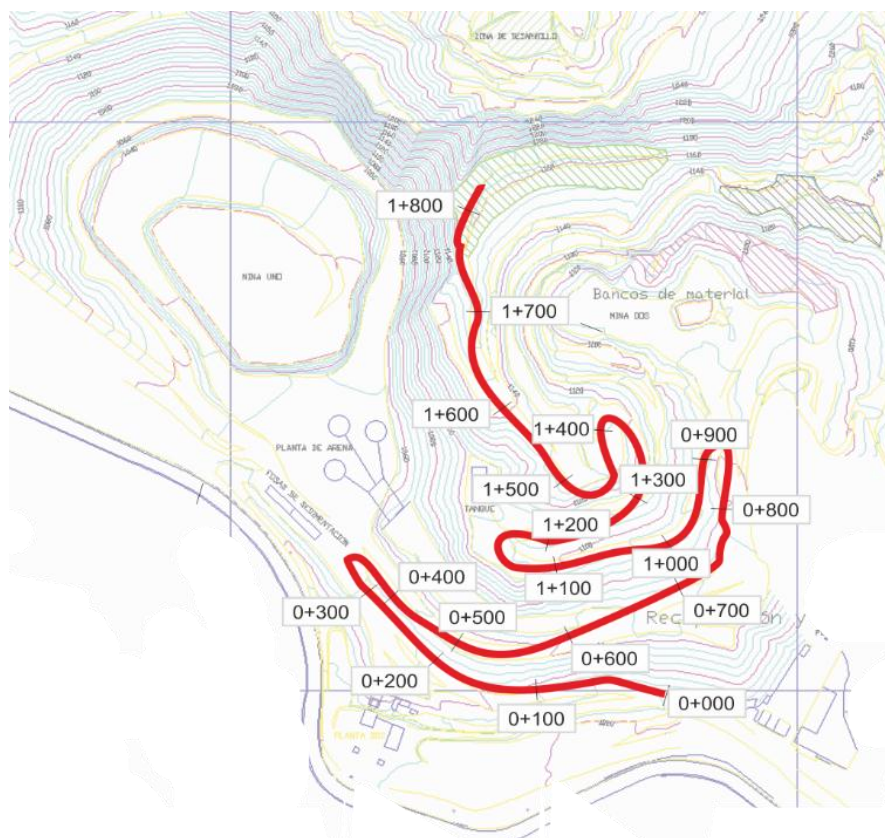


Figura. 54. Trazado de vialidad y progresivas (Tramo 01). **Fuente:** Propia (2015).

- **Datos de Campo (Tramo 02)**

En este Tramo 02 se tiene un total de 0,4 km como se ve en la (Figura. 55), el ancho de vía es más angosto, debido al diseño original, en el que se pensó solo el tránsito en un solo sentido y con un solo canal como se ve en la (Figura. 56). Se comienza a trabajar en el reacondicionamiento de bermas, elaboración y mantenimiento de cunetas, así como en acondicionamiento de vías, tal como se ve en la figura (Figura. 57), En especial en este tramo el 100 % de las cunetas requiere reparación o limpieza, necesarias para la canalización de las aguas, generando una gran cantidad de retrasos por atascos en la vía tal como se muestran en la (Tabla 15).

Tabla 15. Resultados del levantamiento de información concerniente a las condiciones operativas en vialidades (Tramo 02). **Fuente:** Propia (2015).

Progresiva	Longitud(m)	Ancho (m)	Bermas(m)	Cunetas	Pendiente %	Observaciones	Peralte
1+000 - 1+100	100	15,1	Baja	I	11,1	Nivelación de vía	I
1+100- 1+200	100	10	Existe	I	13	(C9) Curva muy angosta	5,5°
1+200-1+300	100	9,6	Existe	Tapada	5	Nivelación de vía	I
1+300-1+400	100	8,8	Baja	Tapada	12,4	(C10) Cárcava cercana a cuneta, Nivelación de vía	3,8°

I= Inexistente



Figura. 55. Trazado de vialidad y progresivas (Tramo 02). **Fuente:** Propia (2015).



Figura. 56. Nivelación de vía y conformación de berma (Tramo 02). **Fuente:** Propia (2015).



Figura. 57. Nivelación de vías (Tramo 01). **Fuente:** Propia (2015).

La ampliación en curva en la progresiva 1+100-1+200 requiere de arranque mediante perforación y voladuras, debido al material consolidado del talud superior.

- **Datos de Campo (Tramo 03)**

Tabla 16. Resultados del levantamiento de información concerniente a las condiciones operativas en vialidades (Tramo 03). **Fuente:** Propia (2015).

Progresiva	Longitud (m)	Ancho (m)	Bermas (m)	Cunetas	Pendiente %	Observaciones	Peralte
1+000 - 1+100	100	9,6	O	I	12,5	(C11) Nivelación de vía	0°
1+100 - 1+200	100	4	Baja	I	19	(C12) Curva muy angosta	0°
1+200 - 1+300	100	4,5	Baja	I	3	Conformación de vía	0°
1+300 - 1+400	100	3,2	I	I	11,1	Nivelación de vía	0°
1+400 - 1+500	100	3,8	I	I	13	I	2,5°

El Tramo 03 tiene una longitud de 2,5 Km tal como se muestra en la (Figura. 58), que parte desde el Nivel 01. En este segmento no se aplicó el ancho de vía calculado para las vías de acarreo, debido a que solo es usado para la circulación de vehículos livianos, para servicio de mina en las operaciones en el denominado sector El Desarrollo. Las actividades de soporte que se contemplan con esta zona es solo: acondicionamiento de la vialidad, conformación y nivelación, excavación de cunetas y la conformación de las bermas de seguridad.



Figura. 58. Trazado de la vialidad y progresivas (Tramo 03). **Fuente:** Propia (2015).

El resultado de este levantamiento se resume en la (Tabla 17), donde se especifica además la cuantía de vialidad a recuperar; la cual también forma parte de esta propuesta.

Tabla 17. Resumen de levantamiento, tramos a recuperar (Tramo 01, 02 y 03). **Fuente:** Propia (2015).

ACTIVIDAD	TOTAL (m)	TRAMO POR RECUPERAR (m)	% A RECUPERAR
Recuperación de vías	3.800	3.800	100%
Bermas de seguridad	3.800	1.600	48%
Cunetas	2.500	1.800	84%
Sobretamaños	23.445	12.594	45%

En la (Figura. 59), se observa el trazado de la vialidad de los tres tramos en el mapa de la mina, especificando en color amarillo el tramo 01, en azul el Tramo 02 y por último el Tramo 03 en color blanco.

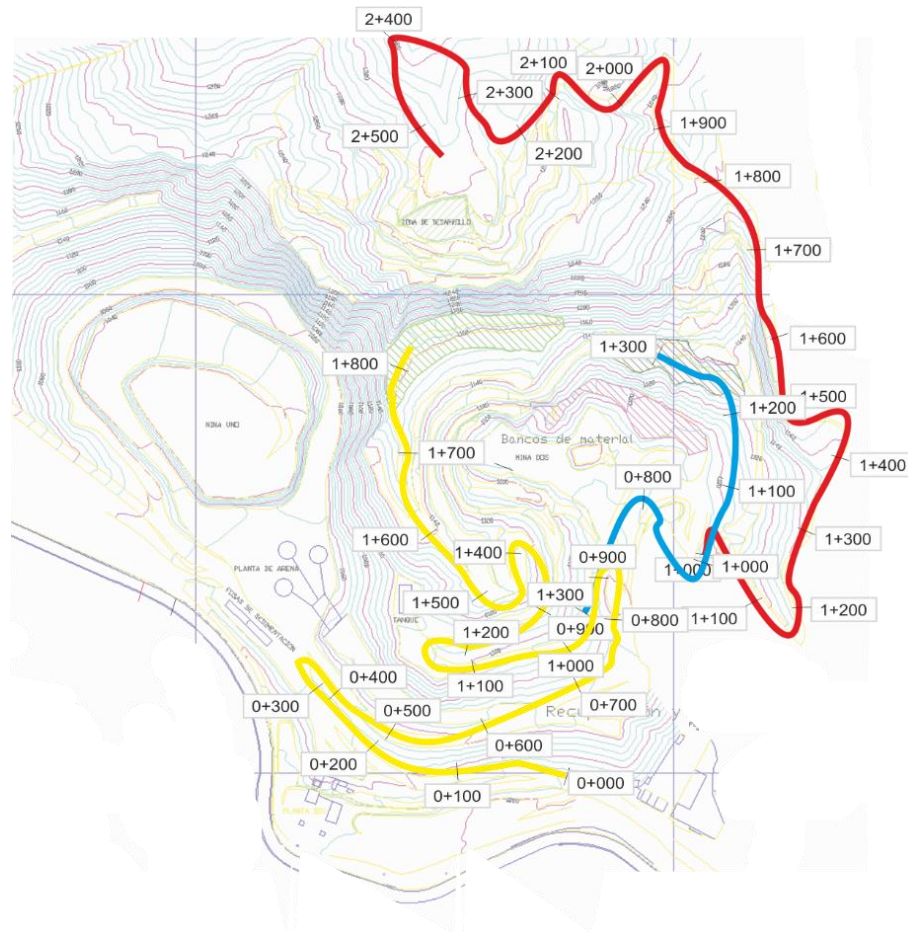


Figura. 59. Trazado de vialidad y progresivas (Tramo 01, 02 y 03). **Fuente:** Propia (2015).

4.7 LABORES DE DRENAJE

En el siguiente mapa que se muestra en la (Figura. 60), esta esbozado el trazado del canal natural de escorrentía de las aguas provenientes de la zona del Cementerio del Junquito.

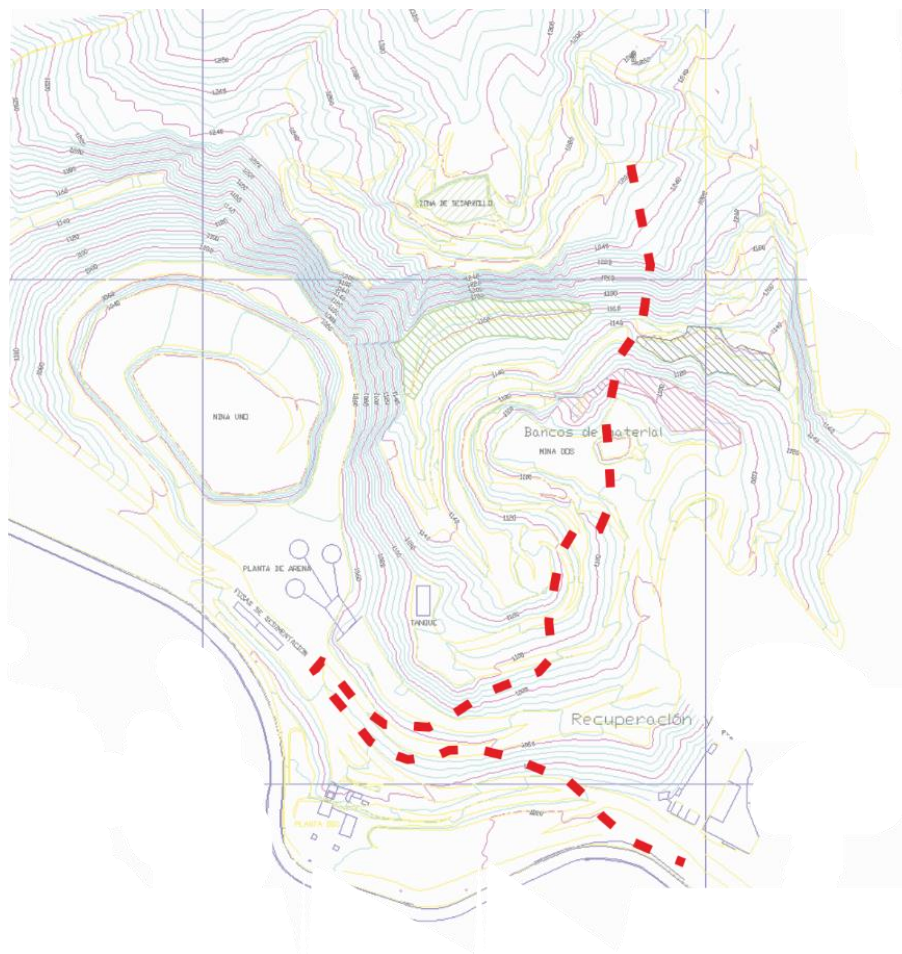


Figura. 60. Trazado de canal natural de aguas de escorrentía. **Fuente:** Propia (2015).

Con los datos de los anchos de los equipos que circulan por estas vías, se determinan aquellos parámetros técnicos que condicionan el ancho de la calzada. Se realiza un corte transversal de la vía, como se ve en la (Figura. 61). Con esta información se pueden determinar los diferentes parámetros, que son de utilidad a la hora del trabajo de campo, pues permiten generar un diseño óptimo de vialidad.

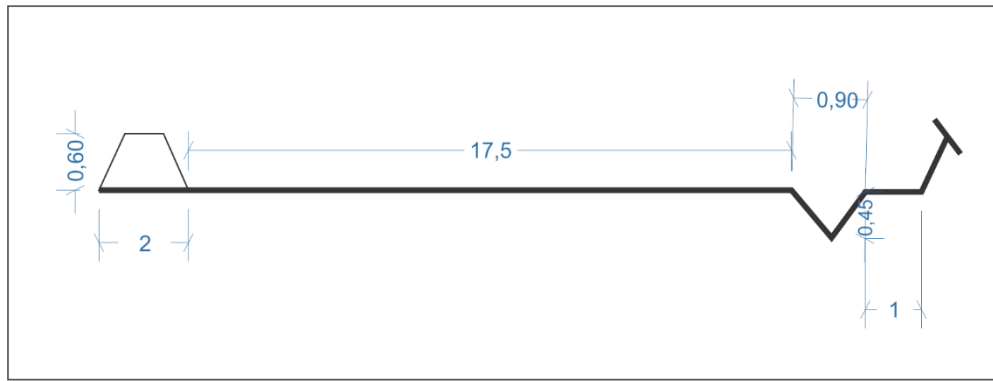


Figura. 61. Corte transversal de la vialidad. **Fuente:** Propia (2015).



Figura. 62. Deterioro en cunetas registrado en el levantamiento de campo **Fuente:** Propia (2015).



Figura. 63. Desborde de aguas de escorrentía y erosión de vías (Tramo 01). **Fuente:** Propia (2015).

En la (Figura. 64) se puede observar una sección de cunetas elaborada en la cota 1.080, a los laterales del Tramo 02 de la validez, específicamente entre las progresivas 1+100-1+200, para el encauzamiento de las aguas pluviales provenientes desde el sector El Desarrollo, con el fin de prevenir las paradas por atasco y los deslizamientos en la entrada hacia el Nivel 1, de igual manera se observa la sección de cuneta al pie de talud en el Tramo 01, después de una labor de mantenimiento con excavadora, el mismo posee obra civil, sin embargo el diseño no es óptimo para el manejo de las aguas como se ve en la (Figura. 65).



Figura. 64. Realización de cuneta (Tramo 01). **Fuente:** Propia (2015).



Figura. 65. Despeje de sección de cuneta con obra civil, insuficiente para el manejo de las aguas (Tramo 01). **Fuente:** Propia (2015).

4.8 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS BANCOS

Para lograr el despeje de los bancos de mina se consideran los parámetros, tomados del Plan de Explotación de la empresa 2.015-2.016, presentados a continuación:

H = 12 m.

B = 70°.

B_w = 64,50°.

f = factor de esponjamiento = 40 %.

Seguidamente se procede a la estimación de los volúmenes de sobretamaños presentes en los bancos de la fosa de mina Las Brisas, este material es producto de las operaciones de voladura de los niveles superiores del 2 al 7, resultando con granulometrías superiores a un m³ en promedio, con diferente morfología, este material se remueve mediante empuje mecánico directo de los niveles superiores, tal como se ve en la (Figura. 66), se aprecia los bancos 4,5 y 6 y este material impide el acceso de los equipos y por lo tanto, el avance de las operaciones de planificación de mina afectando de manera considerable las labores de producción como se observa en la (Figura. 67).

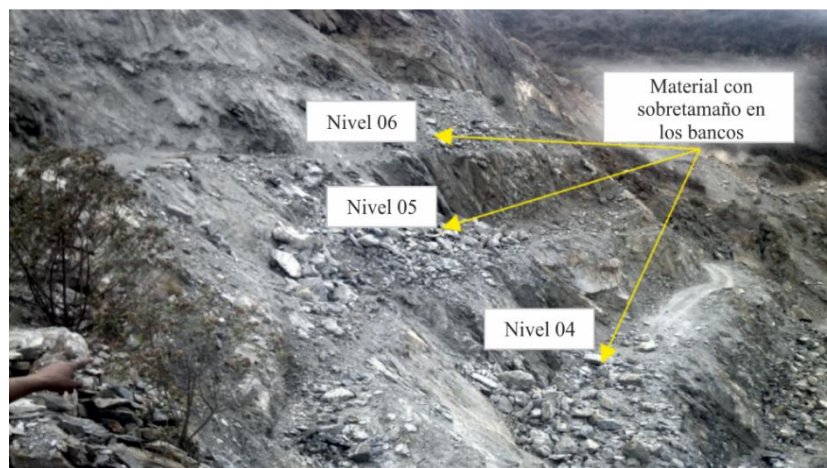


Figura. 66. Material sobre bancos Niveles 06, 05,04. **Fuente:** Propia (2015).



Figura. 67. Talud recubierto por material sobretamaños. **Fuente:** Propia (2015).

Para ello se identifican las áreas donde se encuentra el material a remover dentro de la fosa activa clasificándolos por volúmenes dentro de cada banco tal como se ve en la (Figura. 68).



Figura. 68. Secciones de volúmenes de material en bancos. **Fuente:** Propia (2015).

Seguidamente se plantea una representación esquemática de los volúmenes de material encontrados en los bancos de mina, obteniendo su relación geométrica permitiendo calcular sus volúmenes tal como se muestra en las figuras (Figura. 69).



Figura. 69. Representación gráfica (Prisma triangular) **Fuente:** Propia (2015).

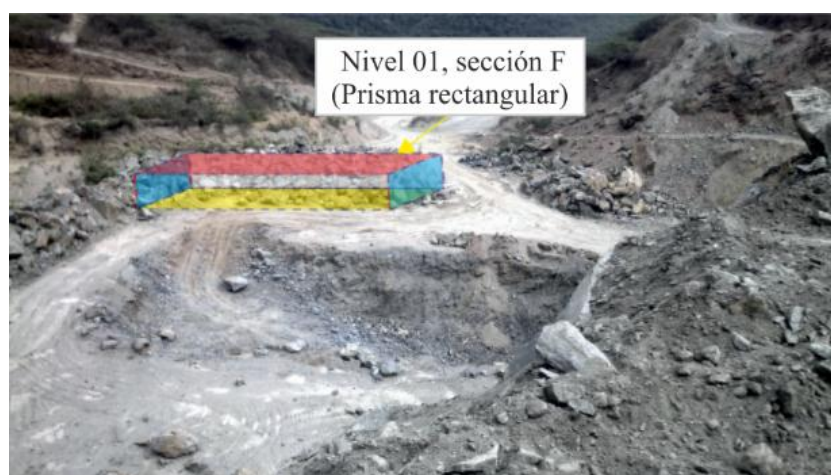


Figura. 70. Representación gráfica (Prisma rectangular). **Fuente:** Propia (2015).

- **Cálculos de secciones a despejar con sobretamaños**

Primero se calcula en orden ascendente desde el Nivel 01 (Cota 1.080), y se divide el Nivel 01 en varias secciones para el cálculo de volúmenes, como se muestra a continuación:

Nivel 01 Sección “A”

$$4 \text{ m} \times 3.5 \text{ m} \times 75 \text{ m} = 1050 \text{ m}^3 \text{ (Sección del prisma rectangular)}$$

$$V_s = 2.7/2.6 = 1.038 \times 1050 = \mathbf{1.089 \text{ m}^3}.$$

De igual manera se hace para el Nivel 03,04 y 06.

Nivel 03 (Cota 1.114)

$$\text{Total: } \frac{8m \times 5m}{2} = 20m^2 \times 103m = \mathbf{2.060 \text{ m}^3}$$

De esta manera se obtiene el total de material acumulado sobre los bancos para su remoción, tal como se ve en la (Tabla 18).

Tabla 18. Metros cúbicos de material en los frentes de mina. **Fuente:** Propia (2015).

Secciones	Nivel 01 (m³)	Nivel 02 (m³)	Nivel 03 (m³)	Nivel 04 (m³)	Nivel 05 (m³)	Nivel 06 (m³)	Nivel 07 (m³)	Total Σ (m³)
Sección A	1.089	No hay	2.060	8.800	No hay	41,7	No hay	
Sección B	373		1693	0		0		
Sección C	3.320		0	0		0		
Sección D	4.764		0	0		0		
Sección E	996,4		0	0		0		
Sección F	405		0	0		0		
Sección G	420,4		0	0		0		
Sección H	1.852		0	0		0		
Sección I	356,4		0	0		0		
Sección Trocha Baja	765,6		0	0		0		
Total (m³)	10.650	0	3.753	8.800	0	41,7	0	23.444

Una vez estimados los volúmenes de material encontramos que ocupan un 75 % del total del área del Nivel 01 imposibilitando el acceso y la maniobra de equipos en este lugar, tal como se muestra en la (Tabla 19).



Tabla 19. Secciones de sobre tamaño ocupando el 75 % del Nivel 01, imposibilitando el tránsito de equipos. **Fuente:** propia (2015).

4.9 DATOS DE LAS VARIABLES DE LOS EQUIPOS MÓVILES

Otra variable a tomar en cuenta, es el estudio de rendimiento de los equipos antes de ser utilizados en la propuesta de planificación, para tener una base predictiva sobre las condiciones reales de trabajo de los equipos disponibles, por ello se toman datos de campo donde se evalúan los tiempos de ciclo y que se comienza con la elaboración de reportes diarios de actividades. En la (Tabla 20), se representa la identificación de las paradas según una codificación los cuales fueron dados en función a las primeras iniciales del nombre de la actividad, para facilitar la lectura y la comprensión por parte de los operadores.

Tabla 20. Códigos de paradas de los equipos. **Fuente:** propia (2014).

PARADAS OPERATIVAS	PARADAS POR MANTENIMIENTO		PARADAS FUERA DE CONTROL
CF: Cambio de Frente CO: Comida o descanso CT: Cambio de Turno TP: Transporte de Personal RT: Reunión de trabajo RE: Revisión de equipo NP: Necesidades personales (Baño, Tomar agua etc.) AT: Atascamiento OP: Falta operador TA: Trabajo	CORRECTIVO	PREVENTIVO	LL: Lluvia/ Vías húmedas NB: Neblina BV: Baja Visibilidad RD: Derrumbes
	C COMB: Combustible C LUB: Lubricación C CAU: Cauchos C FR: Frenos C MOT: Motor, Caja C CH: Chasis, Cadena C EL: Eléctrico	P COMB: Combustible P AIRE: Presión cauchos P FR: Frenos, Bandas P REFR: Refrigerante P MOT: Motor Caja C CH: Chasis, Cadena P EL: Eléctrico	

Este registro se obtiene durante el primer mes de la fase de campo y permitirá obtener una muestra representativa de los rendimientos de los equipos a ser utilizados en la propuesta, a continuación se muestran los reportes de actividades y sus respectivas eficiencias, para cada uno de los equipos a incluir dentro de la planificación.

4.10.1 Cargadores Frontales

En la (Tabla 21), se observa los reportes de operaciones, aquí se apunta el comportamiento de los cargadores frontales para dos días de trabajo distintos, en función al número de paradas, como ejemplo, del día 07 de julio de 2.014, el cargador frontal CAT 1-01 acumuló un total de dos horas 15 minutos con las distintas paradas donde se aprecia un 53 % de efectividad solo para CF 2-01 y un 77 % para el CF 1-12.

Tabla 21. Reporte de paradas por turno, para distintos días y operadores. **Fuente:** propia (2014).

Fecha: 07/07/14			Fecha: 14/07/14		
Operador		CF-01	Operador		CF-12
Inicio	T(min)	Código	Inicio	T(min)	Código
7:00	0:05	RE	7:00	0:25	C COMB
7:05		TA	7:25		TA
11:00	0:10	CF	11:50	0:10	TP
11:10		TA	12:00	1:00	CO
11:20	0:25	P AIRE	1:00	0:10	TP
11:45	0:15	TP	1:10		TA
12:00	1:00	CO	3:45		TP
1:00	0:10	TP	TOTAL	1:45	
1:10		TA			
3:45	0:10	TP			
TOTAL	2:15				

Seguidamente se realiza la totalización de los tiempos en función a las diferentes paradas tal como se muestra en la (Tabla 22).

Tabla 22. Totalización de paradas, cargadores frontales. **Fuente:** propia (2015).

Variables			Paradas por mantenimiento			
Equipo	Día	Turno	Preventivo	Correctivo	Parada operativa	Total (h)
1-01	07/07/2014	DIURNO	0:25	0:00	1:50	2:15
1-12	14/07/2014	DIURNO	0:00	0:25	1:20	1:45
TOTALES			0:25	0:25	3:10	4:00

El resultado de este levantamiento se resume en la (Tabla 23), donde se observan los cálculos de las eficiencias de trabajo, para un turno de 8 h con los cargadores frontales mencionados.

Tabla 23. Rendimientos de los cargadores frontales. **Fuente:** propia (2015).

(h) Planificadas	Mantenimiento	Operativa	(t) Disponible	% Disponibilidad Física	(h) Trabajadas	% Utilización	% Eficiencia
8	0,25	1,55	6,2	65	6,2	100	65,0

En general se puede apreciar un buen rendimiento para los cargadores frontales, a pesar de presentar un 65 % de disponibilidad física, ya que de 8 h se manejó un total de 1,8 h de paradas.

4.10.2 Camión Ford 650

De igual manera se realiza este análisis para el camión *Ford 650*, el cual tiene una capacidad de 7 m³, quedando unos rendimientos mostrados en la (Tabla 24), donde se evidencia que este equipo presentó gran cantidad de paradas, situación que obligó a una mayor utilización de camiones para el movimiento del material para la conformación de bermas y la limpieza de cunetas cuando fuere necesario, Esto se debió a un porcentaje de eficiencia menor a 35 %, reduciendo la efectividad en la utilización de este equipo.

Tabla 24. Rendimiento del camión Ford 650. **Fuente:** propia (2015).

(h) Planificadas	Mantenimiento	Operativa	(t) Disponible	% Disponibilidad Física	(h) Trabajadas	% Utilización	% Eficiencia
8	0,25	1,55	6,2	65	6,2	100	65,0

4.10.3 Motoniveladora

Seguidamente se recolectan los datos de rendimiento de la motoniveladora, equipo a emplear para la nivelación de vías, a pesar de ser un equipo con un bajo índice de uso, se mantuvo con unos índices de disponibilidad física de 66 %, lo cual mantiene unos porcentajes de 66 % de eficiencia.

Tabla 25. Rendimientos de la Motoniveladora XCMG. **Fuente:** propia (2015).

(h) Planificadas	Paradas Mantenimiento	Paradas Operativas	(t) Disponible	% Disponibilidad Física	(h) Trabajadas	% Utilización	% Eficiencia
8	2,4	1,35	4,25	66	2,25	50	65,6

4.10.4 Tractor (D9H CAT)

En cuanto al equipo de arranque directo se obtienen altos índices de paradas por mantenimiento, alcanzando un promedio de 2,25 h de paradas por mantenimiento en sus diferentes clasificaciones, alcanzando un total de 4,55 h de trabajo para un 65 % de eficiencia, a pesar de obtener un total uso de la disponibilidad debido a la versatilidad del mismo.

Tabla 26. Rendimientos del tractor D9H CAT. **Fuente:** propia (2015).

(h) Planificadas	Paradas Mantenimiento	Paradas Operativas	(t) Disponible	% Disponibilidad Física	(h) Trabajadas	% Utilización	% Eficiencia
8	2,25	1,2	4,55	64	4,55	100	64,3

4.10.5 Nombre de los indicadores obtenidos

Durante el levantamiento de campo se pudo identificar los siguientes indicadores:

- Recuperación de Bancos y Despeje de Sobretamaños (RB).
- Limpieza, Conformación, Adecuación y Relleno de Vías (RV).
- Realización de Cunetas (RC).

- Recuperación de Berma (RB).
- Recuperación y Limpieza (RL).

4.10.6 Retroexcavadora XCMG

Finalmente se obtienen los resultados de las operaciones de la retroexcavadora durante el mes y se obtiene un total promedio de 2,25 h de paradas, con un porcentaje de utilización de 90 % un nivel de eficiencia de 65 %.

Tabla 27. Rendimientos de la retroexcavadora XCMG FY230. **Fuente:** propia (2015).

(h) Planificadas	Paradas Mantenimiento	Paradas Operativas	(t) Disponible	% Disponibilidad Física	(h) Trabajadas	% Utilización	% Eficiencia
8	1,3	0,95	5,7	67	5,7	90	64,3

4.10 PROPUESTA DE PLANIFICACIÓN

Una vez seleccionados y estudiados los indicadores en las operaciones de soporte, se plantea un cronograma mensual que tendrá una duración de tres meses (julio, agosto y septiembre). El diseño mensual se desglosa semanal, donde se especificarán las actividades propuestas en función a las áreas de prioridad, equipos a utilizar, operadores disponibles y el porcentaje de avance al culminar cada semana. Se estima una clasificación por prioridades: alta-media y baja, y se plantean los porcentajes de avance obtenidos, con la finalidad de identificar la eficiencia total en cada uno de los renglones planteados, como se evidencia en la (Tabla 28).

Tabla 28. Descripción de planificación de actividades semanales. **Fuente:** Melo y Piña (2014).

Niveles de prioridad de ejecución de las actividades:
Rojo ALTA
Azul: MEDIA
Amarillo: BAJA

1: Numeración de actividad
A: Nivel de prioridad (alta)

Identificación de la planificación

Fecha y semana

Nombre de los indicadores

Referencia mapa

PLANIFICACIÓN DE MINA PLAN DE SOPORTE TRIMESTRAL MES DE JULIO AÑO 2014 / SEMANA 1 (1 AL 4)			
UBICACIÓN	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	EQUIPOS/ PERSONAL
NIVELES 1-7 (BLOQUE 5-6)	ALTA (1-A)	RECUPERACIÓN DE BANCOS Y DESPEJE DE SOBRETAMAÑOS - (RB) EMPUJE DE SOBRETAMAÑOS UBICADOS EN EL NIVEL 6 (1170) HACIA EL NIVEL 5 (1100) Y LIMPIEZA DEL ACCESO AL BANCO (1+700)	D9H/ EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	MEDIA (2-M)	APERTURA DEL ACCESO PARA DEFINIR EL BANCO 3, LIMPIEZA, CORTE Y SEPARACIÓN DE ESTERIL A EMPUJAR A NIVEL 2 Y 1	D9H/EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	BAJA (3-B)	DESMALEZAMIENTO DEL ACCESO AL NIVEL 4 (1128) Y TRASLADO DE MATERIA ORGANICA AL VIVERO (1+200)	D9H / CF 1-01/ART1-31 (CHOFER,MAQUINISTA)
	MEDIA (4-M)	EMPUJE DE MATERIAL SUELTO EN EL BANCO 18 (1300)	D9H/CF 1-01(MAQUINISTA)
	ALTA (5-A)	PREPARACIÓN DE BANCO NIVEL 2 (NORTE) PARA VOLADURA	EXCAVADORA XCMG/ (MAQUINISTA)
	MEDIA (6-M)	APERTURA DE ACCESO AL NIVEL 4, TRAMO 1(1+550) VÍA DESARROLLO	D9H/ EXCAVADORA (MAQUINISTA)

Equipo a emplear y personal a ejecutar la actividad

Prioridad de actividades
Rojo: Alta

Codificación de la actividad
Referencia en mapa

Ubicación de la actividad dentro del mapa de la mina

4.11.1 Mes de julio

En la (Tabla 29), se muestra la planificación inicial correspondiente al mes de julio, sectorizadas en el plano de la mina referenciadas por ubicación. En la primera semana se tabulan las actividades de mayor relevancia para la Gerencia de Producción, de modo de trabajarlas e ir obteniendo las metas mensuales.

Tabla 29. Propuesta inicial de planificación Semana 1, **Fuente:** Melo y Piña (2014).

PLANIFICACIÓN DE MINA PLAN DE SOPORTE TRIMESTRAL MES DE JULIO AÑO 2014 / SEMANA 1 (1 AL 4)			
UBICACIÓN	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	EQUIPOS/ PERSONAL
RECUPERACION DE BANCOS Y DESPEJE DE SOBRETAMAÑOS - (RB)			
NIVELES 1-7 (BLOQUE 5-6)	ALTA (1-A)	EMPUJE DE SOBRETAMAÑOS UBICADOS EN EL NIVEL 6 (1170) HACIA EL NIVEL 5 (1100) Y LIMPIEZA DEL ACCESO AL BANCO (1+700)	D9H/ EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	MEDIA (2-M)	APERTURA DEL ACCESO PARA DEFINIR EL BANCO 3, LIMPIEZA, CORTE Y SEPARACIÓN DE ESTERIL A EMPUJAR A NIVEL 2 Y 1	D9H/EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	BAJA (3-B)	DESMALEZAMIENTO DEL ACCESO AL NIVEL 4 (1128) Y TRASLADO DE MATERIA ORGANICA AL VIVERO (1+200)	D9H / CF 1-01/ART1-31 (CHOFER,MAQUINISTA)
	MEDIA (4-M)	EMPUJE DE MATERIAL SUELTO EN EL BANCO 18 (1300)	D9H/CF 1-01(MAQUINISTA)
	ALTA (5-A)	PREPARACIÓN DE BANCO NIVEL 2 (NORTE) PARA VOLADURA	EXCAVADORA XCMG/ (MAQUINISTA)
	MEDIA (6-M)	APERTURA DE ACCESO AL NIVEL 4, TRAMO 1(1+550) VÍA DESARROLLO	D9H/ EXCAVADORA (MAQUINISTA)
LIMPIEZA, CONFORMACIÓN, ADECUACIÓN Y RELLENO DE VÍAS (RV)			
MINA 2 NIVELES 1 al 7	ALTA (7-A)	RELLENO DE HUNDIMIENTOS, RIEGO, NIVELACIÓN DE VÍAS Y EMPUJE DE FINOS A LAS BERMAS DE SEGURIDAD, TRAMO 1 (0+400-1+800)	CISTERNA/ CF 1-02 MOTONIVELADORA (SERVICIOS)
	BAJA (8-B)	AMPLIACIÓN DE LA CURVA EN LA VÍA , TRAMO 2 (1+200)	D9H/ (MAQUINISTA)
	BAJA (9-B)	AMPLIACION DEL ACCESO AL NIVEL 1275 (DESARROLLO)	CF 1-13/D9H(MAQUINISTA)
	MEDIA (10-M)	AMPLIACION DE CURVA COTA (1109), TRAMO 2 (1+050)	D9H/EXCAVADORA (MAQUINISTA)
REALIZACIÓN DE CUNETAS (RC)			
MINA 2 DESARROLLO	BAJA (11-B)	LIMPIEZA Y EXCAVACIÓN DE CANALES DE DRENAJE (0+400-1+600) TRAMO 1	CF 1-13/ EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	MEDIA (12-M)	LIMPIEZA DE CANALES DE DRENAJE NIVELES (2+200-2+500) TRAMO 2)	EXCAVADORA XCMG (MAQUINISTA)
	BAJA (13-B)	LIMPIEZA QUEBRADA DESARROLLO NIVEL 1,2 Y 3	EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	MEDIA (14-B)	LIMPIEZA DEL CANAL DE DRENAJE DEL CAUCE NATURAL DE ESCORRENTIA	CF 1-02 (OPERADOR CARGADOR)
RECUPERACIÓN DE BERMA (RB)			
MINA 1-2	BAJA (15-B)	CONFORMACIÓN DE BERMA DE SEGURIDAD (1+300-1+800) TRAMO 1	CF 1-02 (OPERADOR CARGADOR)
	MEDIA (16-M)	LIMPIEZA Y EMPUJE DEL TALUD NORTE (SECTOR PALOMERA)	CF 1-13 (OPERADOR CARGADOR)
RECUPERACIÓN Y LIMPIEZA (RL)			
PLANTA 3	MEDIA (17-M)	COMENZAR TRABAJOS DE DESMALEZAMIENTO Y LIMPIEZA DE BASURA DEL TANQUE DE DECANTACIÓN	EXCAVADORA XCMG(MAQUINISTA)
	BAJA (18-B)	CARGA DEL MATERIAL DE LIMPIEZA DE PLANTA 3 APILADO A LOS ALREDEDORES DEL TANQUE DE DECANTACIÓN A P2	CF 1-14/2-08/ (OPERADOR CARGADOR)

A continuación en el texto se ofrece un análisis de las causas que posibilitaron o no la ejecución del trabajo planificado:

En cuanto al uso del tractor para las labores de empuje, fue imposible el movimiento de material en dos frentes durante el mismo periodo. En esta semana se cumple al 100% la remoción y despeje del sobretamaño apilado en el Nivel 06, pero fue imposible cumplir con el empuje desde el Desarrollo, obligando a posponer dicha actividad para las semanas siguientes, por esa razón se enfoca la atención en la preparación del banco del Nivel 02 para la voladura de producción.

Por otro lado se logra ejecutar la primera etapa de recuperación del Tramo 01 hasta la progresiva 1+400. Para este momento se logra recuperar un total de 1.400 m de vía.

En vista de que todas las aguas de escorrentía se depositan sobre la encrucijada de Planta III se avanza con el trabajo de limpieza y conformación de cunetas, así como, el arreglo de un total de 500 m de bermas de seguridad.

Para esta primera semana se logra un 28 % de efectividad debido a la cantidad y complejidad de las actividades planteadas, al finalizar la misma se decide dar continuidad a las actividades pendientes, para no incorporar nuevas que puedan comprometer la efectividad de la propuesta.

Durante las siguientes semanas, se apertura el acceso al Nivel 03 este, para poder definir el banco y realizar el despeje central en el bloque 2 tal como se ve en la (Figura. 71), para esta semana se logra avanzar en un 60 % de esta actividad, debido a la parada de cargadores frontales no se puede avanzar en el despeje y ampliación de la vialidad, sin embargo, con el uso de la excavadora se avanza 200 m lineales de excavación de cuneta, y se comienza con el despeje de los primeros 500 m³ del banco en el sector Palomera para acarreo a las plantas de producción.

De igual manera logra realizar la apertura del acceso sobre el Nivel 03, empujando el material a los Niveles 01 y 02 tal como se aprecia en la (Figura. 72), seguidamente se traslada el equipo al sector el Desarrollo para comenzar a empujar los primeros 6.000 m³ hacia el banco del Nivel 15, Bloque 1.

Se termina el despeje del talud del sector la palomera logrando disponer de 1.500 m³ de material para alimentación.



Figura. 71. Empuje de material sobre las paredes del talud, Nivel 03. (Bloque 2) **Fuente:** Propia (2015).



Figura. 72. Despeje de bancos, Nivel 02 y 03, (Bloques 3 y 4). **Fuente:** Propia (2015).

Al finalizar el primer mes se obtiene un índice de efectividad promedio, para las actividades culminadas, lo que se traduce en un bajo porcentaje de eficiencia del plan, tal como se aprecia en la (Tabla 30), obligando a hacer modificaciones pertinentes para la propuesta del mes siguiente tales como disminución del número de actividades planteadas por semana en función a la capacidad real de los equipos, con fines de obtener un incremento en la efectividad.

Tabla 30. Resultados de actividades julio. **Fuente:** Propia (2015).

Actividad	Meta Inicial	Resultados/Avances	Actividades Pendientes
Vialidad	2,8 Km	1,4 Km	1,4 Km
Sobretamaños	5000 m ³	41,75+3500	1459 m ³
Cunetas	600 m	200	400 m ³
Bermas	800 m	500 m	300 m
Apertura Bancos	44.000 m ³	500 m ³ +6000m ³ +1500m ³	36.000 m ³

4.11.2 Mes de agosto

En vista de los resultados obtenidos durante el mes anterior, se decide continuar con las actividades pendientes del mes de julio, sin incluir otras, con el fin de concretar las planteadas inicialmente y aumentar la efectividad de la propuesta, para ello se plantean en la (Tabla 31).

Tabla 31. Propuesta inicial de planificación, agosto semana 5, **Fuente:** Melo y Piña (2014).

PLANIFICACIÓN DE MINA PLAN DE SOPORTE TRIMESTRAL MES DE AGOSTO AÑO 2014 / SEMANA 1 (4 AL 8)			
UBICACIÓN	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	EQUIPOS/ PERSONAL
RECUPERACION DE BANCOS Y DESPEJE DE SOBRETAMAÑOS - (RB)			
NIVELES 1-7 (BLOQUE 5-6)	BAJA (3-B)	DESMALEZAMIENTO DEL ACCESO AL NIVEL 4 (1128) Y TRASLADO DE MATERIA ORGANICA AL VIVERO (1+200)	D9H / CF 1-01/ART1-31 (CHOFER, MAQUINISTA)
	MEDIA (4-M)	EMPUJE DE MATERIAL SUELTO EN EL BANCO 18 (1300)	D9H/CF 1-01(MAQUINISTA)
	MEDIA (6-M)	APERTURA DE ACCESO AL NIVEL 4, TRAMO 1(1+550) VÍA DESARROLLO	D9H/ EXCAVADORA (MAQUINISTA)
LIMPIEZA, CONFORMACIÓN, ADECUACIÓN Y RELLENO DE VÍAS (RV)			
MINA 2 NIVELES 1 al 7	BAJA (8-B)	AMPLIACIÓN DE LA CURVA EN LA VÍA , TRAMO 2 (1+200)	D9H/ (MAQUINISTA)
	BAJA (9-B)	AMPLIACION DEL ACCESO AL NIVEL 1275 (DESARROLLO)	CF 1-13/D9H(MAQUINISTA)
	MEDIA (10-M)	AMPLIACION DE CURVA COTA (1109), TRAMO 2 (1+050)	D9H/EXCAVADORA (MAQUINISTA)
REALIZACIÓN DE CUNETAS (RC)			
MINA 2 DESARROLLO	BAJA (13-B)	LIMPIEZA QUEBRADA DESARROLLO NIVEL 1,2 Y 3	EXCAVADORA (MAQUINISTA)
RECUPERACIÓN Y LIMPIEZA (RL)			
PLANTA 3	MEDIA (17-M)	COMENZAR TRABAJOS DE DESMALEZAMIENTO Y LIMPIEZA DE BASURA DEL TANQUE DE DECANTACIÓN	EXCAVADORA XCMG(MAQUINISTA)

El alto porcentaje de material acumulado sobre el banco 18 en el límite de la fosa, obliga a centrar la actividad primordial en la liberación del banco, para continuar con la labores de avance en planificación operativa, Por otra parte con el fin de realizar el empuje hacia el Nivel 07 se abre el acceso en el banco 16, sector el Desarrollo, por lo que se obtienen los siguientes resultados:

Se apertura los accesos al Nivel 04, mediante el desmalezamiento, lo que permite el avance de las actividades hacia la zona central, de igual manera se trabaja en la ampliación de los radios de giro de dos curvas cerradas en el tramo dos, que imposibilitaban la visibilidad de los choferes de los camiones roqueros, en vista que solo se encontraba apto para la circulación en un solo sentido.

Se despejan los tramos de quebrada logrando la ampliación de la vía en la progresiva 2+400 quedando pendiente la colocación de las tuberías.

Al finalizar el segundo mes se obtiene un alto porcentaje de efectividad de la propuesta planteada, y un restante 10 % de actividades en ejecución tal como se muestra en la (Tabla 32), mostrando la viabilidad de la propuesta en función de este tiempo, por ello para el inicio del siguiente mes se incorporan nuevas actividades para fortalecer las ya cumplidas.

Tabla 32. Resultados de actividades, agosto. **Fuente:** Propia (2015).

Actividad	Meta Inicial	Resultados/Avances	Activiaddes Pendientes
Vialidad	1,4 Km	1,1 Km	0,3 Km
Sobretamaños	1.459 m ³	1.459	0 m ³
Cunetas	400 m	400	0 m
Bermas	300 m	300 m	0 m
Apertura Bancos	36.000 m ³	15.000m ³	21.000 m ³

4.11.3 Mes de septiembre

Una vez culminado el segundo mes, manejando una alta efectividad, es necesario la incorporación de un nuevo grupo de actividades a los renglones

trabajados hasta ahora de manera de poder avanzar sustancialmente por ello se plantea la (Tabla 33), y se incorporan los pendientes del mes de agosto.

Tabla 33. Propuesta inicial de planificación, Septiembre, semana 9. **Fuente:** Melo y Piña (2014).

PLANIFICACIÓN DE MINA PLAN DE SOPORTE TRIMESTRAL MES DE SEPTIEMBRE AÑO 2014 / SEMANA 1 (1 AL 5)			
UBICACIÓN	PRIORIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	EQUIPOS/ PERSONAL
RECUPERACION DE BANCOS Y DESPEJE DE SOBRETAMAÑOS - (RB)			
NIVELES 1-7 (BLOQUE 5-6)	ALTA (1-A)	EMPUJE DE MATERIAL SUELTO DESDE EL NIVEL 2 AL NIVEL 1	D9H/ EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	ALTA (2-A)	EMPUJE DE MATERIAL SUELTO EN EL BANCO 18 (1300)/VOLADURA	EXCAVADORA XCMG/ (MAQUINISTA)
LIMPIEZA, CONFORMACIÓN, ADECUACIÓN Y RELLENO DE VÍAS (RV)			
MINA 2	ALTA (3-M)	RELLENO DE HUNDIMIENTOS, RIEGO, NIVELACIÓN DE VÍAS DE POLVORINES	CF 1-02 MOTONIVELADORA (SERVICIOS)
	BAJA (4-B)	AMPLIACION DEL ACCESO AL NIVEL 1275 (DESARROLLO)	CF 1-13/D9H(MAQUINISTA)
	BAJA (5-B)	TRASLADAR PIEDRA 1" HASTA EL TALLER Y CONFORMAR EL PISO CON MOTONIVELADORA	CF 1-13/D9H(MAQUINISTA)
	BAJA (6-B)	LIMPIEZA DE ENTRADA AL NIVEL 1, RIEGO DE INTEGRAL EN LA ENTRADA HACIA MINA 1	EXCAVADORA (MAQUINISTA)
REALIZACIÓN DE CUNETAS (RC)			
MINA 2 NIVELES 1 al 7	MEDIA (7-M)	LIMPIEZA DE LA CUNETA DE LA VÍA PRINCIPAL DESE TALLERES HASTA PLANTA II	CF 1-13 / EXCAVADORA (MAQUINISTA)
	BAJA (8-B)	CREAR DRENAJE PARA RETENCION DE SOLIDOS Y AGUAS DE ESCORRENTÍA PROVENIENTES DEL CEMENTERIO	EXCAVADORA XCMG (MAQUINISTA)
RECUPERACIÓN DE BERMA (RB)			
	BAJA (9-B)	CONFORMACIÓN DE BERMA DE SEGURIDAD (16,17,18)	CF 1-02 (OPERADOR CARGADOR)
	BAJA (10-B)	REMOCIÓN DE BERMA DE SEGURIDAD SECTOR SUR	CF 1-13 (OPERADOR CARGADOR)
RECUPERACIÓN Y LIMPIEZA (RL)			
DESARROLLO	BAJA (11-B)	CERRAR ACCESO AL CEMENTERIO MEDIANTE COLOCACIÓN DE CERCA PERIMETRAL	EXCAVADORA XCMG(MAQUINISTA)
	MEDIA (12-M)	LIMPIEZA DE LOS ALREDEDORES DE PLANTA 3, PATIO DE PLANTA 3 Y EL PATIO DE REMANEJO, ADECUACIÓN DEL PUNTO DE DESCARGA	CF 1-142-08/ (OPERADOR CARGADOR)

Al finalizar el tercer mes se cumple con la reparación de las vías a los polvorines, así como la vialidad de los talleres y patios de la entrada, de igual manera se realiza la conformación y relleno de la entrada al Nivel 01, se realizan las cunetas desde la progresiva 0+000 hasta la 0+600.

Se terminan las bermas en los bancos superiores para continuar con las labores de avance de mina hacia el banco final de la fosa, se incorpora un empuje de material del Nivel 02 al 01, previendo la utilización de la excavadora y el cargador frontal, debido a la falla mecánica del tractor D9H, por otra parte se termina en orden descendente la limpieza de la cuneta de la vía principal y se repara la vía principal y se cierra el acceso hacia el cementerio, obteniéndose los resultados mostrados en la (Tabla 34).

Tabla 34. Resultados de actividades, septiembre. **Fuente:** Propia (2015).

Actividad	Meta Inicial	Resultados/Avances	Activiaddes Pendientes
Vialidad	0,3 Km	0,1 Km	0,2Km
Sobretamaños	200	200	200 m ³
Cunetas	800 m	800	0 m
Bermas	400 m	400 m	0 m
Apertura Bancos	36.000 m ³	15.000m ³	21.000 m ³

4.11 ANÁLISIS GRÁFICO DE LOS RESULTADOS

4.12.1 Comportamiento de los equipos

En el análisis de las causas que afectaron de manera directa el cumplimiento de las metas planteadas durante el trimestre, se encuéntrala disponibilidad física de los equipos, en el (Gráfico. 1), se puede evidenciar la incidencia de dicho parámetro en la maquinaria, siendo los más afectados los camiones y los cargadores frontales, lo cual afecta su utilización en las labores de soporte. Por otro lado, la motoniveladora y la excavadora tienen alta disponibilidad física y menor incidencia de fallas.

En el gráfico además, se puede interpretar o deducir sobre la vida útil de los equipos, debido a la aparición recurrente de fallas, lo cual es un indicio de su tiempo de obsolescencia. La menor cantidad de reporte de paradas se corresponde a los equipos marca XCMG, cuyas paradas son debidas a filtros o labores de servicio rutinario.

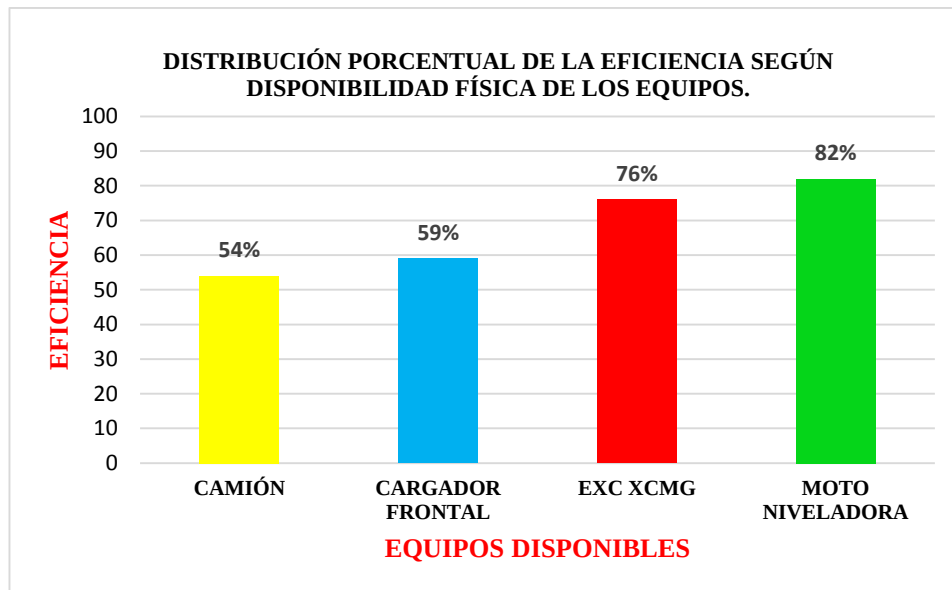


Gráfico. 1. Eficiencia en el uso de la disponibilidad física. **Fuente:** Propia. (2015).

Entre las menores incidencias de fallas presentadas por los equipos se tienen los de las marcas XCMG, debidas a su poco tiempo de uso en comparación con los equipos CAT. Entre las averías más comunes se encuentran: mecánicas, seguidas por hidráulicas las cuales están relacionadas de manera directa con las deficientes operaciones en condiciones de precariedad en la vialidad presentando: desgaste de la transmisión (Grupo de ejes y satélite), desgaste del disco de croché, desgaste de pasadores muñones, desgaste de la barra de dirección, aumento de presión de fluidos lo que genera rotura de mangueras, unido a la falta de mantenimiento preventivo en consumibles y lubricantes, incide en recalentamiento del motor y caja, tal como se aprecia en el (Gráfico. 2).

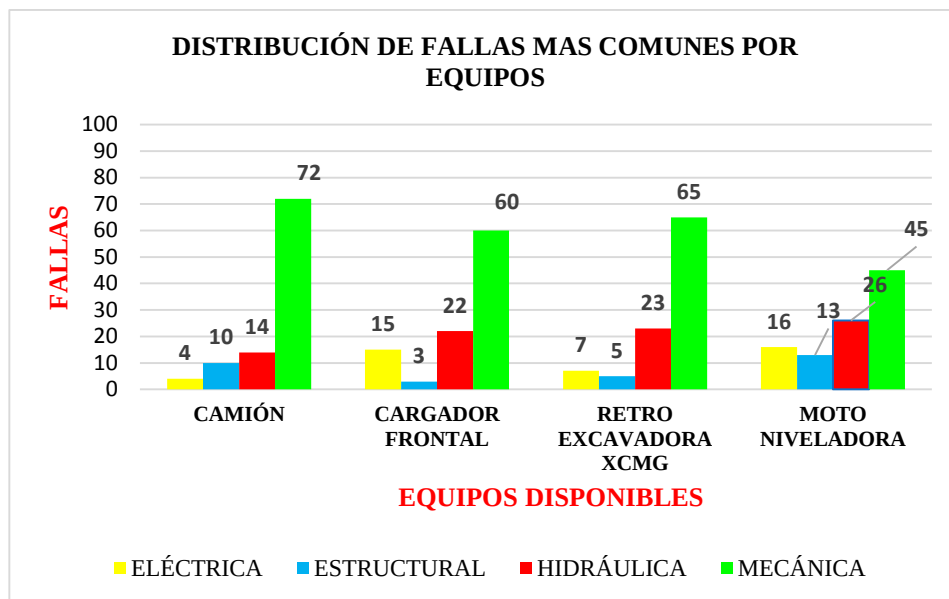


Gráfico. 2. Distribución de fallas más comunes en equipos asociadas a las condiciones precarias de vialidad. **Fuente:** Propia. (2015).

4.12.2 Eficiencia del estudio de los indicadores

En cuanto a los análisis del servicio de adecuación de la vialidad de mina se obtiene que, de un total de 3,8 km, se planifica para el mes de julio recuperar 2,8 km de vialidad, alcanzando solamente 1,4 km, debido a la ausencia de riego en las vías para el asentamiento de la capa de compactación de material, pero durante el mes de agosto se evidencia un gran ascenso en los resultados entre lo planificado 1,4 km y los resultados obtenidos de 1,1 km obteniendo una efectividad de un 90 % para ese periodo, para el mes de septiembre se plantea un total de 0,3 km restantes, debido a la ausencia de disponibilidad de filtros en la motoniveladora lo que obligó a obtener un descenso en los resultados, logrando un total de 0,1 km. En conclusión se presentan deficiencias por la disponibilidad mecánica de equipos, lo cual disminuye la meta fijada de 3,8 km a 3,1 km en el último mes, Sin embargo, durante la última semana se mantuvo la última tendencia del mes anterior con altos índices de rendimiento, por meta planteada, lo cual se tradujo en resultados positivos, tal como se evidencia en el (Gráfico. 3).

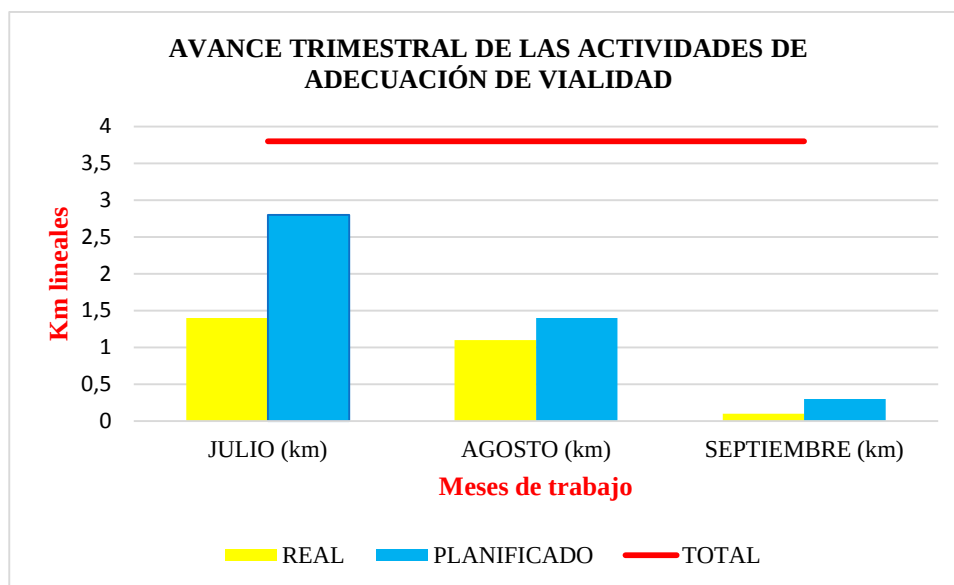


Gráfico. 3. Avance de la planificación trimestral sobre la adecuación de vialidad. **Fuente:** Propia. (2015).

En cuanto al desempeño de las actividades relacionadas con la reparación y elaboración de cunetas se tiene que de un total de 1,8 km lineales de cunetas planificadas durante el trimestre, se propone recuperar para el primer mes 0,6 km y se obtiene 0,2, evidenciando una diferencia de 400 m entre lo planificado y lo real obteniéndose una eficiencia de 33 %, debido al uso de la retroexcavadora para actividades de producción, para el mes de agosto esta diferencia se reduce de manera dramática alcanzando altos niveles de eficiencia, cumpliendo con el total planificado de 400 m, para este periodo obteniendo un 100 % de eficiencia, posteriormente durante el último mes se mantiene la tendencia en alza del mes anterior alcanzando un 100 % de efectividad, logrando rehabilitar y construir 0,8 km de cunetas lo cual hace para esta actividad obtener altos rendimientos, tal como se aprecia en el (Gráfico. 4).

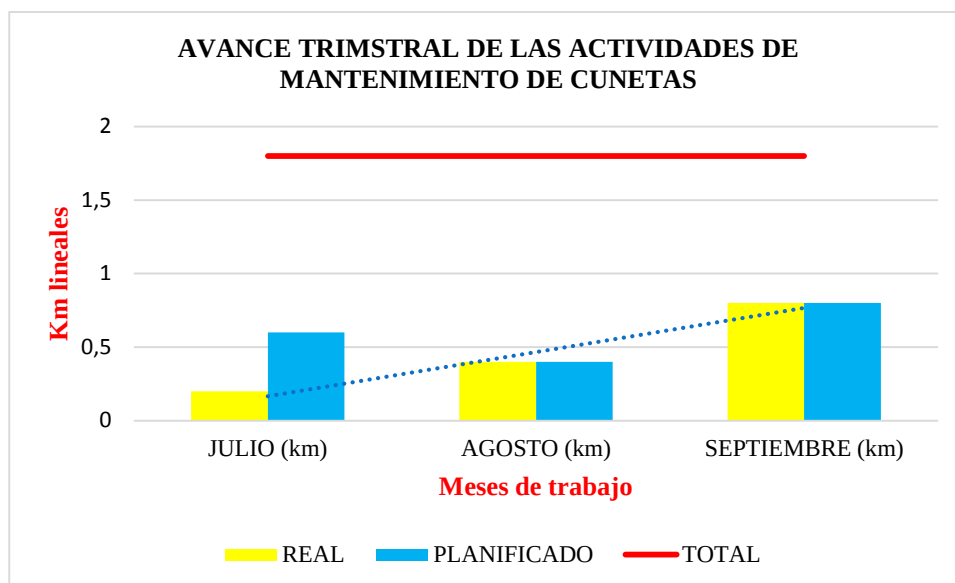


Gráfico. 4. Avance de la planificación trimestral, sobre elaboración de cunetas. **Fuente:** Propia. (2015).

El comportamiento del avance de las actividades de realización de bermas, tiene un comportamiento eficiente para el mes de julio alcanzando realizar el 70 % de la meta inicial planteada, con un total de 0,8 km logrando obtener 0,5 km, seguidamente el comportamiento de los próximos dos meses fue más eficiente con un comportamiento de 100 % y 100 % para el segundo y tercer mes respectivamente, logrando ejecutar un total de 1,3 km de berma de un total de 1,6 km, lo que indica un 89 % de efectividad para la propuesta planteada inicialmente debido a la poca disponibilidad física del cargador frontal para esta actividad, ya que el mismo se debió utilizar para la alimentación de la planta de beneficio III, tal como se aprecia en el (Gráfico. 5).

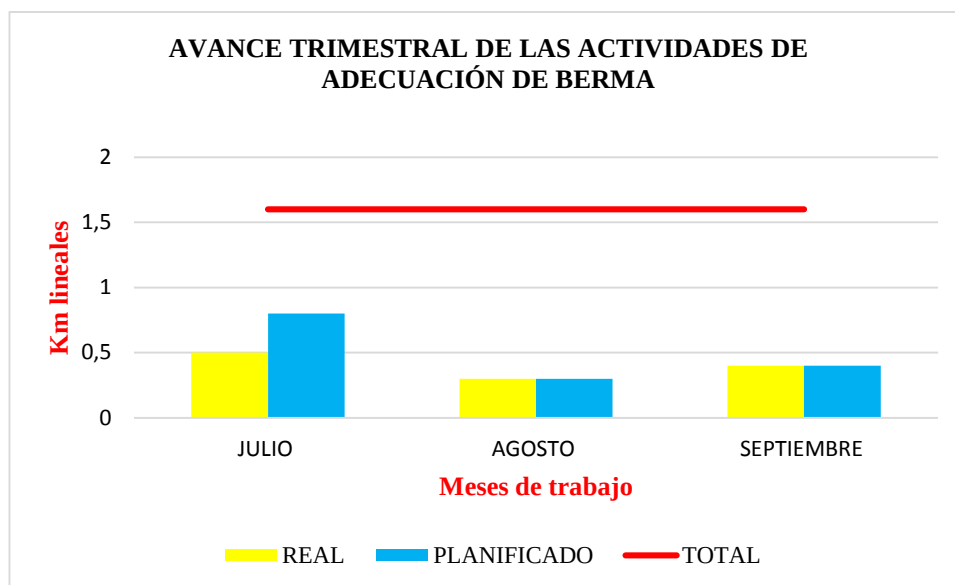


Gráfico. 5. Avance trimestral de conformación de bermas de seguridad. **Fuente:** Propia. (2015).

Por último se estudia la limpieza de los bancos producto del material con sobretamaño acumulado sobre los taludes los cuales totalizan 12.594 m³, más los 35.000 m³ de material acumulado por voladura en el Desarrollo para ser empujado a los niveles inferiores, permitiendo el avance planificado por la gerencia de producción, para el mes de julio se plantean 5.000 m³ y se obtiene 3.542 m³, obteniendo una eficiencia de 71%, para la última semana de julio sufre una avería mecánica el tractor, lo que obliga a plantearse metas más conservadoras para ese mes, iniciando con 1.459 m³ obteniendo un porcentaje de eficiencia de 100 %, y para finalizar se plantean una meta menos ambiciosa de 200 m³, alcanzando igualmente el 100 % de la meta planteada, en su totalidad de una meta inicial de 12.549 m³ se lograron remover de los bancos un total de 5.201 m³ lo que implica un 42 % de la meta inicial, tal como se ve en el (Gráfico. 6), debido a que el restante del material no se pudo remover producto de la baja disponibilidad mecánica del tractor, el cual estuvo parado debido a fractura del eje de sujeción de la hoja de empuje y falta de lubricantes, por otra parte se logró remover del desarrollo 15.000 m³ de un total de 35.000 m³ presentes para alcanzar un 42 % de efectividad, esto debido a las

recurrentes fallas y la baja disponibilidad de un stock de repuestos en el almacén, debido a la crítica situación de los repuestos en general en el país.

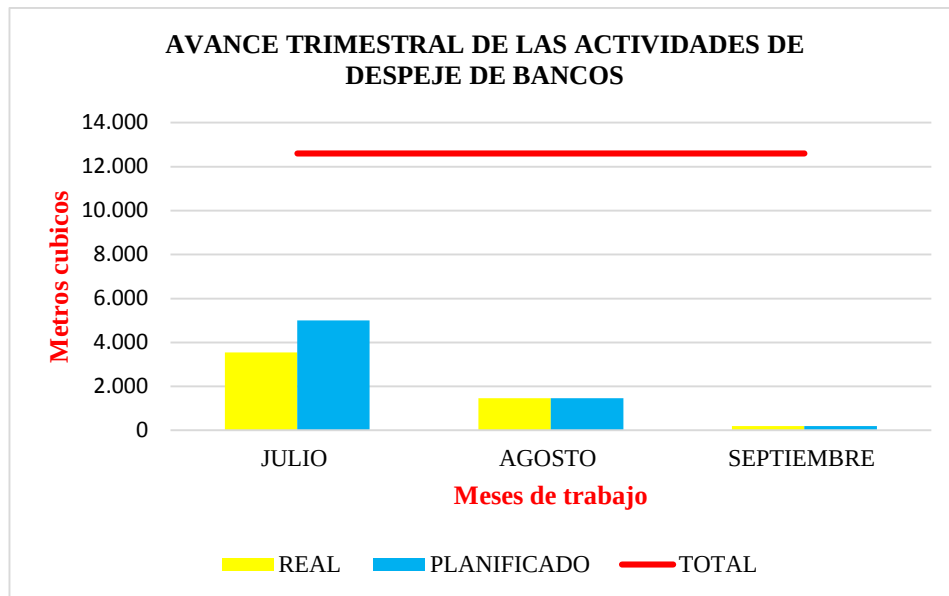


Gráfico. 6. Avance trimestral de despeje de sobretamaños. **Fuente:** Propia. (2015).

4.12.3 Efectividad de la propuesta

En el análisis de los resultados obtenidos durante la aplicación de la propuesta se obtienen altos índices de efectividad, donde los mayores logros por encima de 80 % se obtuvieron en la adecuación de la vialidad y la realización de bermas, seguidamente las actividades de sobretamaños y despeje de bancos de mina, se mantuvieron en promedio con bajos porcentajes de avance y de efectividad, como se ve en el (Gráfico. 7).

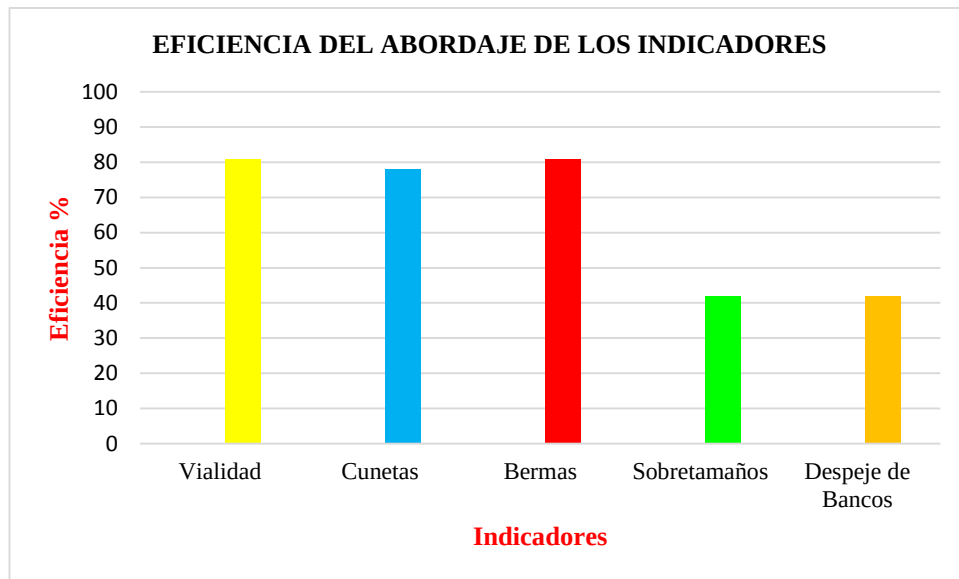


Gráfico. 7. Efectividad alcanzada en el abordaje de los indicadores durante la propuesta. **Fuente:** Propia. (2015).

Seguidamente se observa el comportamiento ascendente de los resultados en la aplicación de la propuesta debido al comportamiento durante el primer mes y el cierre en baja, se obtiene un incremento mayor durante el próximo, se incrementa la eficiencia y se disminuye el número de metas planteadas, debido al deterioro de los equipos asignados para las operaciones, por esta razón el mes de agosto resulta ser el mes más eficiente e la aplicación siguiendo el mes de septiembre, ya que durante el segundo mes la incidencia de fallas fue menor que los otros dos meses, tal como se ve en el (Gráfico. 8).

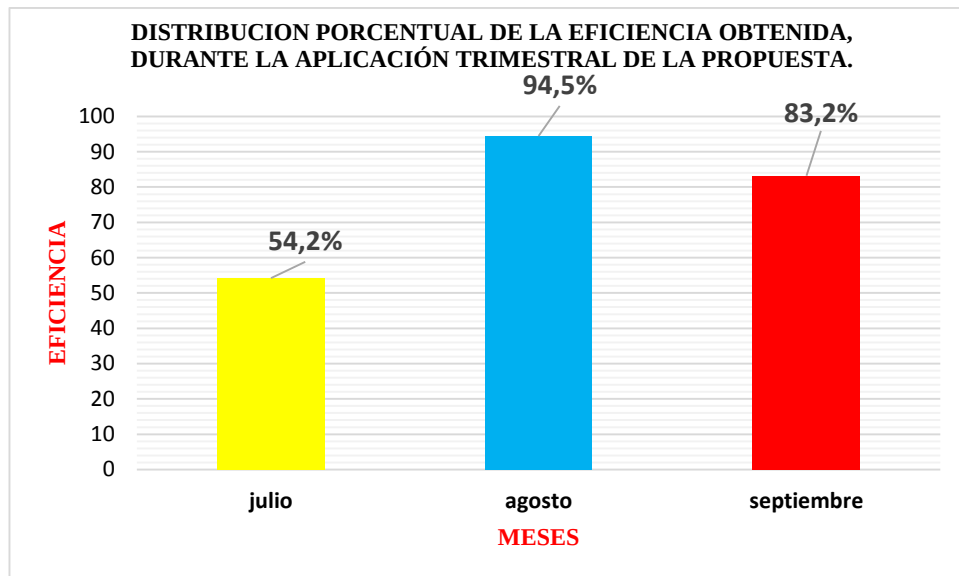


Gráfico. 8. Efectividad mensual alcanzada en el abordaje de los indicadores durante la propuesta.
Fuente: Propia. (2015).

4.12.4 Factibilidad de la aplicación de la propuesta

Por último se hace un comparativo del volumen de material acarreado a las plantas de beneficio, producto del acarreo efectivo de los frentes de mina antes y después de la aplicación de la propuesta, para ello se realiza un análisis con la misma flota de equipos, bajo las mismas condiciones, a fin de obtener una muestra representativa de los resultados, tomando como datos comparativos los volúmenes de material descargado antes y después de su aplicación, comprobando su incidencia en las operaciones básicas. Se observa que para el mes de junio en promedio, los camiones realizaban 10 viajes desde los frentes de mina a planta, analizando el mes de agosto después de la aplicación, se observa un incremento de 4 viajes por equipo en el turno de 8 horas, lo que equivale a 88 m³, debido a que los camiones tienen una capacidad de 22 m³, esto se traduce en 1.760 m³ mensuales de material descargado en planta por cada camión, dando un salto brusco de 220 m³/día a 308 m³/turno lo que es igual a un incremento sustancial de 29 % adicional por camión, como se observa en el (Gráfico. 9).

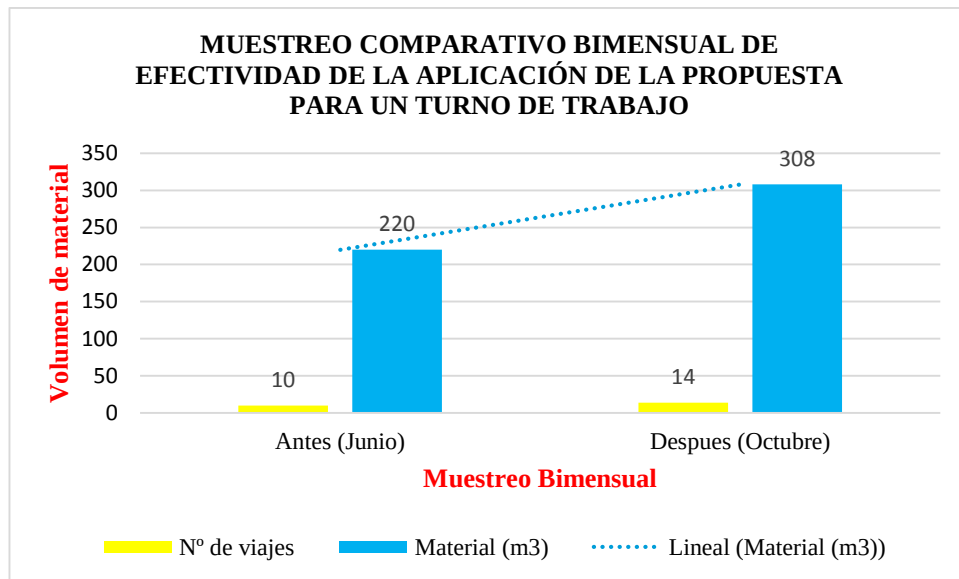


Gráfico. 9. Estudio comparativo de factibilidad de la aplicación de la propuesta, para un turno de trabajo. **Fuente:** Propia. (2015).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La industria minera desarrolla sus actividades en función de las operaciones unitarias, pero el rendimiento general de estas se ve comprometido de manera directa por las operaciones de servicio de mina, después del análisis de la efectividad en la aplicación de la Propuesta Metodológica de Planificación de estas, se puede concluir que:

- El servicio de mina funciona como parte de la planificación operativa, de corto a mediano plazo para garantizar la eficiencia en los resultados, por ello se recomienda diseñar una metodología para las operaciones de soporte de las actividades de mina, no solo a gran escala sino también a pequeña y mediana minería, para así optimizar los recursos, dentro de las Canteras del Distrito Capital.
- La propuesta inicial tuvo una duración de tres meses, para someter y evaluar su aplicabilidad, el primer mes funcionó como prueba piloto, y sirvió para hacer una evaluación de la pertinencia del diseño inicial, ya que se plantearon 18 actividades logrando una eficiencia del 54 % esto obligó hacer modificaciones para incrementar la efectividad del segundo mes, para ello no se incluyeron más actividades hasta terminar el periodo, continuando con las metas planteadas al inicio del primer mes, permitiendo afinar los detalles en función a los equipos y al personal, alcanzando un 94 % de efectividad al finalizar el segundo mes, al entrar al tercer mes incorporar 12 nuevas actividades logrando un 83%, tomando este parámetro con positivo para el desempeño inicial de una propuesta adecuada a la realidad de la empresa, dividiendo la aplicabilidad en etapas de tiempo que permitan la optimización en su aplicación.

- Durante el reconocimiento de los indicadores en la fase (pre-campo) y planificación de las actividades de servicio de mina, se produce una retroalimentación hacia la planificación conceptual, allí se replantean algunas decisiones que generan soluciones oportunas con el fin de optimizar los planes de producción, enmarcados dentro del plan minero, por ello es recomendable la creación de un equipo multidisciplinario que permita abordar los planes de extracción a mediano y corto plazo sincerándolos con la realidad del país y de la empresa.
- La ausencia de operaciones planificadas en soporte de mina, afectan de manera negativa las metas de producción, pero también inciden de manera directa en el área social, ambiental y de seguridad, en primera instancia en el personal minero de la empresa seguido de las poblaciones vecinas, para contribuir a los procesos de planificación a largo plazo, Se recomienda establecer la construcción de un vivero, que permita la conservación de las plantas autóctonas en el área con el fin de revegetar las bermas construidas alargando la vida útil de estas contribuyendo a la conservación del medio ambiente.
- Para llevar a cabo cualquier operación de soporte de mina es fundamental contar con un *stock* de equipos capaces de llevar a cabo las metas planificadas en función a las necesidades, asimismo la ausencia o inadecuada distribución de las funciones del recurso humano, impide la ejecución y seguimiento de las actividades, por esto es recomendable implementar un manual de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo para todos los equipos existentes.
- Una de las principales causas del incumplimiento del cronograma de actividades es la alta recurrencia de fallas de los equipos destinados para las tareas, por ello se considera de vital importancia la implementación de un *software* de seguimiento, registro de servicios y mantenimiento a los equipos para poder realizar un plan de soporte ajustado a la realidad de la cantera.

- Se evidencia la ausencia de un plan de mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos, lo que maximiza la cantidad de paradas no planificadas, dicha situación se incrementa con la ausencia de un personal certificado por las empresas ensambladoras de equipos mineros, dentro de las principales fallas asociadas a los equipos utilizados para las operaciones auxiliares se encuentran las fallas mecánicas, fallas hidráulicas y eléctricas, las cuales se prolongan en el tiempo debido a la ausencia de un stock de repuestos, los equipos con menor porcentaje de fallas son los que tienen menor cantidad de horas de uso, correspondientes a los XCMG, siendo los más afectados los camiones y los cargadores frontales, la motoniveladora y la excavadora tienen alta disponibilidad física y menor incidencia de fallas. El índice de fallas está relacionado de manera directa con las operaciones en condiciones de precariedad en la vialidad presentando: desgaste de la transmisión (Grupo de ejes y satélite), desgaste del disco de croché, desgaste de pasadores muñones, desgaste de la barra de dirección, aumento de presión de fluidos lo que genera rotura de mangueras, unido a la falta de mantenimiento preventivo en consumibles y lubricantes, incide en recalentamiento del motor y caja, para esto es recomendable establecer un programa formativo para personal, certificado por las ensambladoras de los equipos que sea capaz de dar soluciones ante las fallas de los mismos.
- Para diseñar cualquier propuesta de planificación es necesario contar con una delimitación previa del espacio de trabajo el cual debe estar previamente enmarcado en los límites de afectación de los recursos naturales previa permisología emanada por los ministerios del Poder Popular para Ecosocialismo y Aguas y Petróleo y Minería, debido a la inexistencia de esta información se realiza la delimitación topográfica logrando determinar los linderos de la Cantera con el Cementerio del Junquito, mediante el levantamiento de 41 puntos pertenecientes a la poligonal cerrada así como, la sectorización del espacio de trabajo Mina las Brisas, en seis bloques contiguos, caracterizados según su litología, resultando en un área de 142.000 m², tal como se ve en el (anexo 4).

- Se realizó el levantamiento de la vialidad de la mina con mediciones de 3.8 km divididos en tres tramos, de los cuales el 100% necesitaba reparación o mantenimiento, obteniendo al final de la jornada un total recuperado de 2.5 km el equivalente al 79 % de la meta inicial, se presentan deficiencias por la disponibilidad mecánica de equipos, lo cual disminuye la meta fijada de 3,8 km a 3,1 km en el último mes, Sin embargo, durante la última semana se mantuvo la última tendencia del mes anterior con altos índices de rendimiento, por meta planteada, lo cual se tradujo en resultados positivos, por lo que es recomendable realizar planes de mantenimiento de las cunetas del Tramo 03 para conservar el estado de estas.
- El estudio de las mediciones de las pendientes recomendadas es de 8 % sin embargo el promedio de los levantamientos indica no cumplir con este parámetro, lo que recomienda hacer una revisión del diseño de las vías a posteriori para incidir de manera positiva el desempeño de los equipos.
- En cuanto al mantenimiento y construcción de las bermas, se necesitaba recuperar el 48 % de estas el equivalente a 1.6 km, logrando un total de 1.2 km, equivalente al 75 %, se recomienda la culminación de los 0.4 km restantes en las vías al desarrollo.
- De los 2.5 km de cunetas levantadas, se calculan por realizar o por mantenimiento 1.8 km, obteniendo un resultado de 1,4 km correspondiente a un 78 % de efectividad para esta actividad, se recomienda realizar la habilitación de la retroexcavadora para culminar con el 20 % restante a fin de conservar el estado de las vías.

- En cuanto a la limpieza de los bancos producto del material con sobretamaño acumulado sobre los taludes los cuales totalizan 12.594 m³, más los 35.000 m³ de material acumulado por voladura en el Desarrollo para ser empujado a los niveles inferiores, se obtiene que para el mes de julio se plantean 5.000 m³ y se obtiene 3.542 m³, obteniendo una eficiencia de 71 %, para el segundo mes se plantean metas más conservadoras, iniciando con 1.459 m³ obteniendo un porcentaje de eficiencia de 100 %, y para finalizar se alcanza igualmente el 100% de la meta planteada, removiendo 200 m³, en su totalidad de una meta inicial de 12.549 m³ se lograron remover de los bancos un total de 5.201 m³ lo que implica un 42 % de la meta inicial, el restante del material no se pudo remover producto de la baja disponibilidad mecánica del tractor, por otra parte se logró remover del desarrollo 15.000 m³ de un total de 35.000 m³ presentes para alcanzar un 42 % de efectividad, por ello se recomienda la adquisición de un martillo hidráulico para el beneficio del material anfibolítico apilado sobre el Nivel 01, ya que posee excelentes condiciones mecánicas para la elaboración de agregados.
- En el análisis de los resultados obtenidos durante la aplicación de la propuesta se obtienen altos índices de efectividad, donde los mayores logros por encima de 80 % se obtuvieron en la adecuación de la vialidad y la realización de bermas, seguidamente las actividades de sobretamaños y despeje de bancos de mina, se mantuvieron en promedio con bajos porcentajes de avance y de efectividad.
- Se recomienda la adquisición de un camión cisterna, con la finalidad de evitar el particulado en suspensión, promover la seguridad de los trabajadores en operaciones dentro de la cantera y sus adyacencias, así como del uso de esta para la conformación de las vialidades contriubuyendo a la optimización de las operaciones de los equipos de mina.
- Al finalizar el trimestre se realiza un comparativo del volumen de material acarreado a las plantas de beneficio, producto del acarreo efectivo de los frentes

de mina antes y después de la aplicación de la propuesta, con la misma flota de equipos, bajo las mismas condiciones, tomando como datos comparativos los volúmenes de material descargado antes y después de su aplicación, comprobando su incidencia en las operaciones básicas, evidenciando una diferencia de cuatro viajes por camión roquero o 88 m³ lo que al mes produce un incremento de 29 % de producción en la planta.

BIBLIOGRAFIA

Herrera, Juan y Otros. (2007). “***Elementos de minería a cielo abierto***”. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, España.

Portal Minero (2006), “***Manual General de Minería y Metalurgia***”. Minas, concentradoras, refinerías y fundiciones. Chile.

Ministerio de Petróleo y Minería. (PDVSA). INTEVEP. “**Código Geológico de Venezuela**”. (Documento en línea). Disponible: <http://www.pdvsa.com/lexico>. Revisado Febrero 2016.

Instituto Tecnológico Geominero de España (1992). “***Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto***”. España.

Ortíz, Plá y Otros (2001). “***Curso de evaluación y planificación minera***”. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, España.

Caterpillar (2005). “Manual de Rendimiento Caterpillar 42”. Disponible en <http://doc-00ñ14-docsviewer.googleusercontent.com>. Revisado Marzo 2016.

Bustillo, M y Otros. (1997). “***Manual de Evaluación y Diseño de Explotaciones Mineras***”. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Minas, España.

Canteras del Distrito Capital. (2015-2016). “**Plan de Aprovechamiento de Minerales**”. Antímano, Caracas.

González, A. (1992). “**Planificación y desarrollo minero del sector Oeste, de la cantera la Vega del distrito Federal**”. Departamento de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Tesis de Grado. Caracas.

Rodríguez, E. (2010). “**Metodología de Planificación Minera a Corto Plazo y Diseño Minero a Mediano Plazo en la Cantera Pifo**”. Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra. Tesis de Grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Quito Ecuador.

Vargas, M. (2011). “**Modelo de planificación minera de corto y mediano plazo incorporando restricciones operacionales y de mezcla**”. Departamento de Ingeniería de Minas. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile. Tesis de Grado. Chile.

Boada, A. (2008). “**Diseño de la vía de producción a los frentes de explotación del sector Mina 1, así como la rampa de conexión entre los sectores Mina 1 y Mina 2 de la empresa Cantera Nacional, C.A.**” Departamento de Minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Tesis de Grado. Venezuela.

Delgado, R. (2008). “**Diseño de un sistema de drenaje de aguas de escorrentía superficial y un sistema de bombeo de aguas de la laguna del sector Mina 1 para ser inyectada a la planta de arena lavada en la empresa Cantera Nacional, C.A., ubicada en la Hacienda Mamera del Distrito Capital**”. Departamento de minas. Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Pasantías. Venezuela.