

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC

FACULTAD INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



“METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE EQUIPO DE CARGUÍO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL TAJO CLARITA, EN LA COMPAÑÍA MINERA AURÍFERA SANTA ROSA S.A. ANGASMARCA, SANTIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD 2013”

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIEROS DE MINAS**

AUTOR:

BACHILLER CHOQUECAHUANA ZAMALLOA, RONAL

BACHILLER PAREJA RAMON, IVAN

ABANCAY - APURÍMAC

2016



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



**“METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE EQUIPO DE CARGUÍO PARA
OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL TAJO CLARITA, EN LA COMPAÑÍA
MINERA AURÍFERA SANTA ROSA S.A. ANGASMARCA, SANTIAGO DE
CHUCO, LA LIBERTAD 2013”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIEROS DE MINAS**

AUTOR:

BACHILLER CHOQUECAHUANA ZAMALLOA, RONAL

BACHILLER PAREJA RAMON, IVAN


ASESOR: Ing. FELICIANO, ESCOBEDO SILVA

ABANCAY - APURÍMAC

2016


**“METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE EQUIPO DE CARGUÍO PARA
OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL TAJO CLARITA, EN LA COMPAÑÍA
MINERA AURÍFERA SANTA ROSA S.A. ANGASMARCA, SANTIAGO DE
CHUCO, LA LIBERTAD 2013”**

JURADO CALIFICADOR INTEGRADO POR:

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

.....
ING. DARWIN D. LOAYZA ENCALADA
DOCENTE

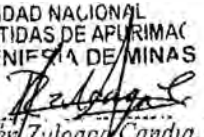
PRESIDENTE DE JURADO/A:

Ing. Darwin Duhamel Loayza Encalada

UNIVERSIDAD NACIONAL
MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC

.....
Darío Dante Sánchez Castillo
DOCENTE As. EAFIM

PRIMER MIEMBRO:

ING. Darío Dante Sánchez Castillo

UNIVERSIDAD NACIONAL
MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC
E. A. P. INGENIERÍA DE MINAS

.....
Ing. P. Rubén Zuloaga Cándia
INGENIERO

SEGUNDO MIEMBRO:

ING. Pablo Rubén Zuloaga Cándia

ACTO DE SUSTENTACION Y DEFENSA DE LA TESIS: METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE EQUIPO DE CARGUÍO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL TAJO CLARITA, EN LA COMPAÑÍA MINERA AURÍFERA SANTA ROSA S.A. ANGAS MARCA, SAN TIAGO DE CHUCO, LA LIBERTAD 2013.

POR LOS TITULANDOS.

IVAN PAREJA RAMON; y
RONAL CHOQUECAHUANA ZAMALLOA.

En el auditorio del Centro Académico Empresarial de la Facultad de Administración de Empresas, ubicada en la ciudad Universitaria, distrito de Tambuco, provincia de Abancay, el día diecisiete de diciembre del año Dos mil quince a horas nove con veinte minutos y en cumplimiento a la Resolución ° 81-2015-DFE-CT-UNAMBA de fecha cuatro de diciembre del año en curso, donde se aprobó el proyecto de tesis y el dictamen de aprobación final del trabajo de fecha catorce de diciembre del presente año; firmado por los integrantes del jurado evaluador.

En concordancia al Reglamento de Grados y Títulos para obtener el título profesional de Ingeniero de Minas vigente y en presencia física del jurado evaluador receptorante del presente trabajo, integrado por los siguientes docentes:

1. Ing. Serwin Duhamel Loayza Encalada (Presidente y Replicante)
2. Ing. Dario Dante Sánchez Castillo (1º Dictaminante)
3. Ing. Pablo Rubén Zuloaga Córdova (2º Dictaminante)
4. Ing. Feliciano Esobedo Silva (Asesor de la tesis)
5. Ing. Oscar Eugenio Álvarez Gamarra (Secretario Docente)

Invitación del presidente del jurado evaluador se dio inicio al acto académico programado, previamente el secretario docente dió la lectura de los artículos 54º y 55º del Reglamento de Grados y Títulos.

Acto seguido, el presidente invitó a los sustentantes, ambos bachilleres en Ingeniería de Minas: DON IVAN PAREJA RAMON y DON RONAL CHOQUECAHUANA ZAMALLOA, a la exposición del Trabajo de Tesis: METODOLOGÍA DE SELECCIÓN DE EQUIPO DE CARGUÍO PARA OPTIMIZAR LA PRODUCCIÓN EN EL TAJO




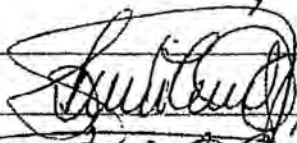
Concluido el acto académico de la exposición a invitación del presidente del jurado, se procedió a la etapa de réplicas o preguntas por parte de los integrantes del jurado, en el orden ya pre-establecidos, las mismas que fueron absueltos de manera suficiente por los sustentantes.

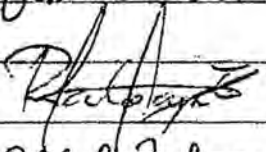
Después en cumplimiento al Reglamento General de Grados y Títulos, se procedió a la etapa de la Evaluación por parte del jurado evaluador, la que resulta APROBADOS POR UNANIMIDAD con el calificativo de BUENO con la nota de quince (15)

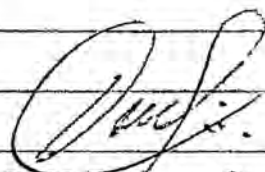
Finalmente los integrantes del jurado evaluador de la sustentación y defensa de la tesis hará llegar las observaciones que vicen por conveniente para su levantamiento y posterior empostado del trabajo de investigación presentado.

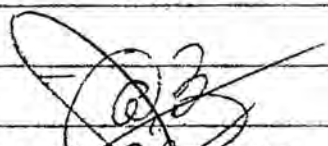
Dándose por concluido el acto académico programado a horas once con treinta y cinco minutos del mismo día, en fe del cual firmamos

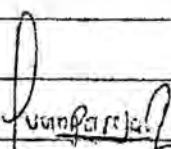

Ing. Darwin J. Loayza
Encalada (Presidente)

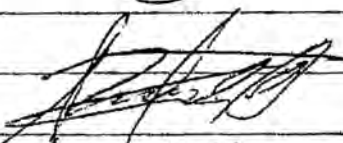

Ing. Mario D. Sánchez
Castillo (1º jurado)


Ing. Pablo R. Zuloaga
Candia (2º jurado)


Ing. Feliciano Ecobedo
Silva (Asesor)


Ing. Oscar R. Alvarez
Gamarra (Sec. Docente)

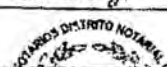

Bach. Ivan Pareja
Ramón (Sustentante)

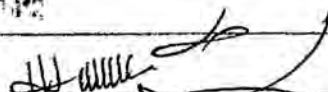

Bach. Ronal Choquecahuana
Zamalloa (Sustentante)

CERTIFICO:

Que esta copia es reproducción exacta del original.

Abancay, 1987







DEDICATORIA

Este trabajo de tesis está dedicado a DIOS, por darnos la vida a través de nuestros queridos padres quienes con mucho cariño, amor y ejemplo han hecho de nosotros personas con valores para poder desenvolvernos como: Profesionales.

A nuestros docentes de la universidad, por la abnegación de compartir sus conocimientos y consejos para forjar NUESTRO éxito culminado.



AGRADECIMIENTO

Nos complace de sobre manera que a través de este trabajo exteriorizamos nuestro sincero agradecimiento a la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, en la Facultad de Ingeniería y en ella a los distinguidos docentes quienes con su profesionalismo y ética puesto de manifiesto en las aulas enrumban a cada uno de los que acudimos con sus conocimientos que nos servirán para ser útiles a la sociedad.

A todas las personas que nos apoyaron con su tiempo a la hora de recabar la información para que este anhelo llegue a ser felizmente culminada.



ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN.....	i
ABSTRACT.....	ii

CAPÍTULO I **INTRODUCCIÓN**

	Pagina
1.1. Aspectos generales.....	3
1.1.1. Ubicación.....	3
1.1.2. Accesibilidad.....	5
1.1.3. Historia.....	6
1.1.4. Antecedentes.....	6
1.1.5. Estrategia Actual.....	7
1.1.6. Presencia Mundial.....	9
1.1.7. Recursos.....	10
1.1.8. Organización.....	12
1.1.9. Misión y Visión.....	14
1.1.10. Proyecciones Futuras.....	14
1.1.11. Proyecto Expansión.....	15
1.2. Geología.....	16
1.2.1. Geología Regional.....	16
1.2.2. Geología Local.....	17
1.2.3. Estratigrafía.....	33
1.2.4. Geología Estructural.....	38
1.2.5. Magmatismo.....	41
1.3. Antecedentes del estudio.....	42
1.4. Definición y formulación del problema.....	43
1.4.1. Definición del problema.....	43
1.4.2. Formulación el problema.....	44
1.5. Objetivos.....	45
1.5.1. Objetivo general.....	45
1.5.2. Objetivo específicos.....	45
1.6. Formulación de hipótesis.....	45



1.6.1.	Hipótesis general.....	45
1.6.2.	Hipótesis específicas.....	46
1.7.	VARIABLES Y DEFINICIÓN OPERACIONAL DE VARIABLES.....	46
1.8.	Metodología de la investigación.....	48
1.8.1.	Tipo y nivel de investigación.....	48
1.8.2.	Método y diseño de investigación.....	48
1.8.3.	Población.....	49
1.8.4.	Muestra.....	49
1.8.5.	Descripción del trabajo.....	49
1.8.6.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	50
1.8.7.	Procesamiento y análisis de datos.....	50

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1.	Descripción de los procesos de explotación.....	51
2.1.1.	Nivel de Explotación de estéril.....	51
2.1.2.	Nivel de explotación de mineral.....	51
2.1.3.	Botaderos.....	53
2.1.4.	Pad de lixiviación.....	53
2.1.5.	Planta.....	54
2.2.	Características técnicas de los equipos de carguío.....	55
2.2.1.	Especificación técnica de la Excavadora EC 700 Volvo.....	55
2.2.2.	Especificación técnica de la Excavadora PC-600 Komatsu.....	60
2.2.3.	Especificaciones técnicas de la Excavadora CAT 365 CL.....	64
2.3.	Costos de operación.....	68
2.3.1.	Costo unitario horario de excavadora.....	68
2.3.2.	Valor de adquisición (Va).....	68
2.3.3.	Vida económica útil de una maquina (N).....	69
2.3.4.	Valor de Rescate o salvataje (Vr).....	69
2.3.5.	Costo de propiedad o posesión.....	70
2.3.6.	Valor depreciable.....	72
2.3.7.	Inversión media anual (IMA).....	73
2.3.8.	Costo de operación.....	74

CAPÍTULO III

DISEÑO DE MINADO A TAJO ABIERTO

3.1.	Descripción del diseño de minado.....	82
3.1.1.	La explotación a tajo abierto.....	82
3.1.2.	Parámetros generales de diseño de tajo.....	84
3.2.	Operaciones del ciclo de minado.....	87
3.2.1.	Perforación.....	87
3.2.2.	Voladura.....	92
3.2.3.	Carguío de material.....	94
3.2.4.	Acarreo de material:.....	96
3.2.5.	Empuje de material:.....	97
3.2.6.	Servicios auxiliares:.....	100
3.3.	Esquema básico de extracción y producción.....	105
3.3.1.	Descripción del método de control de producción.....	106
3.4.	Geo mecánica del macizo rocoso.....	108

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DEL PLAN DE EXTRACCIÓN, CONDICIONES DE TRABAJO, CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO

4.1.	Análisis de los requerimientos de producción.....	110
4.1.1.	Plan de extracción operación mina 2013.....	112
4.1.2.	Plan de extracción diario operación mina 2013.....	114
4.1.3.	Plan de extracción diario en el tajo Cochavara 2013.....	115
4.1.4.	Plan de extracción diario en el tajo Sacalla 2013.....	116
4.1.5.	Plan de extracción diario en el tajo Seductora 2013.....	117
4.1.6.	Plan de extracción diario en el tajo Clarita 2013.....	117
4.2.	Análisis de las condiciones de trabajo.....	118
4.3.	Análisis de características del depósito mineral.....	121
4.3.1.	Calculo de la resistencia a la compresión uniaxial a nivel de macizo del tajo clarita a partir del martillo de schmidt.....	121
4.3.2.	Parámetros de caracterización del Blast Index.....	132



CAPÍTULO V

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CUCHARA, MOVIMIENTO DE MATERIAL, COSTO HORARIO, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS, RENDIMIENTO DE EQUIPO DE CARGA Y PARAMETROS DE DISEÑO DE MINADO

5.1.	Cálculo de la capacidad de cuchara.....	140
5.1.1.	Factor de llenado para excavadoras.....	140
5.1.2.	Cálculo del rendimiento de una excavadora.....	141
5.1.3.	Carga útil del cucharón.....	142
5.1.4.	Tiempo de ciclo vs. las condiciones de la obra.....	146
5.2.	Producción de movimiento de tierra.....	149
5.2.1.	Metodología de cálculo VOLVO EC 700 BL.....	149
5.2.2.	Metodología de cálculo CATERPILLAR 365-CL.....	150
5.2.3.	Metodología de cálculo KOMATSU PC 600.....	151
5.3.	Cálculo del costo horario de equipos.....	154
5.4.	Análisis de características técnicas de los equipos.....	156
5.5.	Monitoreo de rendimiento de equipo de carga.....	157
5.6.	Parámetros geotécnicos de diseño.....	159
5.6.1.	Ángulos de talud en la explotación a cielo abierto.....	159
5.6.2.	Pistas, bermas, zanjas y cunetas.....	160
5.6.3.	Ancho mínimo de operación (perforación, carguío y transporte).....	162
5.6.4.	Ancho máximo de expansión.....	164
5.6.4.1.	Desfase entre palas o largo mínimo de expansión.....	164
5.6.5.	Talud de Banco.....	164
5.6.6.	Talud de Operación.....	164
5.6.7.	Taludes Relativos de Bancos Operativos con Anchos Variables.....	164
5.6.8.	Parámetros operativos de diseño.....	165
5.7.	Determinación de la metodología de selección de equipo de carga.....	169
5.8.	Aplicación de la metodología de selección.....	171
5.9.	Evaluación de resultados.....	172
	CONCLUSIONES.....	177
	RECOMENDACIONES.....	179
	BIBLIOGRAFÍA.....	180
	ANEXOS.....	182



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.....	3
Cuadro 2.....	5
Cuadro 3.....	47
Cuadro 4.....	51
Cuadro 5.....	58
Cuadro 6.....	62
Cuadro 7.....	66
Cuadro 8.....	74
Cuadro 9.....	80
Cuadro 10.....	87
Cuadro 11.....	89
Cuadro 12.....	90
Cuadro 13.....	93
Cuadro 14.....	94
Cuadro 15.....	103
Cuadro 16.....	104
Cuadro 17.....	110
Cuadro 18.....	111
Cuadro 19.....	113
Cuadro 20.....	128
Cuadro 21.....	130
Cuadro 22.....	132
Cuadro 23.....	136
Cuadro 24.....	140
Cuadro 25.....	142
Cuadro 26.....	143
Cuadro 27.....	144
Cuadro 28.....	148
Cuadro 29.....	149
Cuadro 30.....	150
Cuadro 31.....	151
Cuadro 32.....	153
Cuadro 33.....	154
Cuadro 34.....	155
Cuadro 35.....	156
Cuadro 36.....	165
Cuadro 37.....	165
Cuadro 38.....	170
Cuadro 39.....	171
Cuadro 40.....	176



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación Geográfica del Distrito de Angasmarca	4
Figura 2: Organigrama- Comarsa	13
Figura 3: Columna Estratigráfica de la Mineralización	37
Figura 4: Diagrama de Orientación de Estructuras - COMARSA	40
Figura 5: Botadero 09 del Tajo Sacalla	53
Figura 6: Pad 20 del Tajo Clarita y Sacalla	54
Figura 7: Dimensiones de la excavadora VOLVO	57
Figura 8: Rango de excavación de la excavadora Volvo EC700BL	59
Figura 9: Dimensiones de la excavadora KOMATSU	61
Figura 10: Rango de excavación de la excavadora Komatsu	63
Figura 11: Dimensiones de la excavadora Caterpillar	65
Figura 12: Rango de excavación de la excavadora Caterpillar	67
Figura 13: Talud final de operación Tajo Clarita.....	85
Figura 14: Parámetros Geotécnicos de Diseño de bancos en- COMARSA	86
Figura 15: Malla de Perforación Echelón.....	88
Figura 16: Perforadora CDM45.....	90
Figura 17: Plataforma perforada lista para el carguío con explosivos	91
Figura 18: Emulsión Matriz	92
Figura 19: Categorización del material de acuerdo a su Ley	95
Figura 20: Equipo de carguío CAT 365	96
Figura 21: Equipo de acarreo	97
Figura 22: Equipo de acarreo en la descarga.....	98
Figura 23: Empuje de mineral en el Pad 14-Tractor 750C	99
Figura 24: Construcción de rampa-tractor D8R.....	100
Figura 25: Mantenimiento de vía-motoniveladora GD-675.....	101
Figura 26: Distancia de seguridad de equipos auxiliares.....	102
Figura 27: Perfilado de material en el botadero 05-Tractor D8R.....	105
Figura 28: Ciclo de carguío y acarreo	106
Figura 29: Reservas minables de los tajos.....	111
Figura 30: Requerimiento mensual de mineral y tonelaje total movido de material.....	114
Figura 31: Producción diaria en la mina COMARSA de mineral, desmonte.....	115
Figura 32: Producción diaria de mineral y desmonte en el tajo Cochavara.	115
Figura 33: Producción diaria de mineral y desmonte en el tajo Sacalla.....	116
Figura 34: Producción diaria de mineral y desmonte en el tajo Seductora.	117
Figura 35: Producción diaria de mineral y desmonte en el tajo Clarita.	118
Figura 36: Rendimiento y número de viajes horario en función de las condiciones del terreno.	120
Figura 37: Cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial del macizo rocoso.....	122
Figura 38: Gráfico de distribución de dispersión natural del Martillo de Schmidt.	123
Figura 39: Cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial del macizo rocoso.....	124
Figura 40: Gráfico de distribución de dispersión natural del Martillo de Schmidt.	125
Figura 41: Arenisca metamorfizada	126

Figura 42: Geología estructural 01, bloques preformados de cuarcita.....	133
Figura 43: Geología estructural 02, bloques preformados de cuarcita.....	134
Figura 44: Bloques in situ de aproximadamente entre 1 a 2m.....	134
Figura 45: Energía mínima para fragmentar la roca.....	135
Figura 46: Medición de la orientación de las estructuras.....	137
Figura 47: Orientación de plano principal de fracturamiento.....	138
Figura 48: Prueba de grado de excavabilidad.....	138
Figura 49: Diagrama de roseta nivel 390 Tajo Clarita.....	139
Figura 50: Posición óptima del brazo y mecanismo de funcionamiento de la cuchara.....	141
Figura 51: Altura óptima de la plataforma de carguío.....	142
Figura 52: Ángulos de reposo de material.....	144
Figura 53: Rendimiento Horario de la excavadora CAT 365CI mayo 2013.....	157
Figura 54: Rendimiento Horario de la excavadora VOLVO EC700 BL mayo 2013.....	158
Figura 55: Rendimiento Horario de la excavadora KOMATSU PC600 EC.....	159
Figura 56: Diseño de vía de tránsito mina COMARSA 2013.....	161
Figura 57: Diseño de zona de carguío mina COMARSA 2013.....	163
Figura 58: Diseño de rampas mina COMARSA.....	167
Figura 59: Diseño de radio de curvatura mina COMARSA.....	168
Figura 60: Método de selección de equipo de carguío mina COMARSA.....	169
Figura 61: Rendimiento horario excavadora VOLVO EC700 BL- COMARSA.....	173
Figura 62: Rendimiento horario excavadora CATERPILLAR 365 CL mina COMARSA.....	175

ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de proceso	182
Anexo 2: Diagrama de operaciones.....	183
Anexo 3: Sistema de carguío y acarreo	184
Anexo 4: Tajo Clarita, Fases de Minado y planos del plan de minado 2013	185
Anexo 5: Pit en explotación 2013 – Tajo Clarita.....	186
Anexo 6: Pit final 2013 – Tajo	186
Anexo 7: Tajo Cochavara, Fases de Minado	187
Anexo 8: Pit en explotación 2013 – Tajo Cochavara.....	188
Anexo 9: Pit final 2013 – Tajo Cochavara	188
Anexo 10: Tajo Sacalla, Fases de Minado.....	189
Anexo 11: Pit en explotación 2013 – Tajo Sacalla.....	190
Anexo 12: Pit final 2013 – Tajo Sacalla.....	190
Anexo 13: Zona de carguío doble carril-Tajo Clarita	191
Anexo 14: Unidad de acarreo posicionándose carril izquierdo para el carguío	191
Anexo 15: Carguío un solo carril-frente de avance-Tajo Clarita	192
Anexo 16: Carguío en dos frentes de minado-Tajo Clarita.....	192
Anexo 17: Acarreo de material-volquete de 15 m ³	193
Anexo 18: Tajo Clarita	193



RESUMEN

La investigación tuvo como propósito determinar la Metodología de selección de equipo de carguío para optimizar la producción en el Tajo Clarita, en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. Angasmарca, Santiago de Chuco, la Libertad 2013.

La investigación es de tipo descriptivo explicativo y del nivel aplicativo, con un método y diseño experimental: se obtuvo realizando la evaluación de cada factor involucrado (diseño de tajo, características técnicas de equipos y costos), para seleccionar la excavadora más eficiente para el frente de minado. El trabajo se realizó en la Unidad Minera COMARSA, que tiene una población de 23 excavadoras, 26 cargadores frontales, las que laboran en tres guardias, se utilizó la técnica de muestreo No Probabilístico, por tanto se eligió una muestra intencional para el criterio de evaluación de características de diseño para que esta sea representativa. Se llega a la conclusión que con la implementación de una metodología de selección de equipos de carguío, se logró optimizar la producción del TAJO CLARITA, cumpliendo la mejora continua planteada por la empresa minera Santa Rosa – COMARSA.



ABSTRACT

The research was to determine the Methodology Selection Loading Equipment to Optimize Production in the Tajo Clarita, Gold Mining Company in Santa Rósa S.A. Angasmarca, Santiago de Chuco, la Libertad 2013.

The research is descriptive and explanatory application level, to a method and experimental design: was obtained by performing the evaluation of each factor involved (pit design, technical features and equipment costs), to select the most efficient for the front excavator mining. The work was done in COMARSA Mining Unit, which has a population of 23 excavators, 26 wheel loaders, the three guards working in the non-probability sampling technique was used, so a purposive sample for evaluation criterion was chosen design features for which this is representative. It concludes that with the implementation of a methodology for selection of equipment loading, is able to optimize the production of PIT CLARITA, fulfilling the continuous improvement raised by the mining company Santa Rosa - COMARSA.

::



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La Compañía Minera Aurífera Santa Rosa (COMARSA) desarrolla operaciones mineras que consisten en la explotación de un yacimiento de mineral aurífero, ubicado en el distrito de Angamarca, provincia Santiago de Chuco, departamento y región de La Libertad a una altitud de 3 600 msnm. La Compañía Minera Aurífera Santa Rosa-COMARSA cuenta con cinco tajos: Tajo Clarita, Tajo Sacalla, Tajo Tentadora, Tajo Cochavara y Tajo seductora.

Actualmente se encuentran en explotación el Tajo clarita, Tentadora y Sacalla, también empezaron con el desbroce del tajo Seductora.

Con la ejecución del presente Proyecto de investigación proporcionará al área de operaciones mineras una herramienta que simplifique la toma de decisiones respecto a la selección de equipo de carguío para los frentes de minado del Tajo Clarita y para toda la unidad minera.

Las operaciones se realizan por el método de explotación a tajo abierto. El carguío de mineral y desmonte se realiza con cargadores frontales y excavadoras hidráulicas, mientras el acarreo con volquetes Volvo; FM-440 y FMX-440 ambos de 15 m³, pertenecientes a Contratas como: POMISPA, SAN SIMON, TRANSFLOSA, JAM. EQUIPOS, OPERACIONES COMERCIALES, MONTE CARMELO, ANKA EQUIPOS, CORFRANSA.

Se desarrollan campañas intensas de seguridad (OHSAS 18001) con la que se viene reduciendo los accidentes de trabajo, tenemos implementado un reporte de incidentes a nivel supervisión que permite tomar medidas inmediatas de corrección.



Se tiene una cuadrilla entrenada en prácticas de rescate minero con personal escogido para ese propósito, de acuerdo a la ley vigente se tiene un comité de seguridad que controla la administración de seguridad.

La empresa ha asumido el compromiso de proteger el medio ambiente (ISO 14001), en sus áreas de influencia mediante programas de educación del personal y procedimientos, orientados al monitoreo del agua, aire, conservación de suelo y reforestación.

Capítulo I: Trata sobre los aspectos generales, Ubicación, geología, Objetivos, formulación de hipótesis y metodología de investigación del trabajo realizado, de la compañía minera Santa Rosa – COMARSA.

Capítulo II: Trata sobre el marco teórico, Descripción de los procesos de explotación, características técnicas de los equipos de carguío, y costos de operación, de la compañía minera Santa Rosa – COMARSA.

Capítulo III: Trata sobre los diseños de minado, operaciones del ciclo de minado, esquema básico de extracción y producción de la compañía minera Santa Rosa – COMARSA.

Capítulo IV: Trata sobre los análisis del plan de extracción, condiciones de trabajo, y características del macizo rocoso, de la compañía minera Santa Rosa – COMARSA.

Capítulo V: Trata sobre los cálculos de capacidad de cuchara, movimiento de material, costo horario, características técnicas de los equipos, rendimiento de equipo de carga, y parámetros de diseño de minado, de la compañía minera Santa Rosa – COMARSA.

1.1. Aspectos generales

1.1.1. Ubicación

El Asiento Minero Santa Rosa, se encuentra ubicado en el paraje del Cerro Pampa Larco, a una altura promedio de 3,500 m.s.n.m, a una distancia de 11.5 Km. al noreste del poblado de Angamarca, Distrito de Angamarca, Provincia de Santiago de Chuco, Departamento La Libertad, a 164 km al este de la ciudad de Trujillo.

Las coordenadas geográficas del cuadrante en la que se ubica la Compañía Minera Santa Rosa S.A. Son las siguientes:

Cuadro 1

Coordenadas UTM de - COMARSA

Coordenada UTM	Coordenada UTM
830,000 E	9'105,000 N
830,000 E	9'103,000 N
828,000 E	9'103,000 N
828,000 E	9'105,000 N

Fuente: Área de topografía- COMARSA - 2012

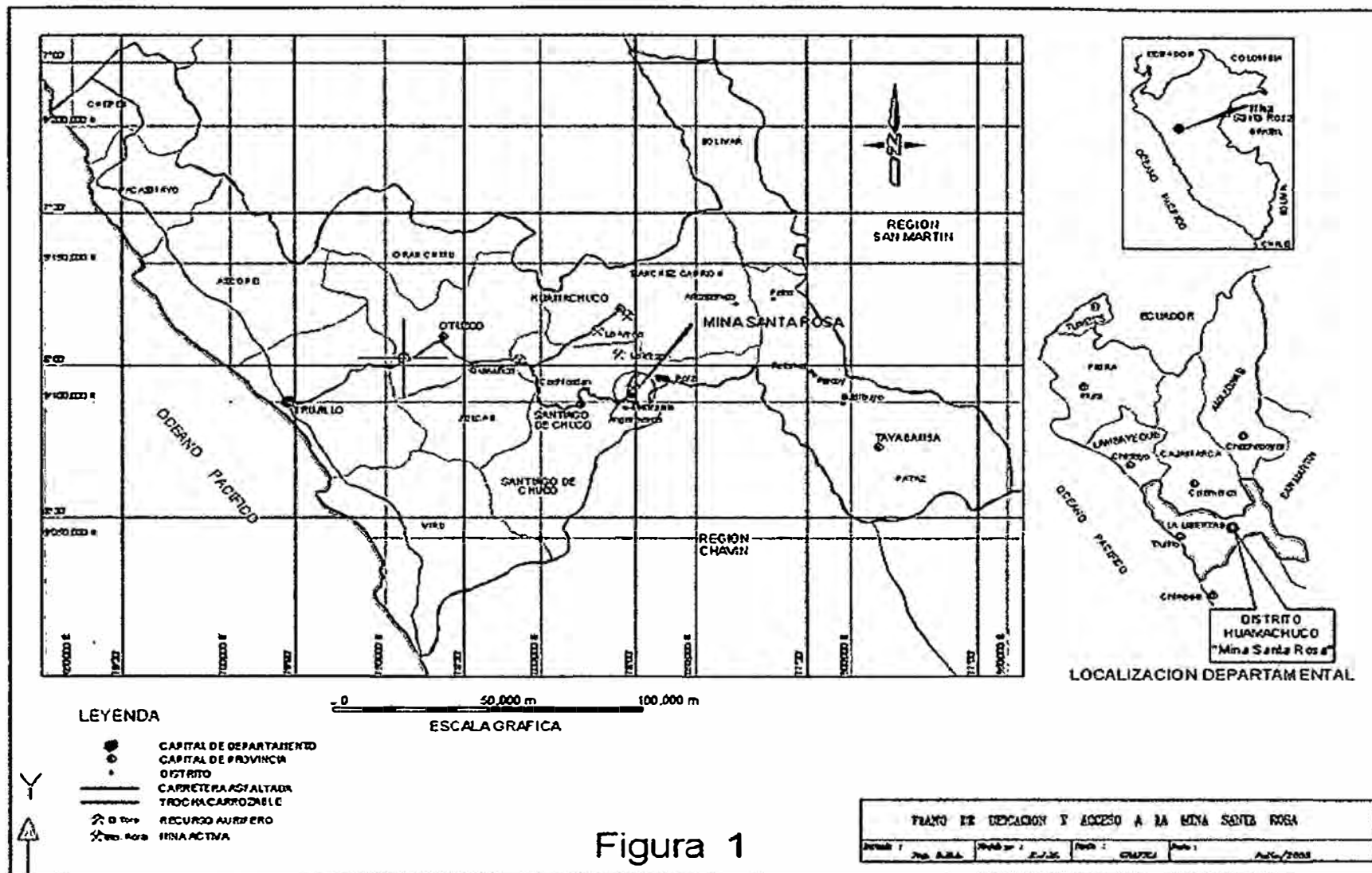


Figura 1: Ubicación Geográfica del Distrito de Angasmarca
Fuente: www.comarsa.com.pe - 2012

1.1.2. Accesibilidad

Accesible desde la ciudad de Trujillo, a través de una carretera afirmada, aproximadamente 225 Km. hasta la min

Por vía Aérea desde la ciudad de Lima hasta el Altipuerto de Tulpo, y desde este pueblo por vía terrestre hasta la unidad minera, tomando este recorrido dos horas aproximadamente.

Desde la localidad de Angamarca existe una carretera de propiedad de la empresa, que conduce a la mina ubicada en la zona denominada Pampa Larco, esta carretera y trochas realizadas por la mina se encuentran próximas al trazo de la línea eléctrica

Se tiene tres rutas principales para poder llegar al asiento minero – COMARSA

Cuadro 2

Accesibilidad a la unidad minera - COMARSA

Ruta 1

Lima – Trujillo – Santiago de Chuco – Angamarca – Mina.	
Lima – Trujillo	561 Km. De vía asfaltada
Trujillo – Mina	225 Km. De carretera afirmada.

Ruta 2

Lima – Trujillo – Huamachuco – Mina.	
Lima – Trujillo	561 Km. De vía asfaltada
Trujillo – Mina	280 Km. De carretera afirmada.

Ruta 3

Lima – Chimbote – Mollepata – Mina.	
Lima – Chimbote	422 Km. De carretera asfaltada
Chimbote – Mina	350 Km. De carretera afirmada.

Fuente: Área de planeamiento de – COMARSA- 2012

1.1.3. Historia

Constituida hace dos décadas en el distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, región La Libertad; Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. (COMARSA), es una empresa de capitales cien por ciento peruanos, que apuesta por la innovación en sus procesos, así como el desarrollo de tecnologías eficientes que le permitan optimizar sus operaciones.

El crecimiento experimentado por la empresa se debe a la tecnología que utiliza. En sus veinte años de existencia, es la única minera que utiliza una tecnología especial para recuperación de oro en el proceso de lixiviación operando un yacimiento con leyes marginales. Esto le ha permitido a la empresa producir entre 16 y 17 mil onzas de oro al mes.

1.1.4. Antecedentes

Antiguamente en el distrito minero Santa Rosa se tenía conocimiento de operaciones mineras centradas en cateos y exploraciones artesanales de vetas Auríferas con leyes económicas interesantes de oro.

A inicios de la década de los 80s se establecieron las primeras pozas de lixiviación rudimentarias, precipitación del oro mediante el polvo de zinc (Merril Crowe) con producciones de 1.5 a 3.0 kg. De oro al mes.

La familia Sánchez Paredes adquirió los derechos de la concesión Señor de los Milagros de Trujillo con un área de 150 hectáreas, constituyéndose así la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa (COMARSA).

En 1992 se llevaron a cabo los primeros trabajos de exploración e investigaciones metalúrgicas.

En 1993 se completaron las primeras pruebas de lixiviación en pilas y tratamiento del oro con carbón activado; de este modo se llegaron a alcanzar recuperaciones del 72% en

periodos de 60 días; casi dos meses, con estos resultados favorables se inició la construcción de la planta, el 10 de junio del mismo año.

En enero del año 1994 comenzaron las operaciones mineras en el tajo Tentadora y se procedió al apilamiento del mineral en el primer Pads de Lixiviación; el cual entró en producción a fines de marzo del mismo año. Obteniéndose así la primera barra de bullón (ORO Y PLATA), el 24 de abril de 1994.

Año tras año, se ha ido incrementando la producción de mineral a tratar y además se desarrollan etapas de exploraciones agresivas a fin de garantizar la vida de dicha mina por más tiempo de lo programado.

Actualmente se desarrolla una explotación de mina de aproximadamente 4.5 millones de toneladas mensuales, entre 1.6 millones de mineral y 2.9 millones de desmonte, respectivamente para la obtención de 14000 Oz/mes. De Oro, después de dos meses de regado en los Pads.

Durante las primeras fases de extracción de mineral, se contaban con equipos ligeros para el trabajo; año tras año se han ido incrementados y modernizando los equipos de producción, ya sea tractores, cargadores frontales, excavadoras etc., Lo que garantiza una producción de acuerdo a los programas que desarrolla la alta gerencia de la empresa.

Posteriormente, la mina viene creciendo en sus operaciones conforme fueron encontrando nuevos tajos, tales como Sacalla, Seductora, Antarquí y Cochavara mas adelante.

1.1.5. Estrategia Actual

Para asegurar una producción creciente, COMARSA invertirá este año unos US\$ 2.5 millones, los cuales serán destinados a la perforación de aproximadamente 25 mil metros. Asimismo, todo va quedando listo para la inauguración en julio próximo, de su

nueva Planta ADR de procesamiento de mineral cuya inversión asciende a US\$ 3.5 millones.

“COMARSA ha hecho una planta nueva, modernísima. A pesar que existen muchas plantas en el sector, ellas no tienen la técnica, ni disposición que tiene esta nueva planta. La nueva planta tiene tecnología sudafricana y americana. La anterior planta, contó con el asesoramiento de la empresa americana Kappes&Kassiday. La nueva infraestructura tiene una capacidad de procesamiento de 100,000 TN de minerales por día.

En cuanto a la producción, durante el 2011 fue de 183 mil onzas, en el 2010 fue 179 mil onzas. Se espera que para el 2012, la producción alcance los mismos niveles. “Estamos en el rango de no menos de 170 mil onzas. Con eso ahora somos el sexto productor de oro”.

Por otro lado, la empresa adelantó que para mejorar sus niveles de operación, se contrató los servicios de la consultora London Group, programa que brinda asesoría y recomendaciones. “Es un programa que nos ha costado unos 750 mil dólares. Nos ha dejado muy buenas recomendaciones, sobre todo, en el uso de índices para ir midiendo nuestra producción y el control de nuestro equipos, para que rindan lo que deben rendir”.

Asimismo, otro aporte para mejorar la gestión de sus procesos, ha significado la adquisición de un sistema integrado de control, el cual permitirá monitorear, en tiempo real, el avance productivo de todas las áreas de la mina desde Lima.

“En estos momentos tenemos un sistema de información por separado. Tenemos uno para la contabilidad, otro para el control de producción, otro para mantenimiento, etc. Lo que nos permitirá el SAP es tener todo en un sólo proceso. Dentro de seis meses cuando esté terminado el montaje de todo el sistema, podré revisar desde mi

computadora, la producción de la mina en tiempo real, así como otras cosas. Es tecnología de punta”.

1.1.6. Presencia Mundial

COMARSA es la única minera peruana en usar una tecnología especial para la producción aurífera. Actualmente es el sexto productor de oro más importante del Perú y está por inaugurar una nueva planta, la más moderna de su tipo, que demandó una inversión de unos US\$ 3.5 millones.

Constituida hace dos décadas en el distrito de Angasmarca, provincia de Santiago de Chuco, región La Libertad; Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. (COMARSA), es una empresa de capitales cien por ciento peruanos, que apuesta por la innovación en sus procesos, así como el desarrollo de tecnologías eficientes que le permitan optimizar sus operaciones.

El crecimiento experimentado por la empresa se debe a la tecnología que utiliza. En sus veinte años de existencia, es la única minera que utiliza una tecnología especial para recuperación de oro en el proceso de lixiviación operando un yacimiento con leyes marginales. Esto le ha permitido a la empresa producir entre 16 y 17 mil onzas de oro al mes.

“COMARSA ha tenido un crecimiento bastante grande. Comenzamos tratando 300 toneladas de mineral al mes y ahora estamos en 2 millones. Nosotros trabajamos con una ley pobrísima. Estamos trabajando a 0.3 gramos de oro por tonelada de mineral, es decir que para sacar un gramo, necesitamos tres toneladas de mineral. Eso es un movimiento enorme”, indicó Pelayo Miranda, Gerente General Adjunto de COMARSA. Preciso que para sacar las toneladas diarias de mineral de los yacimientos, la empresa utiliza una flota de 150 volquetes y palas excavadoras, los cuales según dijo, realizan una labor realmente increíble. Indicó además, que su producción ha crecido cada año,

debido a que la empresa continuamente realiza exploraciones tanto en los alrededores de los tajos como en denuncios cercanos.

Otro aspecto que diferencia a COMARSA de las demás empresas auríferas, es el sistema de “vertimiento cero” que aplica en su planta, el cual optimiza el uso del agua en sus operaciones. “Aunque otras también lo hacen, nosotros lo hacemos con una efectividad al 90%. Toda el agua que usamos en la producción, va a un lugar especialmente acondicionado que está cerca del río. De ahí lo bombeamos y nuevamente entra al circuito. Nada sale al medio ambiente”.

Asimismo, COMARSA es la primera empresa minera que trabaja con una emulsión gasificada, la cual le ha significado un ahorro de US\$ 3 millones en gastos de explosivos. “Ya no sale al medio ambiente junto con otros gases. Es un nitrato mejor trabajado que ayuda a ahorrar insumos. Comprime mucho más el explosivo con lo cual obtenemos mejores resultados”.

1.1.7. Recursos

1.1.7.1. Clima

El clima en la región varía de acuerdo a su altitud. En el fondo de los valles así como en la parte inferior de los tributarios, existe un clima cálido y seco, las temperaturas en éstos valles oscilan generalmente entre 20°C - 30°C y las precipitaciones son menores.

En las partes altas denominadas también Jalca el clima es templado a frío.

Las temperaturas máximas son de 15°C - 16°C y las mínimas de 5°C - 6°C; frecuentemente descienden durante las noches por debajo de 0°C.

En estas zonas altas las precipitaciones pluviales son abundantes durante los meses de diciembre a marzo.

1.1.7.2. Flora y Fauna

En las formaciones vegetales típicas se tiene: pajonal, vegetación ribereña, césped de puna y roquedal. Entre las especies típicas de flora se tiene: helechos, cola de caballo, palo sonso, aliso, quiswar, trébol, zarzamora, paja, etc.

En las zonas aledañas se cultivan papas, oca, maíz, trigo.

En la fauna se puede observar aves como: Trijillo peruano, gorrion, semillero, bandurria, jilguero encapuchado, sallador, etc.; Mamíferos como: zorros, venados, vizcachas, etc.

En las zonas aledañas se crían animales como: ganado vacuno, caprino, ovino, caballar, auquénidos.

1.1.7.3. Social

La mayor parte de los trabajadores que laboran en COMARSA son de lugares aledaños como Tulpo, Angasmarca, Villacruz, Santa Cruz de Chuca, Mollebamba, Mollepata, etc. Y profesionales de diversos lugares del Perú.

Actualmente cuenta con 750 empleados entre las oficinas de Lima, Trujillo y Mina; entre Comarsa y Contratas cuenta con total de 2500 trabajadores.

1.1.7.4. Restos Arqueológicos

Compañía Minera Santa Rosa S.A. cuenta con su CIRA (Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos)

1.1.7.5. Relieve

La zona se caracteriza por presentar un relieve accidentado con quebradas, ríos encañonados y laderas pronunciadas con pendientes mayores a 50%. Las elevaciones varían entre 3200 y 3500 m.s.n.m.; las zonas bajas corresponden al nivel del río Angasmarca, el mismo que tiene una pendiente de 7° aproximadamente.

1.1.7.6. Minerales

El yacimiento Parcoy tiene como roca huésped principalmente las rocas calco alcalinas del Paleozoico superior predominando la granodiorita, cuarzomonzonita y diorita, es común encontrar en el Batolito, la presencia de diques aplíticos, andesíticos y xenolitos. En las que prima el ensamble “Cuarzo-Pirita-Oro” así como otros tipos de buenos valores de oro como una secuencia de Cloritas, Sericita, calcita, Galena y Esfalerita de acuerdo a la paragénesis del yacimiento, se deduce que primero fue el emplazamiento del cuarzo, la pirita y arsenopirita, estos minerales sufrieron fracturamiento y microfracturamiento, luego se presenta un evento de oro nativo y trazas de sulfuros finos conteniendo Zn, Cu, Pb y Ag; éstos son los que rellenaron las micro fracturas en la pirita y el cuarzo o se acoplaron a estos sulfuros, pero cabe señalar que la pirita es el principal receptor de la mineralización aurífera de las vetas.

1.1.8. Organización

Estructura Organizacional de Compañía Minera Aurífera Santa Rosa – COMARSA

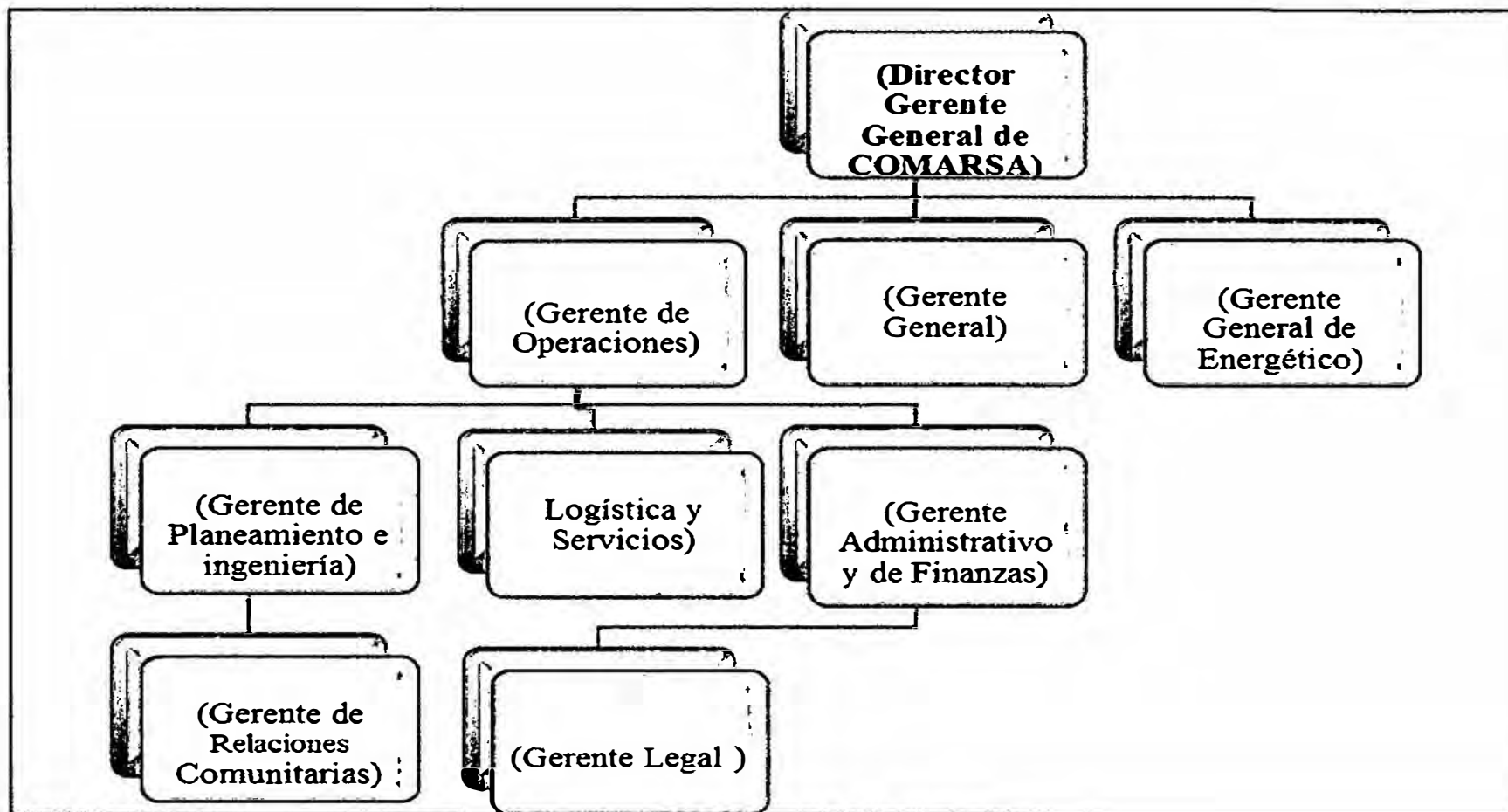


Figura 2: Organigrama- COMARSA
Fuente: Superintendencia - COMARSA - 2012

1.1.9. Misión y Visión

1.1.9.1. Misión

Ser la mejor Empresa Minera Peruana, comprometida con el cumplimiento de los estándares competitivos en medio ambiente, Seguridad y Productividad buscando la excelencia a través de la capacitación, soporte tecnológico, recursos humanos y nuestro compromiso con la sociedad.

1.1.9.2. Visión

Realizar nuestro trabajo con empeño, responsabilidad y lealtad estableciendo estándares con nuestro propio ejemplo, llevando siempre presente el deseo de brindar calidad a nuestras funciones y maximizar los valores morales y culturas que damos a nuestros trabajadores, sociedad y proveedores.

Nuestros valores:

- Preservar el medio ambiente.
- Trabajar con honestidad.
- Brindar convicción.
- Obrar con integridad.
- Practicar seguridad.

1.1.10. Proyecciones Futuras

Buscar permanentemente un diálogo continuo y oportuno con el único fin de expresar sus expectativas y preocupaciones con relación al desarrollo de las operaciones mineras, siempre comprometidos y trabajando en conjunto y armonía, esperando se detecten los impactos positivos y a su vez se eviten o disminuyan los impactos negativos.

1.1.11. Proyecto Expansión

El monto registrado de importaciones durante el año 2004 asciende a un millón de dólares.

En cambio en el 2005 superó los 3 millones de dólares. Mientras que con respecto a sus exportaciones estas sobrepasaron en el 2004 los 52 millones de dólares. Y ya en el 2005 el monto encontrado ascendió los 69 millones de dólares

1. Sus oficinas se ubican en la av. Leodoro Valcárcel 1260, Urb. Santa Leonor. Trujillo.
2. La mina Santa Rosa se encuentra en Angamarca.

1.2. Geología

1.2.1. Geología Regional

La faja volcánica y sedimentaria en el norte del Perú, que corre aproximadamente con rumbo NW-SE, ha merecido preferencial atención. Es importante resaltar las ocurrencias de este nuevo blanco de exploración en rocas sedimentarias que albergan depósitos de mineral aurífero del tipo relleno de fracturas y relacionadas a una actividad hidrotermal en profundidad que se extiende aproximadamente 80 Km. de longitud en el eje NW-SE y 30 Km. de ancho promedio. Estas ocurrencias se presentan en Consuzo por el sur, pasando por Angamarca-Huamachuco y terminando en Cajabamba por el norte.

Las rocas están constituidas por el grupo estratigráfico Goyllarisquizga de edad cretáceo inferior, cuyo miembro inferior conocido como Formación Chimú, tiene la roca encajonante más favorable para la ocurrencia de éstos depósitos auríferos, constituidas por areniscas y ortocuarcitas con algunas ínter estratificaciones de Siltitas y Lodolitas, con mantos carbonáceos, generalmente en la parte inferior de esta formación.

Las formaciones Santa, Carhuaz y Farrat, conforman la parte suprayacente del grupo Goyllarisquizga y sus rocas son de similares composiciones petrográficas que las hacen favorables para contener mineralización aurífera; lo que no ocurre con la formación Chicamainfrayacente constituida por Lutitas de color gris oscuro.¹

Fuera del área de estudio, sobre la Formación Chimú se encuentran las calizas de la Formación Santa y las areniscas y lutitas de la Formación Carhuaz, encima se suceden las cuarcitas y areniscas de la Formación Farrat, muy similares a Chimú, y sobre éstas, las

¹ VECTOR PERÚ S.A.C. Informe, “diseño de pad de lixiviación 14 en la compañía minera aurífera Santa Rosa S.A”. Miraflores-Lima, Perú 2004.

rocas carbonatadas de la Formación Chulec y las calizas bituminosas de la Formación Pariatambo:²

Todas ellas formaciones del Cretácico Inferior. Sobre yaciendo discordantemente a las litologías descritas, se depositaron durante los Cuaternarios materiales detríticos aluviales, coluviales y arcillas glaciales con cantos rodados de cuarcita (tills) ej.: Sector Sacalla-Churges.

1.2.2. Geología Local

El yacimiento Santa Rosa está clasificado como un depósito epitermal de alta sulfuración emplazado en areniscas y cuarcitas de la Formación Chimú, con vetillas mineralizadas poco espaciadas entre sí.

Una fase hidrotermal temprana fracturo y brecho estas rocas y de ella escaparon los gases de la cámara magmática del posible intrusivo emplazado en profundidad. Gran parte del oro fue depositado con pirita y arsenopirita y en muy poca cantidad metales base. Estudios de investigación microscópica demuestran que existió una etapa posterior con oro adicional de una fuente profunda o posiblemente removilizada de la asociación pirita-arsenopirita. Los altos contenidos de arsénico, antimonio, la presencia de diáspora y pirofilita aunque con bajo contenido de cobre permiten clasificar a este depósito como epitermal de alta sulfuración.

1.2.2.1. Tajo Tentadora

a) Ubicación:

El tajo Tentadora está ubicado entre las siguientes coordenadas UTM:

Norte	9103200	9104200
Este	829200	829900

² CIA. MINERA AURIFERA SANTA ROSA S.A. informe, “diseño de pad de lixiviación 14”. Miraflores-Lima, Perú 2004.

b) Litología:

Constituida en la base por la formación Chicama, conformada predominantemente por lutitas negras de estratificación delgada, con presencia de pirita diseminada ,suprayaciendo se tiene concordantemente a la formación Chimú, Está conformado por una secuencia de cuarcitas de color gris claro grano medio a grueso, presenta una textura granoblástica de aspecto sacaroideo en algunos casos.

Se expone ampliamente en el sector este del Tajo con un espesor visible de 98m y en el sector Oeste del Tajo por una secuencia de lutitas y limolitas gris parduscas con intercalaciones aisladas de cuarcitas y presencia de lentes de lutitacarbonosa.³

c) Alteración:

Cuarzo-Sericita, este tipo de alteración se encuentra en casi todos los niveles, siendo débil a moderada. Este tipo de alteración ha afectado la matriz de las cuarcitas, produciendo que presenten una textura sacaroidea siendo fácil su reconocimiento por ser muy disgregables

Silicificación, es moderada a fuerte, predomina especialmente esta última en el lado este del tajo.

d) Geología Estructural:

Es parte importante del control de la mineralización en el tajo tentadora.

La orientación general de las capas es: N 165° -170° E y el buzamiento que se observa que en el flanco Este del Tajo el buzamiento varía de 40° - 50° al SW y en el sector Oeste el buzamiento varía de 30° - 40° al SW.

Tal variación se debe al juego estructural de la Falla Tentadora.

Tenemos dos Sistemas de fallas:

³ CESEL INGENIEROS. Resumen ejecutivo de estudio de impacto ambiental del proyecto “ampliación de la explotación y tratamiento de 25000 TMD a 50000 TMD” de la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa. Lima, Perú 2005.

- N166° - N-S, con buzamientos que varían de 35° - 65° W (normal-siniextral).
- N70° E – E-W con buzamiento sub vertical –vertical (cinemática normal).

Las fallas se caracterizan por presentar estriaciones y rellenos de brechas tectónicas, panizo y óxidos de Hierro.

Las fallas regionales tienen un rumbo promedio de S06° - 26°W con un buzamiento 23° - 39° al NW y son las siguientes:

- Falla Santa Francisca al este
- Falla Santa Rosa al oeste
- Falla Tentadora

Estas fallas son concordantes en su mayoría a la estratificación.

Se tiene también fallas menores (transferencia) con rumbos N60° - 76°E, y buzamiento 69° - 86° al sur, todo esto favorece al craquelamiento intenso predominante en direcciones norte – sur y este – oeste del tajo tentadora.

e) Mineralización:

Asociada principalmente a la presencia de estructuras mayores como la falla Santa Francisca al este y falla Santa Rosa al oeste y por las fallas centrales como Tentadora, San Andrés, San Agustín, Florida y San Marcos, todas ellas han servido para el craquelamiento de las rocas y la mineralización fue albergada en los estratos de areniscas y cuarcitas de la formación Chimú.

Está Caracterizada por la presencia de Óxidos y sulfatos de fierro como:

Goethita $\text{FeO}(\text{OH})$ ----- Relación con Au

Jarosita $\text{KFe}_3(\text{OH})_6(\text{SO}_4)_2$ ----- Relación con Au

Hematita Fe_2O_3

Turgita $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Diáspora $\text{AlO}(\text{OH})$

Pirita FeS₂

Anatasa TiO₂

Escorodita Fe (As O₄)₂(H₂O) ----- Relación con Au

Cuarzo SiO₂

Sericita KAl₂ (OH, F)₂ AlSi₃O₁₀ y también Arcillas

La mineralización aurífera ocurre mayormente en partículas de oro libre muy fino e íntimamente asociados a óxidos de fierro (jarosita, goethita) y además en las brechas tectónicas e hidrotermales.

1.2.2.2. Tajo Sacalla

a) Ubicación:

EL tajo Sacalla está ubicado entre las siguientes coordenadas UTM:

Norte	9'102,500	9'103,200
Este	826,600	827,600

b) Litología:

Las rocas que afloran dentro del Tajo Sacalla están constituidas principalmente por cuarcitas de la Formación Chimú del Cretácico inferior, que se presenta en horizontes estratigráficos que se pueden diferenciar por sus características de granulometría, posición y composición estratigráfica.

Los estratos se exponen con un azimut promedio de N 300° E y buzamiento que va de 20° a 30° al NE.

Horizonte Inferior (Miembro A).- constituido por una secuencia estratigráfica de areniscas y cuarcitas gris claras de grano fino con presencia débil de oxidación (menor a 0.3%), muy compacta y débil, porosidad en estratos delgados hasta de 0.15 m. de espesor, hacia el techo muestra alternancias de lutita gris alterada.

Horizonte Intermedio (Miembro B).- Compuesto por cuarcitas de color gris claro de grano medio con moderada a fuerte oxidación (hasta un 60%). Predominantemente goethita- y jarosita, estratos de hasta 40 cm. de espesor, con alta porosidad y permeabilidad 10% aproximadamente, en el contacto con la unidad A, presentan dos mantos carbonosos de forma irregular de un metro de espesor aprox.

Horizonte Superior (Miembro C).- Constituida por una alternancia delgada de cuarcitas gris claras, areniscas de grano medio y horizontes delgados hasta 2 cm. de espesor de lutitas y limolitas muy finas, con débil a moderada oxidación exótica, también en este horizonte se presentan potentes capas carbonosas de hasta 40m. De espesor.

c) Alteración:

Según las interpretaciones realizadas con el mapeo geológico, la alteración hidrotermal que ha afectado fuertemente a las rocas en el área de Sacalla y presentan el siguiente ensamble mineralógico:

Cuarzo-sericita, indicando que las cuarcitas fueron afectadas por actividad hidrotermal y se presentan formando halos de alteración distribuidos en la zona central y también halos laterales con dirección NW, los cuales sirven como control mineralógico.

La zona de alteración se presenta formando un halo de color blanquecino con un ancho aproximado de 30 metros y en transición gradual se presenta la zona de argilitización con un frente de 20 metros.

Estos tipos de alteración han afectado la matriz de las cuarcitas, produciendo que presenten una textura sacaroidea siendo fácil su reconocimiento por ser muy disgregables. Entre estos halos de alteración se presenta la zona con silicificación e intensa oxidación producto de la lixiviación hidrotermal con presencia de cavidades de lixiviación (boxwork, vuggy silica) y fracturas rellenas de óxidos.

El ensamble cuarzo sericita se presenta en cristales muy finos relleno de cavidades intersticiales de las cuarcitas y relleno de fracturas pequeñas, este ensamble es el más frecuente.

Estas alteraciones se presentan en el horizonte intermedio de la Formación Chimú.

d) Geología Estructural:

Estructuralmente el área está afectada por fracturamientos principales de dirección andina cortados por fracturamientos secundarios de orientación NE; siendo el fracturamiento NW el que determina la orientación de la mineralización.

Se evidencia la presencia de sobre escurrimientos menores paralelos de bajo ángulo, hasta 20°, con dirección NW siendo importantes controles mineralización y alteración del sistema. Estos sobre escurrimientos en su mayoría son paralelos a la estratificación siendo evidente que aprovecharon los niveles plásticos (horizontes de arcilla) para su deslizamiento.

Las secuencias estratigráficas presentan en su mayoría espesores hasta 50 cm. las cuales están afectadas formando por plegamientos suaves en los bancos inferiores; en los bancos superiores se muestran en monoclinales opuestos erosionados.

e) Mineralización:

En el Tajo Sacalla la mineralización de oro es similar al Tajo Tentadora, está asociada a la presencia de óxidos y sulfatos de hierro, goethita y jarosita principalmente, emplazados dentro de los horizontes de cuarcitas.

Esta mineralización se ve favorecida por la porosidad y permeabilidad de las cuarcitas de grano medio de la horizonte intermedio que se presentan con estratificación delgada las que fueron propiciamente fracturadas por el tectonismo del Ciclo Andino; condiciones que crearon una zona de debilidad estructural, lo que facilitó la actividad hidrotermal y la deposición del oro.

1.2.2.3. Tajo Seductora:

a) Ubicación:

El Tajo Seductora está ubicado entre las siguientes coordenadas:

Norte	9104100	9105000
Este	828700	829300

b) Litología:

El tajo Seductora consta básicamente de dos unidades litológicas bien definidas: cuarcitas en la parte inferior y cubriendo a éstas, areniscas, limolitas y arcillas, ambas unidades pertenecientes a la Formación Chimú.

El azimut promedio de las capas en la zona SE de Seductora es de N 200° E, buzamiento de 25° al SW; hacia el NW del área, ocurre una inflexión, llegando hasta N 120° E y buzamiento promedio de 15° a 20° al SW.

En general estas capas se comportan a manera de un monoclinas que continúa desde el Tajo Tentadora, con replegamientos suaves perpendiculares al rumbo de la estratificación.

La mineralización en el Tajo Seductora está dada principalmente en las estructuras de rumbo NW con buzamientos ligeramente verticales, que han servido de conductos para el aporte de mineralización.

Actualmente se ha determinado el contacto de la formación Chimú y la Formación Chicama, presentándose actualmente a 60 metros de profundidad del banco 3292.

La formación Chicama se constituye de lutitas carbonosas con piritita diagenética diseminada.

c) Alteración:

La alteración principal es cuarzo-sericitita y en menor proporción se encuentra diáspora, este último mineral caracteriza a los yacimientos epitermales.

Alteración filica

Cuarzo-Sericita: Este ensamble mineralógico muestra a la sericita como relleno intersticial; esta alteración disminuye con el incremento de la silicificación.

Sericitización: Muestra a la sericita intersticial pervasiva, dado en horizontes lutáceos alterados a arcillas, y en areniscas de grano fino a medio, como resultado de la transformación de las impurezas contenidas en la matriz.

Silicificación

Se han reconocido 2 etapas de silicificación.

La primera dada a manera de halos en los laterales del eje de los feeders, decrece a manera que se alejan del centro. Muestra a los bordes de los granos de cuarzo ligeramente obliterados.

La segunda a manera de venillas de sílice blanca lechosa, ligeramente porosa, rellenando microfracturas y en algunos casos a los “boxworks” (previamente lixiviados).

Argilización

Se da en niveles de lutitas, con formación de minerales como la pirofilita, caolín y otros tipos de arcillas.

d) Geología Estructural:

Reconocemos 2 tipos de estructuras principales:

Estructuras Primarias o “feeders”: Se ubican conjuntamente con zonas de fallas de rumbo NW. La alteración cuarzo-sericita muestra a una cuarcita de color blanquecino con apariencia pulverulenta. Éstos “feeders” al interceptar niveles lutáceos forman entrapamientos por debajo y encima de estos, ocasionando enriquecimiento mineralógico en estas zonas.

La hematita ocurre principalmente en zonas de falla y continúan en profundidad a lo largo del eje de la estructura. En zonas cercanas a superficie el área de influencia es

mayor Se han encontrado sulfuros relictos caracterizados por una mineralización de pirita finamente diseminada sobre las cuarcitas de grano medio, con halos de lixiviación concéntricos, manifestados por la oxidación posterior.

La presencia de cinabrio indicaría proximidad a los “feeders”.

Estructuras Secundarias:

Paralelas a las principales a manera de fracturas abiertas con óxidos y halos desilicificación cortos, no es muy visible la alteración cuarzo-sericita.

Estructuralmente el Tajo Seductora es complejo, sin embargo gracias al contraste de litologías mencionado, se ha podido determinar algunas de las principales estructuras como la Falla Norte, la Falla Seductora y la Falla Central, cuyos rumbos son paralelos y en dirección NW-SE, formando un sistema escalonado en echelon.

e) Mineralización:

La mineralización es similar a los tajos Tentadora y Sacalla, se emplaza casi exclusivamente en las cuarcitas, consiste de goethita y jarosita, con oro libre emplazado principalmente en fracturas.

La zona de influencia de esta mineralización en estructuras es aproximadamente entre 20 a 30m.

La mineralización del Tajo Seductora muestra presencia de diáspora ($\text{AlO}_2(\text{OH})$) mineral que se da a temperaturas de 300 a 350°C.

Los minerales más comunes son: goethita, jarosita, hematita, diáspora.

La mineralización se encuentra emplazada dentro de una zona fuertemente fracturada, las cuarcitas han sido disgregadas por la alteración cuarzo-sericita perdiendo su textura original produciendo una textura arenosa amarillo-rojiza muy conspicua en superficie, la cual utilizamos como guía de mineralización.

El cuerpo mineralizado tiene como límite inferior a las lutitas carbonosas de la formación Chicama y el límite superior de intercalaciones de areniscas, lutitas y limolitas, de modo que el cuerpo mineralizado se encuentra delimitado.

1.2.2.4. Tajo Cochavara:

a) Ubicación:

El Tajo Cochavara está ubicado entre las siguientes coordenadas:

Norte	9105900	9105000
Este	827600	828300

b) Litología:

Los afloramientos presentes en el Área Cochavara corresponden a rocas de la Formación Chimú y constan mayormente de cuarcitas de grano fino a medio, areniscas de grano fino y limolitas con ciertos horizontes esporádicos de lutitas, así como secuencias rítmicas intermedias de cuarcitas de grano medio. Por la secuencia de estratificación en la Formación Chimú se han definido cuatro Horizontes principales, del más antiguo al más reciente:

Miembro A.- Consta de una intercalación de cuarcitas de grano fino en estratos de 10 a 30 cm. de espesor, de color gris claro a gris, intercaladas con lutitas exfoliables color gris oscuro; en ciertos casos, con diseminación de pirita. Las areniscas se aprecian en sectores intermedios algo friables y en estratificación rítmica laminar con lutitas carbonosas. En la parte superior cerca al contacto con la el Horizonte “B”, se observa mayor contenido de lutitas carbonosas y mayor presencia de sulfuros, la cual por lixiviación reciente de intemperismo ha formado sulfatos de cobre. En la quebrada Cruces en la parte superior de este Horizonte, se aprecia un lente de 0.60 m de caliza gris. La mejor exposición del Horizonte “A” está en las partes bajas de las Quebrada Cruces y Cementerio, lo que ha permitido estimar su potencia en 170 m.

Miembro B.- Consta de estratificación continua de cuarcitas de grano fino a medio, de color gris claras a blancas. En ciertos tramos con textura sacaroidea, en estratos de 10 – 50 cm. formando bancos de hasta 6 m de espesor, con ciertos horizontes aislados de limolitas y muy esporádicamente delgadas capas de lutitas gris claras a blanquecinas cerca al contacto con el Horizonte “C”.

Aflora en la parte central de la ladera del Cerro Chualluega, en especial en las quebradas Cruce y Cementerio donde la erosión ha expuesto mejor estas rocas, apreciándose muy fracturadas con coloraciones blanquecinas-amarillentas.

También se la puede apreciar en los niveles intermedios de los Tajos en operación en la Mina Santa Rosa. Se ha estimado su potencia en 120 m.

Miembro C.- Consta mayormente de una alternancia de cuarcita fina con areniscas de colores gris claras y plomizas a blancas y gris pardas, con ciertas intercalaciones de capas delgadas de lutitas gris verdosas, violáceas a gris parduzco y gris exfoliables quebradizas por acción del intemperismo. Por encima de la cota 3,530 se manifiesta una secuencia de cuarcitas de grano medio con potencia promedio de 10 m, de color gris clara con fuerte fracturamiento y tapizada con óxidos de hierro. Siendo esta secuencia, al parecer, la parte media de este Horizonte, la misma alternancia anterior se repite hacia la parte superior (afloramientos en Cochavara) donde se aprecia un incremento débil de lutitas en relación a la parte baja de este Horizonte.

Miembro “D”.- Consta de una potente secuencia de cuarcitas y areniscas blanco grisáceas, de grano medio a grueso, en capas de simétricas, con ocasionales intercalaciones de simétricas de limolitas plomizas. Aflora en las partes superiores de la Mina Santa, notándose mejor en los cortes de la carretera que va Rosa hacia Huamachuco, como Antarky, Clarita, Cerro blanco, etc. Su potencia es aproximadamente 150 m.

c) Alteración:

Argilica avanzada:

Caracterizada por la presencia del ensamble cuarzo, sericita, pirofilita, diáspora, dumortierita, indican que las cuarcitas fueron afectadas por actividad hidrotermal.

El ensamble cuarzo – sericita se presenta en cristales muy finos rellenando cavidades intersticiales de las cuarcitas y como relleno de fracturas pequeñas.

Las áreas afectadas por esta intensa alteración presentan coloración blanquecina, carácter friable y muy deleznable.

Solidificación:

Se presenta entre los halos de alteración argílica y está asociada a la presencia de óxidos producidos por la lixiviación hidrotermal de los sulfuros de hierro, presencia de cavidades de lixiviación y venillas delgadas de sílice, periféricos a los planos de fractura.

d) Geología Estructural:

En el Proyecto Cochavara y en todo el Distrito minero de Santa Rosa se observa las rocas de la Formación Chimú plegadas, constituyendo sinclinales y anticlinales, con rumbo andino NNW-SSE.

Regionalmente el área está cortada por fallas de orientación NW-SE y fallas NESW.

Estas fallas que forman un sigmoide distrital, en algunos casos han servido como canales alimentadores de las soluciones mineralizantes.

Las estructuras NNW-SSE son las más antiguas y posiblemente han funcionado de forma diferente conforme ha variado la orientación del esfuerzo principal, como fallas de rumbo, durante periodos de colisión oblicua de las placas, fallas inversas durante episodios de colisión ortogonal, o como fallas normales durante periodos de relajamiento de los esfuerzos. Estas fallas constituyen importantes lineamientos

mineralizados en los diferentes corredores estructurales que se desarrollan en la región Norte del Perú.

Las estructuras ENE-WSW son fallas de transferencia, aproximadamente perpendiculares al rumbo del arco andino, y la importancia metalogenética de estas estructuras ha sido recientemente reconocida en este sector de la Cordillera y en otros importantes distritos mineros (Yanacocha, Antamina, etc.).

La intersección de fallas de ambos sistemas crea el espacio necesario para el emplazamiento de los domos volcánicos e intrusivos hipabisales de edad terciaria y controla la localización de los principales yacimientos minerales en el Distrito minero de Santa Rosa.

e) Mineralización:

La mineralización en el Área Cochavara se emplaza mayormente en cuarcitas fracturadas de la Formación Chimú y en un grado menor en la limolitas/lutitas cuando las estructuras vetiformes atraviesan estas últimas.

Los fluidos mineralizantes han aprovechado zonas de debilidad (fallas) que han actuado como conductos alimentadores para el ascenso y mineralización de las zonas más permeables. Debido al intenso fallamiento pre-mineral ocasionado por los esfuerzos tectónicos a los que ha sido sometida toda la región, se ha generado zonas de intenso fracturamiento, principalmente en rocas frágiles, como las cuarcitas de la Formación Chimú, generando a la vez espacios o vacíos, ideales para la circulación de los fluidos mineralizantes y su posterior depositación.⁴

La mineralización original de sulfuros ha sido transformada a óxidos por una intensa alteración supergena e hipógena que alcanza y sobrepasa los 250 m de profundidad en

⁴ KARLA YULISSA ORTEGA ARICA. Tesis, “recuperación de oro desde soluciones cianuradas por intercambio iónico en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. Lima, Perú 2009.

algunos sectores, y como producto tenemos la presencia de Sulfatos y óxidos de hierro y arsénico, como son Jarosita ($K_2Fe_6(SO_4)_4(OH)_6$), Limonita, Goethita ($Fe_3O(OH)$), Hematita (Fe_2O_3), asociados a Escorodita ($AsO_4Fe_2H_2O$). Este último mineral es producto de la oxidación de la Arsenopirita ($FeAsS$), el cual se presenta asociado a la Pirita (S_2Fe). Estos dos últimos minerales se presentan ocasionalmente conformando pequeños remanentes o núcleos aislados inalterados.

1.2.2.5. Tajo Clarita:

a) Ubicación:

El Tajo Clarita está ubicado entre las siguientes coordenadas:

Norte	9103000	9104500
Este	827500	828500

b) Litología:

Los afloramientos presentes en el área de Clarita está constituido por intercalaciones de cuarcitas gris clara de tono pardusco, de textura sacaroidea de grano medio a grueso, con intercalaciones esporádicas de limolitas y lutitas grisclaras; esta secuencia de estratificación está definida como el miembro D de la Formación Chimú que aflora en la zona.

Miembro "D".- Consta de una potente secuencia de cuarcitas y areniscas blancogrisáceas, de grano medio a grueso, en capas decimétricas, con ocasiona las intercalaciones decimétricas de limolitas plomizas. Aflora en las partes superiores de la Mina Santa, notándose mejor en los cortes de la carretera que va de Santa Rosa hacia Huamachuco, como Antarky, Clarita, Cerro blanco, etc. Su potencia es aproximadamente 150 m.

c) Alteración:

Caracterizada por la presencia del ensamble cuarzo, sericita, pirofilita, diáspora, dumortierita, indican que las cuarcitas fueron afectadas por actividad hidrotermal.

La silicificación con moderada intensidad, es el tipo de alteración más importante que probablemente ha sucedido en varias etapas como se deduce por una fase temprana de brechamiento hidrotermal ó flujo continuo de gas producido por finas y numerosas micro venillas con textura anastomosada rellenas con cuarzo molido que posteriormente fue totalmente cementado por cuarzo hidrotermal; el cuarzo hidrotermal formado en la mina Santa Rosa en la última fase, es de grano grueso y que típicamente rellena espacios abiertos; la roca huésped cuarcita silicificada de grano medio es la más favorable para alojar mineral aurífero económico en Clarita.

La sericitización es un mineral ubicuo en todo el recurso en cantidad moderada, y ocurre en finas micas, así como también en venillas por doquier; aparentemente su presencia está asociada a la mineralización aurífera tal como lo reporta el laboratorio de S.G.S valores porcentuales débilmente anómalos de potasio y aluminio.

El ensamble argílico de pirofilita y caolinita es débil y se acentúa eventualmente con los horizontes de lutita, transformándola a esta última en masas de color blanco grisáceo untuosos al tacto.

Esporádicamente, la presencia de diáspora en cristales muy finos, tapizando lascaras de algunas fracturas de los diversas unidades de rocas que conforman este paquete litológico y que se hace más notorio por el contraste de color en las fracturas / caras de la cuarcita.

En conclusión, se puede afirmar con alto nivel de certeza que cantidades adicionales de cuarzo hidrotermal ha sido depositado produciendo un ambiente favorable/positivo para la deposición tardía de los metales preciosos íntimamente asociados con sílice.

d) Geología Estructural:

Los controles estructurales y estratigráficos de este tipo de depósitos son muy similares a aquellos que ocurren dentro de la Formación Chimú distribuidos en el denominado Corredor Aurífero Septentrional de la Cordillera Occidental de los Andes.

Las soluciones mineralizantes generalmente ascendieron y depositaron oro a lo largo de las zonas con buzamientos altos de brechamientos por cizallas, tectónico y/o hidrotermal, así como también a lo largo de anchos halos (decenas de metros) producido por delgados y fuertemente argilizados dikes/sills de andesita especialmente asociada a la mineralización, como eventualmente se observa en los actuales tajos de la mina Santa Rosa. Además, las soluciones se movieron lateralmente de las estructuras mayores alimentadoras (feeders) y se extendieron a lo largo de unidades sedimentarias favorables produciendo mineralización mantecada de origen de reemplazamiento.

e) Mineralización:

La mineralización aurífera es epitermal del tipo de alta sulfuración (ácido sulfato) que se caracteriza por una omnipresencia de cuarzo, sericita, pirofilita, diáspora que sumado al patrón geoquímico determinado, es muy similar a depósitos de alta sulfuración tales como La Virgen, La Arena, El Toro, entre otros, dentro de las rocas encajonantes sedimentarias del Cretáceo inferior ligeramente/moderadamente plegadas.

El oro es libre y visible, ocurre en finísimas laminillas entre 5-10 micras de diámetro y con una pureza de aproximadamente 850 basado en la comparación visual de color con muestras de conocida pureza; también existe oro libre invisible.

La ocurrencia del oro de Clarita, en general es de tamaño bastante fino y su fácil accesibilidad al proceso metalúrgico se demuestra por su rápida recuperación con un alto porcentaje de oro extraíble por cianuración. Pruebas de cianuración en botellas y en columnas confirman cuan dócil es este recurso aurífero.

1.2.3. Estratigrafía

Se tiene definida la secuencia estratigráfica y su relación con la mineralización en el distrito de Santa Rosa, para ello se realizó anteriormente el levantamiento de secciones estratigráficas en zonas del distrito tales como Tentadora, Sacalla, Seductora y Cementerio con el objetivo de identificar los diferentes miembros litológicos que constituyen la Formación Chimú, su correlación dentro del distrito.

De este modo se ha llegado a definir cinco (5) miembros característicos dentro de la Formación Chimú, habiéndose determinado en cada caso su mayor o menor favorabilidad en el proceso de mineralización.

La base de la secuencia estratigráfica está constituida por una serie monótona de lutitas carbonáceas y limolitas grises con ocasionales intercalaciones de areniscas y cuarcitas lenticulares hacia el techo, correspondiente a la Formación Chicama de edad Jurásico Superior.

Estos sedimentos se depositaron en cuencas profundas, confinadas y pobres en oxígeno, como lo demuestran la fauna de ammonites reportada y la abundancia de materia carbonosa y piritita diagenética.

La Formación Chicama pasa gradualmente a las cuarcitas, areniscas y lutitas de la Formación Chimú. Esta Formación de edad Neocomiano Inferior- Medio (Cretácico Inferior) tiene un espesor aproximado de 800 a 1000 m y representa una secuencia regresiva característica de medios sedimentarios continentales de transición, zonas costeras pantanosas y manglares con ocasionales capas de carbón y extensas barras arenosas típicas de ambientes fluvio-deltaicos.⁵

1.2.3.1. Descripción estratigráfica

⁵KARLA YULISSA ORTEGA ARICA. Tesis, “Recuperación de oro desde soluciones cianuradas por intercambio iónico en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. Lima, Perú 2009.

a) Formación Chicama

Potencia 1050m. Es una unidad gruesa de lutitas gris oscuras fosilíferas bien laminadas de aspecto pizarroso del Jurásico Superior. Así mismo se observa la presencia de un horizonte mediano de caliza muy próximo al contacto con la Formación Chimú en las quebradas Maleta y Desaguadero vecindad de la mina COMARSA.

Formación chimú:

Potencia 850 m. es una secuencia de Ortocuarzitas y areniscas con intercalaciones de lutitas, limolitas y con un contenido de mantos lenticulares de carbón en la parte inferior de la unidad. Pertenece al Cretáceo Inferior de edad Valanginiana Inferior a Medio. Su distribución es amplia, aflorando en la Mina COMARSA, en el pueblo de Angasmarca y en la vecindad de estas.

Los cinco miembros de la Formación Chimú, que aparecen en el mapa geológico de la base hacia el techo son los siguientes:

Miembro A (espesor: 150-200 m) delgadas intercalaciones de areniscas de grano fino a medio, limolitas y lutitas gris oscuro, con horizontes de cuarcita y capas lenticulares de carbón hacia el techo. Esta unidad sobreyace directamente a la Formación Chicama, se le atribuye una edad Neocomiano Inferior (TajoSacalla, Cochavara).

Miembro B (espesor: 60-150 m) cuarcitas y areniscas blanco grisáceas de grano medio, en capas decimétricas, con intercalaciones de limolitas y lutitas hacia el techo. Constituye el horizonte mineralizado más importante (Tajos Tentadora, Sacalla y Seductora).

Miembro C (espesor: 150-200m) intercalaciones de bancos de cuarcitas con paquetes de limolitas, lutitas grises, areniscas y cuarcitas en capas centimétricas. En la base se desarrollan localmente capas lenticulares de carbón. En el techo finas intercalaciones

de lutitas, areniscas y cuarcitas con ocasionales capas lenticulares de calizas micríticas y calcarenitas gris oscuro con restos de turrítelidos (Tajos Tentadora, Sacalla).

Miembro D (espesor 100-350 m) Potente secuencia de cuarcitas y areniscas blanco grisáceas de grano medio a grueso en capas decimétricas, con ocasionales intercalaciones centimétricas de limolitas, lutitas y esporádicos lentes de calizas micríticas gris oscuro. decimétricas a métricas de limolitas, lutitas y cuarcitas en el techo. (Tajo Antarki, Clarita).

b) Formación Santa

Potencia 150 m. Suprayace a las cuarcitas del Chimú, caracterizada por la presencia de Calizas oscuras fosilífera intercalada con limolita gris amarillentas u oscuras y lutitas limosos de color gris oscuro. Pertenecen al Cretáceo Inferior de edad Valanginiano medio al superior.

c) Formación Carhuaz

Potencia 940m. Hacia la parte inferior es limitado por Bancos de yeso, y la secuencia restante consiste en intercalaciones de lutitas abigarradas con calizas fosilíferas, areniscas limosas gris verde y arenisca blanca crema. Pertenecen al sistema del Cretáceo Inferior de edad Valanginiano superior al Aptiano.

d) Formación Farrat

Potencia +- 250 m. Son areniscas y cuarcitas blancas crema, intercaladas con areniscas conglomerádicas y horizontes delgados de lutitas negras. Son del Cretáceo Inferior de edad Aptiano.

e) Formación Inca

Potencia 100 m. Intercalación de Lutitas pardas con calizas oolíticas gris oscuras y calizas arenosas gris oscuro a parda. Pertenecen al sistema del Cretáceo Inferior de edad Albiano Inferior.

f) Formación Chulec:

Potencia +- 450m. Secuencia de Calizas arenosas, margas de colores oscuros con intercalaciones de lutitas negras fosilíferas, horizontes delgadas de calizas nodulares y arenosas de color pardo claro. Son del sistema del Cretáceo Inferior de edad Albiano medio.

MAGMATISMO	ESTRATIGRAFIA		DESCRIPCION	MINERALIZACION
	LOGRINA ESTRATIGRAFICA	CUARTO SUPER		
	MIEMBRO E	Intercalaciones centimétricas a métricas de cuarzitas, areniscas, limolitas y lutitas. Capas lenticulares de carbón en la base. Espesor de 100 - 120 metros.	6. Oro coluvial: Au en arenas coluviales al pie de los principales depósitos (ej.: Tentadora Coluvial).	
	MIEMBRO D	Potente secuencia de cuarzitas y areniscas blanco-grisáceas de grano medio a grueso en capas decimétricas, con ocasionales intercalaciones decimétricas a métricas de lutitas, limolitas y cuarzitas hacia el techo. Espesor 200 - 350 m.	5. Vetas lenticulares Au-Ag-As-Sb-Cu±Bi±W emplazadas en las secuencia de cuarzitas y areniscas de los miembros B y D (ej.: Ucumani, Colorado).	
	MIEMBRO C	Intercalaciones de bancos de cuarzitas con paquetes de limolitas, lutitas, areniscas y cuarzitas en capas centimétricas. En la base de desarrollo local de capas lenticulares de carbón. En el techo finas intercalaciones de lutitas, areniscas y cuarzitas. Espesor 150 - 200 m.	4. Mineralización Au+Ag±As estructuralmente controlada por brechas, stockworks, venillas y diseminaciones y en estructuras manteadas en las secuencia de cuarzitas y areniscas de los miembros B y D con desarrollo preferente hacia el techo y en los contactos con las intercalaciones arcillosas de los miembros C y E (ej.: Sacaña, Tentadora y Seductora).	
	MIEMBRO B	Areniscas y cuarzitas blanco-grisáceas de grano medio, en capas decimétricas, con intercalaciones de limolitas y lutitas hacia el techo. Espesor 60 - 150 m.	3. Mineralización Au-Ag±As controlada en brechas stockworks, venillas y diseminaciones en estructuras lenticulares y maniformes dentro de capas y paquetes de cuarzitas y areniscas interestratificadas con lutitas y limolitas, especialmente en la base de los miembros C y E (ej.: Seductora, Antarká y Giuliana). También en estructuras maniformes en capas de cuarzitas intersectadas por vetas poliméticas (ej.: Wolframéd).	
	MIEMBRO A	Fm. Dyón (?) Paqueta de areniscas, limolitas y lutitas con intercalaciones de cuarzitas, más abundantes hacia el techo. Ocurriencia de capas lenticulares de carbón hacia el techo. Espesor 150 - 200 m.	2. Au-Ag-Cu-(As-Sb-Bi) en vetas, venillas, lentes y diseminaciones estratificadas en areniscas y cuarzitas, en proximidad de diques fallas y estructuras favorables (ej.: Chungues).	
	Fm. CHICAMA	Secuencia monotona de lutitas pizarrosas y limolitas gris oscuro con intercalaciones ocasionales de areniscas y cuarzitas lenticulares. Espesor 1000 m.	1. Stockworks, venillas y diseminaciones Au-Ag±As en el contacto de intrusivos pórfido feldespático con lutitas y limolitas del miembro A y la Fm Chioama (ej.: Ato Chira).	

(C. ECHO 2005)

Figura 3: Columna Estratigráfica de la Mineralización

Fuente: Geología mina-COMARSA - 2011

1.2.4. Geología Estructural

El Distrito minero de Santa Rosa está configurado por un gran sinclinorio de 3.5 Km. de anchura, con rumbo andino NW-SE y que afecta a todos los miembros de la Formación Chimú.

La diferente competencia de las capas de cuarcitas, con relación a limolitas y lutitas que son más plásticas e incompetentes, origina pliegues suaves en las cuarcitas y un plegamiento más complejo y disarmónico en las capas plásticas.

Hemos identificado dos sistemas de fallas principales; paralelas al eje de los pliegues y ortogonales a la dirección de acortamiento andino; y otro sistema de rumbo N-E a E-W que corta al anterior.

Las estructuras N-W a N-E son las más antiguas y posiblemente han funcionado de forma diferente conforme ha variado la orientación del esfuerzo principal: bien como fallas de rumbo, durante periodos de colisión oblicua de las placas, fallas inversas durante episodios de colisión ortogonal, o como fallas normales durante periodos de relajamiento de los esfuerzos. Estas fallas constituyen importantes lineamientos mineralizados como el corredor Tentadora-Seductora-Giuliana en el flanco oriental del Sinclinorio de Santa Rosa.

Las estructuras NE a E-W son fallas de transferencia, aproximadamente perpendiculares, al rumbo del arco andino y tienen su mejor expresión en el corredor estructural de la Falla San Francisco que atraviesa el tajo Tentadora.

La indudable importancia metalogénica de estas estructuras transversales ha sido recientemente reconocida en este sector de la Cordillera y en otros importantes distritos mineros (Yanacocha, Cerro de Pasco, Antamina).

La intersección de fallas de ambos sistema crea el espacio necesario para el emplazamiento de los domos volcánicos e intrusivos hipabisales de edad Terciaria y

controla la localización de los principales yacimientos minerales conocidos en Santa Rosa.

El Distrito minero de Santa Rosa está configurado por un gran sinclinorio de 3.5 km de anchura, con rumbo andino NNW-SSE y que afecta a todos los miembros de la Formación Chimú (mapa geológico y secciones). La diferente competencia de las capas de cuarcitas, las limolitas y lutitas, mas plásticas e incompetentes, origina pliegues suaves en la cuarcitas y un plegamiento más complejo y disarmónico en las capas plásticas. De este modo muchas de las fallas observadas tienden a desarrollarse a favor de los contactos de cuarcita con lutita/limolita aprovechando la ductilidad de estas últimas. Igualmente las capas de carbón han funcionado como horizontes de despegue desarrollando fallas dúctiles. Por el contrario las cuarcitas, más competentes, han actuado de forma frágil frente a los esfuerzos, fracturándose intensamente en las zonas de falla (cataclasis), originando brechas y bandas de cataclasitas. Estos canales de elevada permeabilidad han sido utilizados posteriormente para la circulación de fluidos hidrotermales y como lugares favorables para la deposición mineral.

Hemos identificado dos sistemas de fallas principales; uno de rumbo NNW a NNE, paralelo al eje de los pliegues y ortogonal a la dirección de acortamiento andino; y otro sistema de rumbo NE a E-W que corta al anterior. Las estructuras NNW a NNE son las más antiguas y posiblemente han funcionado de forma diferente conforme ha variado la orientación del esfuerzo principal: bien como fallas de rumbo, durante periodos de colisión oblicua de las placas, fallas inversas durante episodios de colisión ortogonal, o como fallas normales durante periodos de relajamiento de los esfuerzos. Estas fallas constituyen importantes lineamientos mineralizados como el corredor Tentadora-Seductora-Giuliana en el flanco oriental del Sinclinorio de Santa Rosa. Las estructuras NE a E-W son fallas de transferencia, aproximadamente perpendiculares, al rumbo del

arco andino y tienen su mejor expresión en el corredor estructural de la Falla San Francisco que atraviesa el tajo Tentadora. La indudable importancia metalogénica de estas estructuras transversales ha sido recientemente reconocida en este sector de la Cordillera y en otros importantes distritos mineros (Yanacocha, Cerro de Pasco, Antamina).

La intersección de fallas de ambos sistemas crea el espacio necesario para el emplazamiento de los domos volcánicos e intrusivos hipabisales de edad Terciaria y controla la localización de los principales yacimientos minerales conocidos en Santa Rosa.

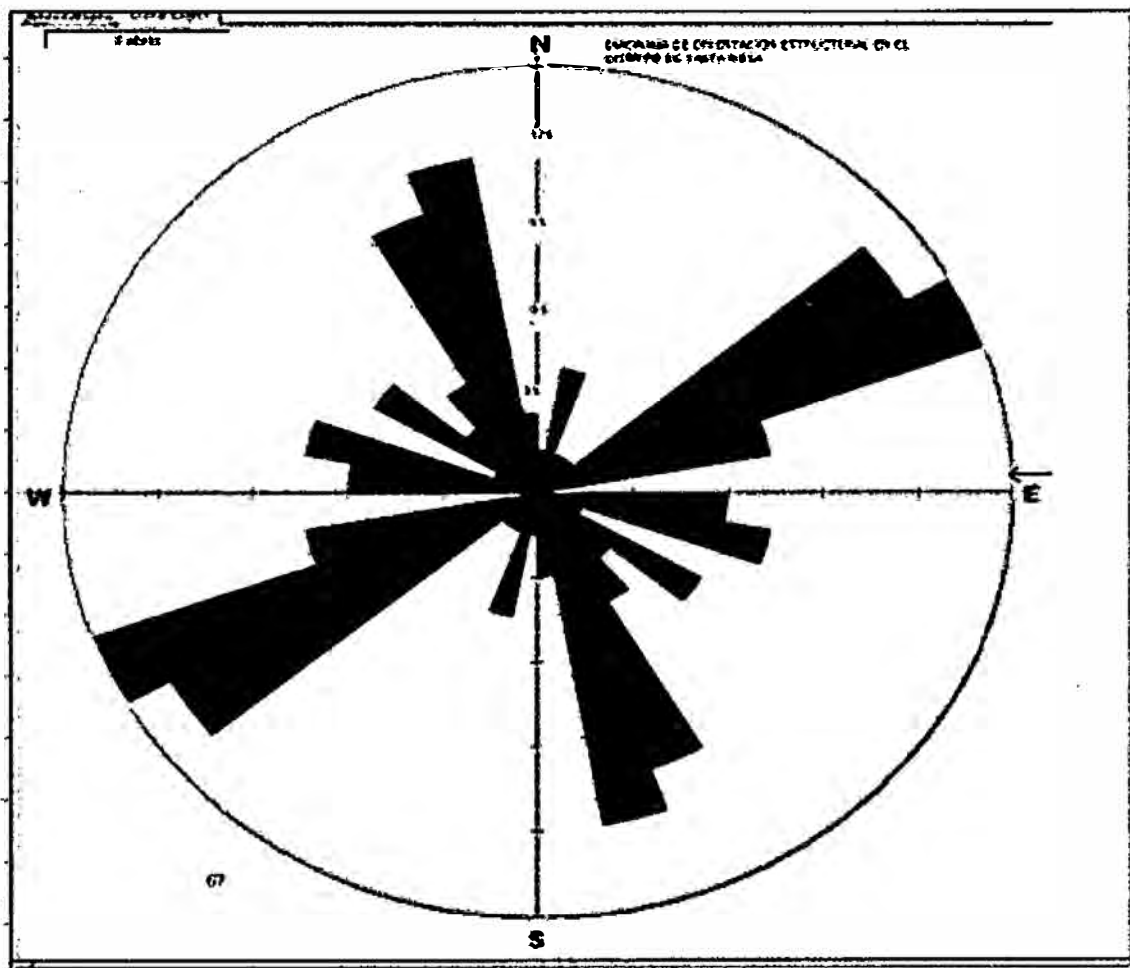


Figura 4: Diagrama de Orientación de Estructuras - COMARSA

Fuente: Área de Geología - COMARSA - 2011

1.2.5. Magmatismo

El distrito de Santa Rosa está localizado muy próximo al contacto oriental del cinturón volcánico Calipuy, constituido por una potente secuencia de lavas y rocas piroclásticas andesíticas de edad Oligoceno superior-Mioceno inferior. Dentro del distrito no se han identificado rocas volcánicas; posiblemente estas han sido erosionadas en el transcurso del tiempo. La actividad magmática está por tanto limitada a la existencia de diversos cuerpos intrusivos que aparecen en forma de stocks y diques y sills de pequeñas dimensiones emplazados en la secuencia sedimentaria de las Formaciones Chicama y Chimú.

El intrusivo principal es el stock de Llamo Llamo, que aflora en el cerro del mismo nombre, en el borde occidental del distrito. Este cuerpo tiene unas dimensiones aproximadas de 3 km x 1-1.5 km y una elongación de rumbo NW-SE.

Llamo Llamo es un pórfido de textura hipidiomórfica con fenocristales de plagioclasa, biotita, hornblenda y muy débil presencia de cristales de cuarzo (1%-2%). Este stock se emplaza en la base de la Formación Chimu, allí donde el contraste geológico entre las cuarcitas competentes de Chimú y las limolitas plásticas de la Formación Chicama genera el espacio y las condiciones favorables para la intrusión. El intrusivo se presenta extensamente alterado a arcillas-pirita-sericita, y desarrolla en ocasiones venillas y stockworks de cuarzo-jarosita-goethita con contenidos variables de oro-plata-arsénico, principalmente en el sector de Alto Chira.

Al norte de Llamo Llamo se encuentra el domo dacítico de Chuca. Este cuerpo se extiende con rumbo NNE y muestra una longitud aproximada de 3 km y una anchura máxima en su parte central de 1 km. Presenta una textura porfírica con cristales bipiramidales de cuarzo (30%-35%) y biotita (10%) en una matriz afanítica gris claro

ligeramente argilizada. Este cuerpo se emplaza en la base de las areniscas y cuarcitas del Miembro D de la Formación Chimú.

Dentro de la Formación Chimú se encuentran pequeños diques y sills de pórfido feldespático, fuertemente alterados a arcilla-pirita-sericita y siempre relacionados con la mineralización aurífera, como en los casos de Sacalla, Tentadora, Chancadora, Ucumali y Colorado.

El emplazamiento de los cuerpos magmáticos está controlado por las estructuras de rumbo NNW y NE, preferentemente en la intersección de ambos sistemas. El nivel de emplazamiento de los cuerpos principales de pórfido feldespático parece estar ubicado en la base de la Formación Chimú, si bien es cierto que se pueden encontrar pequeños diques y sills emplazados a favor de estructuras favorables hasta la base del Miembro E superior

1.3. Antecedentes del estudio

Actualmente se desarrolla una explotación de mina de aproximadamente 4.5 millones de toneladas mensuales, entre 1.6 millones de mineral y 2.9 millones de desmonte, respectivamente para la obtención de 14000 Oz/mes. De oro, después de dos meses de regado en el Pads.

Durante las primeras fases de extracción de mineral, se contaban con equipos ligeros para el trabajo, año tras año se han ido incrementando y modernizando los equipos de producción, ya sea tractores, cargadores frontales, excavadoras etc., lo que garantiza una producción de acuerdo a los programas que desarrolla la alta gerencia de la empresa.

Posteriormente, la mina viene creciendo en sus operaciones conforme fueron encontrando nuevos tajos, tales como Sacalla, Clarita, Seductora, y Cochavara.

Para este tipo de trabajo no se encontró trabajo similar anterior, encontrándose únicamente la distribución de equipos de carguío y acarreo disponibles, por parte de

control de equipos sin tener en cuenta las condiciones de diseño de minado y condiciones geométricas del equipo de carguío.

- ✓ Como características Geomecánica (altura de banco, talud de operación y de trabajo, ancho de banco, tipo de roca)
- ✓ Como características geométricas del equipo de carguío (capacidad y forma geométrica de la cuchara, longitud de la pluma, potencia del motor etc.).

1.4. Definición y formulación del problema

1.4.1. Definición del problema

La industria minera por la naturaleza de los trabajos, requiere de equipos de carguío capaces de trabajar en forma continua durante el tiempo que dure la extracción del material. Asimismo estos equipos son seleccionados en función de diversos parámetros de diseño de la mina, para que la actividad extractiva sea óptima.

La COMPAÑÍA MINERA AURÍFERA SANTA ROSA S.A-COMARSA, ha tenido un crecimiento bastante grande. Comenzaron tratando 300 toneladas de mineral al mes y ahora trata 2 millones de toneladas al mes. La empresa trabaja con una ley pobre de 0.3 gramos de oro por tonelada de mineral, por esta razón debe tener el soporte de maquinaria que tenga altos rendimientos para optimizar la producción. La relación entre el equipo de carguío y unidad de acarreo tiene que ser ideal, para eliminar las demoras operativas y no operativas en la extracción de material.

Los equipos que se utilizan en COMARSA son de mediana capacidad en cuanto se refiere a los vehículos de acarreo de 15 m³ y excavadoras de 3.5 a 5 m³ de capacidad de cuchara: la explicación del empleo de estos equipos es que la extracción de mineral es selectiva por el tipo del yacimiento de mineral, es un diseminado de Oro-Plata de baja ley, al realizar la voladura se delimita las zonas de mineral y estéril mediante la

polígonación que hace el área de geología. Las excavadoras cargan con la mínima dilución del mineral.

En la Unidad Minera Santa Rosa el problema identificado es la limitación que se tiene de excavadoras, el trabajo ejecutado es con excavadoras que se entregan disponibles, asignándose a cada frente de minado mediante la programación que realiza el área de control de equipos, sin tener en cuenta una metodología de selección que consideren parámetros de minado y características técnicas fundamentales de las maquinarias, presentándose problemas durante la operación como por ejemplo, cuando el minado se desarrolla en un solo carril con una excavadora que tiene la longitud de la pluma que tiende a aproximarse al ancho de operación.

1.4.2. Formulación el problema

Los problemas que nos planteamos en función de las definiciones anteriores son:

1.4.2.1. Problema General

El problema identificado en el TAJO CLARITA de la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa, es la baja eficiencia y el incremento del costo de operación de los equipos de carga y acarreo para la extracción de material de los frentes de trabajo, donde se observa los tiempos de espera de los equipos de acarreo y carguío y el tráfico de los volquetes debido a una mala programación.

- ¿En qué medida la carencia de una metodología adecuada para la selección de equipo de carguío para la extracción de material en el TAJO CLARITA influyen en la optimización de la producción?

1.4.2.2. Problema específicos

- ¿Cómo influye el diseño de minado del tajo y las características técnicas fundamentales de las excavadoras de marcas VOLVO, CATERPILLAR y KOMATSU, en la selección de equipo de carguío?

- ¿Cuáles son los costos horarios por metro cúbico de las excavadoras, que influye en el costo de operación?
- ¿Cómo influyen las condiciones geomecánicas del macizo rocoso en el rendimiento de los equipos?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

Determinar una metodología de selección de equipos de carguío, para optimizar la producción del tajo clarita en la compañía minera Santa Rosa – COMARSA.

1.5.2. Objetivo específicos

- Determinación de los parámetros de diseño del tajo abierto para la selección del equipo de carguío según especificaciones técnicas de los fabricantes de las excavadoras de marcas VOLVO, CATERPILLAR y KOMATSU.
- Calcular el costo unitario horario y por metro cubico de las excavadoras seleccionadas, para analizar su influencia en los costos de operación.
- Evaluar la condición Geomecánica del macizo rocoso para lograr el rendimiento de los equipos a los estándares sugeridos por los fabricantes.

1.6. Formulación de hipótesis

1.6.1. Hipótesis general

Con la implementación de una metodología de selección de equipos de carguío, lograremos optimizar la producción del TAJO CLARITA, cumpliendo la mejora continua planteada por la empresa minera Santa Rosa – COMARSA

1.6.2. Hipótesis específicas

- Se logrará determinar los parámetros de diseño del tajo y las características técnicas fundamentales de las excavadoras de marcas VOLVO, CATERPILLAR y KOMATSU.
- Se logrará determinar la influencia de los costos horarios por metro cubico, en la operación de la compañía minera Santa Rosa - COMARSA.
- Los parámetros geomecánicos influyen significativamente en el rendimiento de los equipos de carguío en la operación de la compañía minera Santa Rosa - COMARSA.

1.7. Variables y definición operacional de variables

Se especifica en el cuadro siguiente.

Cuadro 3

Variables y definición operacional

VARIABLES	INDICADORES	INDICES
1. Variable Independiente: <i>Equipo de carguío</i>	Plan de minado a corto plazo	Volumen y tonelaje
	Parámetros de diseño del tajo	Ancho, altura y talud de banco
	Especificaciones técnicas	Características técnicas de equipos
	Características Geomecánica	Tipo de yacimiento, roca.
2. Variable Dependiente: <i>Optimizar la producción en el TAJO</i> <i>CLARITA</i>	Ciclo de trabajo	Minutos
	Rendimiento de equipo de carguío	Tasa de producción-Toneladas por hora
	Relación óptima entre excavadora y volquete- Mach Con.	Número de pases para el llenado de la tolva del volquete.
	Equipos de acarreo	Número de volquetes



1.8. Metodología de la investigación

1.8.1. Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo descriptivo explicativo y del nivel aplicativo.

1.8.2. Método y diseño de investigación

El presente trabajo se realizará con un método y diseño comparativo consistiendo en organizar deliberadamente condiciones, que permitan al grupo experimental ser manipulados y medidos, con el fin de investigar las posibles relaciones Causa-efecto, exponiéndose a la acción de una variable y contrastando los resultados. Luego se procede a la aplicación de la variable independiente y posteriormente se evalúa al grupo que contiene a la variable dependiente:

La metodología de selección de un equipo de carguío para la operación, se obtendrá realizando la evaluación de cada factor involucrado (diseño de tajo, características técnicas de equipos y costos), para seleccionar la excavadora más eficiente para el frente de minado. Las máquinas están diseñadas con parámetros que muestran las condiciones en las que trabajan alcanzando su máximo rendimiento, como su estructura geométrica, potencia, capacidad de carga, fuerza de desgarre y ahorro de tiempo para cumplir con el trabajo para el cual fue diseñado.

El plan elegido para alcanzar nuestro objetivo es el estudio mediante el análisis de los rendimientos alcanzados por cada equipo para que al haber culminado el trabajo se logre incrementar la eficiencia de los equipos, producción y reducción de los costos de operación, etc.

1.8.3. Población

1.8.3.1. Características y delimitaciones

El presente trabajo se realizará en la Unidad Minera COMARSA, que tiene una población de 23 excavadoras, 26 cargadores frontales, las que laboran en tres guardias.

1.8.3.2. Ubicación espacio-temporal

En la compañía Minera Aurífera Santa Rosa – COMARSA, ubicada en la sierra norte de la provincia de la Libertad, a una altitud que bordea los 3600 msnm. Se desarrollan sus operaciones mineras que consisten en la explotación de un yacimiento de óxidos de oro y plata que se encuentran diseminados.

1.8.4. Muestra

Se eligió la zona de estudio el tajo clarita y tres equipos de carguío de tres de las marcas VOLVO, KOMATSU Y CATERPILLAR

1.8.4.1. Técnicas de muestreo:

No Probabilístico.- Se considera un muestreo no probabilístico por que la selección no depende de la probabilidad, sino de causa relacionadas con las características del investigador, es decir se basa en la toma de decisiones. Por tanto se elige una muestra intencional para el criterio de evaluación de características de diseño para que esta sea representativa.

1.8.5. Descripción del trabajo

El presente trabajo en la UNIDAD MINERA SANTA ROSA-COMARSA, consistirá en determinar una metodología de selección de equipo de carga que optimice la producción, puesto que en toda operación minera de superficie uno de los principales problemas observados es la baja producción, producto de la utilización de equipos no adecuados para el trabajo asignado, teniendo como consecuencias principales: El incremento de los costos unitarios de operación.

Durante el estudio del trabajo se analizará el costo unitario de las excavadoras, diseño de minado, cualidades Geomecánica, característica de las excavadoras, etc.

1.8.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

1.8.6.1. Etapas de la experimentación

- **Colecta de datos.**- El cual se realizará recopilando los siguientes datos: producción mensual, equipos de carguío disponibles, diseños de bancos, equipos de acarreo disponibles, distancia total de vías.
- **Pruebas de rendimiento.**-Se realizará las pruebas del rendimiento de los equipos de carga en cada uno de los frentes de minado.
- **Diseño experimental de la metodología de Selección.**-Se diseñará en base a los datos recolectados y la prueba de rendimiento, en un tiempo estimado de una semana.
- **Prueba en campo.**-Se realizará el programa de selección y reemplazo de equipos previamente basada en la simulación en gabinete y luego se monitorizara durante una semana.
- **Análisis de resultados.**- Se contrastará con los rendimientos teóricos de cada maquinaria para ver la validez del trabajo ejecutado.

1.8.7. Procesamiento y análisis de datos

Los datos a recopilar serán básicamente los siguientes:

- Producción mensual y anual.
- Equipos de carga con los cuales cuenta la unidad.
- Parámetros de diseño de los equipos
- Longitud de vías.
- Equipos de acarreo disponibles.
- Rendimiento de los equipos

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Descripción de los procesos de explotación

2.1.1. Nivel de Explotación de estéril

La disposición de desmonte en los Botaderos será de la siguiente forma:

- Desmonte del tajo Clarita en el Bot. SA-09 y Bot. SE-03.
- Desmonte del tajo Cochavara se depositara en el Bot. CO-01.
- Desmonte del tajo Sacalla en el Bot. SA-05.
- Desmonte del tajo Seductora en el Bot. TE-02.

2.1.2. Nivel de explotación de mineral

Se considera la elaboración del programa de minado de los siguientes tajos: Clarita, Cochavara, Sacalla y Seductora. Los objetivos en el Plan de minado 2013, será de cumplir con la obtención de los siguientes resultados: Resumen de Objetivos del plan de Minado 2013 – COMARSA

Cuadro 4
Plan de minado 2013- COMARSA

INDICADORES	PLAN 2013
TM MINERAL	26 250 000
Ley: g Au TM	0.266
TM DESMONTE	36 800 000
Relación: D/M	1.4
TM TOTALES (Mineral + Desmonte)	63 050 000
% Recuperación Metalúrgica Ponderada	70%
PRODUCCION Au	157 126
Nº FRENTES CARGUIO (Mina)	12
Nº VOLQUETES (Mina)	113
Nº VOLQUETES TOTALES (Mina + Otras Áreas)	153

Fuente: Área de Planeamiento mina-COMARSA - 2013

El programa de trabajo, considera 12 meses de operación de Enero a Diciembre del 2013.

Los días de operación de la mina y planta serán de 365 días.

El periodo de operación de los tajos es como sigue:

- Tajo Clarita: de Enero a Diciembre del 2013.
- Tajo Cochavara: de Mayo a Diciembre del 2013.
- Tajo Sacalla: de Enero a Diciembre del 2013.
- Tajo Seductora: de Enero a Diciembre del 2013.

El Mineral extraído de los diferentes tajos será depositado de la siguiente forma:

- Mineral del tajo Clarita al PAD. 20 y PAD 14 SUR.
- Mineral de tajo Cochavara se enviara al PAD. 14
- Mineral del tajo Seductora al PAD. 23 y PAD 16
- Mineral del tajo Sacalla al PAD. 17 y PAD 20.

De acuerdo a una primera evaluación de la capacidad de los Pads, se ha visto por conveniente para el programa del 2013, el desarrollo de los Pad 17 para el mineral proveniente del Tajo Sacalla, esto básicamente por el incremento de la explotación de mineral en este tajo.

2.1.3. Botaderos

En COMARSA, la plataforma del botadero debe tener una pendiente como máxima de 1% para estar dentro de las medidas de seguridad, en la descarga de los volquetes, impidiendo que estos hagan contrapeso hacia atrás. Se tiene como regla general que en un botadero solo debe ubicarse el equipo de empuje y el vigía o cuadrador de volquetes con sus respectivos implementos de seguridad.



Figura 5: Botadero 09 del Tajo Sacalla

Fuente: Operación minera-COMARSA - 2012

2.1.4. Pad de lixiviación

Lugar donde se descarga el mineral, al igual que los botaderos debe asegurarse una pendiente ligera de 1%, con la diferencia de que no se deja berma de seguridad en la cresta del material apilado, ya que por razones de operación el mineral tiene que mezclarse con la cal.⁶

⁶ CHAVARRY Linares Luis Antonio, tesis “Aplicación de sistemas de riego presurizado en el proceso de lixiviación de oro en la Mina santa rosa COMARSA”. La Libertad-Perú, 2008.



Figura 6: Pad 20 del Tajo Clarita y Sacalla.

Fuente: Operación mina- COMARSA - 2012

2.1.5. Planta

La parte fundamental de nuestras operaciones es la extracción del oro y plata partiendo de la lixiviación del mineral de los Pad, una vez almacenado en ellos el mineral extraído de los tajos y acondicionados con la cal necesaria para lograr un PH adecuado para la mejor recuperación de los metales. La lixiviación se hace con una solución cianurada y alcalina que atrapa a los metales al percolar por el pad.

La solución discurre por tuberías que colocadas en el fondo del Pad sobre geomembrana de protección la trasladan a la poza de solución rica (Pregnant) y desde allí es bombeada a la planta donde se encuentran las columnas de carbón activado que recolecta el oro y plata contenido en la solución, que luego es pasado a otra poza de solución pobre (Barren) la cual es repotenciada y bombeada nuevamente hacia los Pads para iniciar una

nueva etapa de lixiviación, como se nota esto completa un circuito cerrado, que no emana nada de solución al medio ambiente.

Después de cargar con oro y plata las columnas con carbón activado los carbones de las columnas son pasados a la planta de desorción a presión en donde se obtiene un cemento conteniendo los metales dicho cemento irá luego al horno de fundición el cual a 1100°C de temperatura, obteniéndose del dicho proceso como producto final las barras doré con contenido de oro y plata.⁷

2.2. Características técnicas de los equipos de carguío

2.2.1. Especificación técnica de la Excavadora EC 700 Volvo

a) Motor

El motor diésel volvo de última generación utiliza la tecnología de combustión avanzada que produce menos emisiones y ofrece rendimiento superior y ahorro de combustible. El motor ajustado Stage IIIA, utiliza inyectores de combustible precisos de alta presión, recirculación interna del escape y controles electrónicos del motor para lograr el máximo rendimiento de la máquina.

b) Sistema eléctrico

Sistema eléctrico de gran capacidad bien protegido. Se utilizan enchufes estancos de doble cierre para los mazos de cables, a fin de garantizar unas conexiones libres de corrosión. Los relés principales y las válvulas de solenoide van protegidos para evitar que resulten dañados. Dispone de un interruptor principal de serie.

⁷ CHAVARRY Linares Luis Antonio, tesis “Aplicación de sistemas de riego presurizado en el proceso de lixiviación de oro en la Mina santa rosa COMARSA”. La Libertad-Perú, 2008.

c) Sistema de giro

El sistema de giro utiliza 2 motores de pistones axiales y reductores planetarios, para lograr máximo par. El freno de retención automático y las válvulas anti-rebote vienen de serie.⁸

d) Sistema hidráulico

El sistema hidráulico, también conocido como "Modo de Trabajo con Detección Automática", está diseñado para conseguir una gran productividad, alta capacidad de excavación, gran precisión y buena economía de combustible. El sistema de suma en pluma, balancín y la prioridad de giro, junto con la regeneración en pluma y balancín proporcionan unas prestaciones óptimas.

e) Cabina

Cabina fácilmente accesible, gracias a la amplia apertura de la puerta. La cabina se apoya en amortiguadores hidráulicos que reducen los niveles de impacto y vibración, lo que, junto con un revestimiento insonorizante, ofrece un bajo nivel de ruido. La visibilidad de la cabina en todas las direcciones es excelente.

f) Dimensiones

Se detallan en el cuadro 5 y figura 7 y 8.

⁸VOLVO Construction Equipment. Manual, "Características técnicas de Excavadora Hidráulica Volvo EC700BLC", 2006.

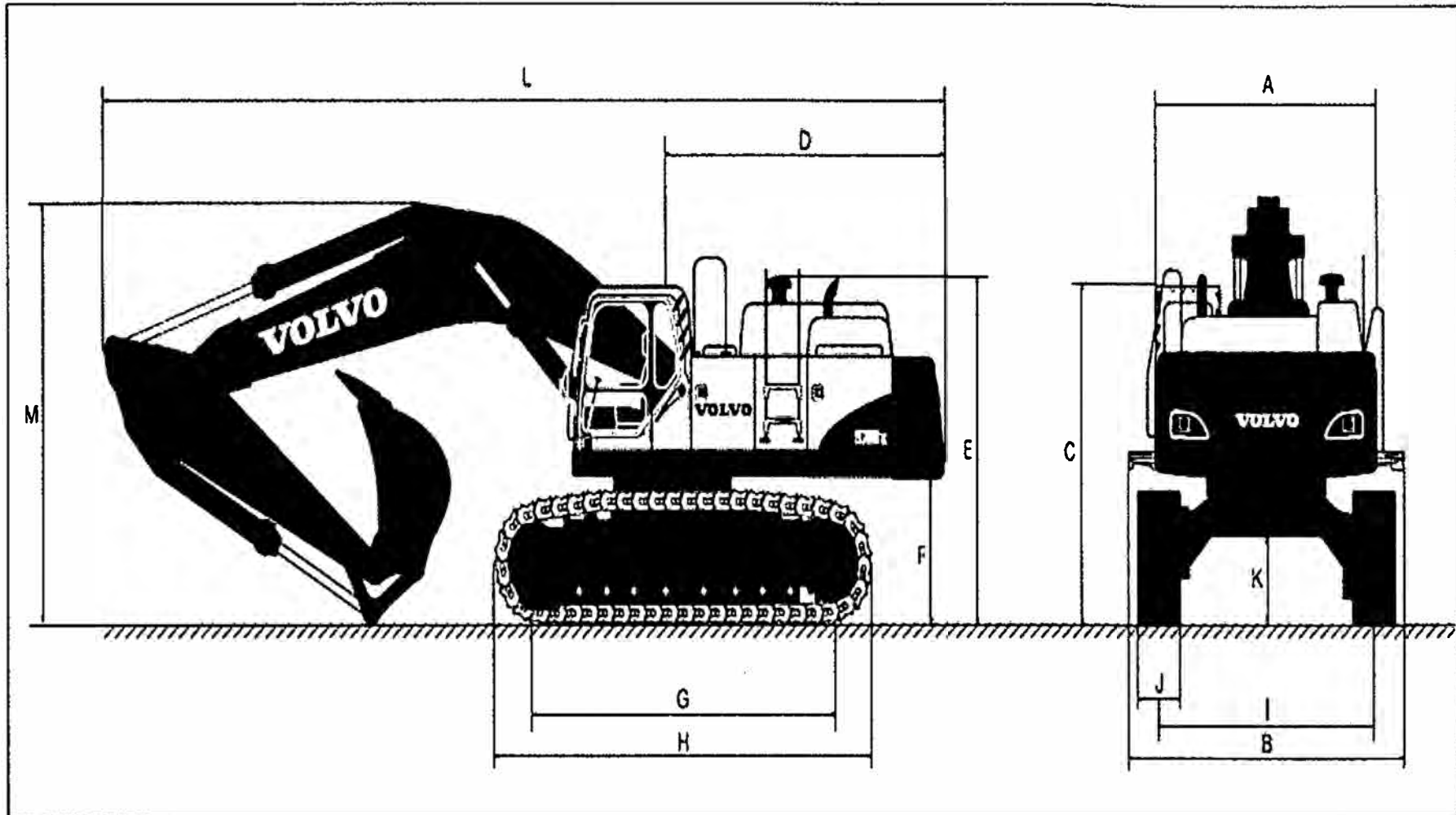


Figura 7: Dimensiones de la excavadora VOLVO

Fuente: Manual de especificaciones técnicas de la excavadora Volvo EC700BL – COMARSA - 2010

Cuadro 5

Características técnicas de la Excavadora Volvo EC700BL

Cadena de 650 mm y contrapeso		Pluma de 6,6 m		Pluma de 7,7 m	
		Brazo de 2,9 m	Brazo de 2,9 m	Brazo de 3,55 m	Brazo de 4,2 m
A. Ancho total de la superestructura	mm	3 420	3 420	3 420	3 420
B. Anchura total	mm	4 286	4 286	4 286	4 286
C. Altura total de la cabina	mm	3 510	3 510	3 510	3 510
D. Radio de giro horizontal de la cota	mm	4 090	4 090	4 090	4 090
E. Altura al prefiltro	mm	3 590	3 590	3 590	3 590
F. Altura del contrapeso *	mm	1 507	1 507	1 507	1 507
G. Distancia entre ejes	mm	4 750	4 750	4 750	4 750
H. Longitud de cadena	mm	5 990	5 990	5 990	5 990
I. Ancho de vía (extendido)	mm	3 350	3 350	3 350	3 350
Ancho de vía (replegado)	mm	2 750	2 750	2 750	2 750
J. Ancho de cadena	mm	650	650	650	650
K. Altura mínima al suelo *	mm	858	858	858	858
L. Longitud total	mm	12 200	13 320	13 220	13 170
M. Altura total a la pluma	mm	4 855	4 660	4 600	4 950

Fuente: Manual técnico de excavadora volvo EC700BL – COMARSA - 2010



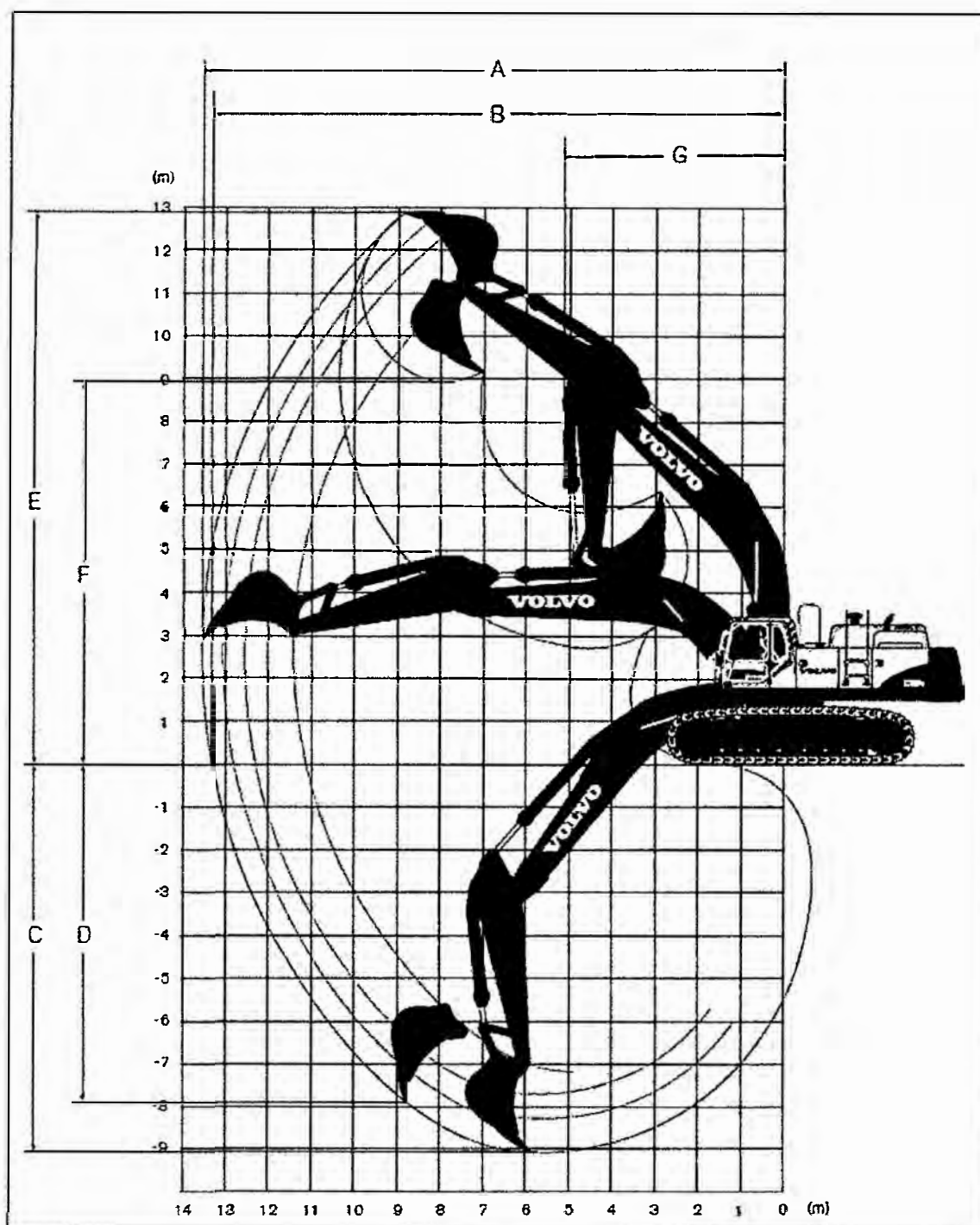


Figura 8: Rango de excavación de la excavadora Volvo EC700BL

Fuente: Manual de especificaciones técnicas de la excavadora Volvo EC700BL

COMARSA - 2010

2.2.2. Especificación técnica de la excavadora PC-600 Komatsu

a) Motor

La PC600-8 obtiene su excepcional potencia y capacidad de trabajo de su motor Komatsu SAA6D140E-5. La potencia de salida es de 323 kW (433 HP). Usando un sistema EGR controlado electrónicamente, el motor suministra alta potencia con un bajo consumo de combustible y cumple las regulaciones sobre emisiones EU Stage IIIA.

b) Sistema hidráulico

Un sistema único de dos bombas garantiza un movimiento combinado suave del equipo de trabajo. ELOLSS (Open Center Load Sensing System) controla todas las bombas para usar eficazmente la potencia del motor. Este sistema también reduce las pérdidas hidráulicas durante el funcionamiento.

c) Sistema de giro

El sistema de doble motor de giro de la PC600-8 proporciona una excelente productividad de giro en desniveles.

Método de accionamiento.....Hidráulico

Reducción de giro..... Reducción planetaria

Lubricación de corona de giro.....Baño de grasa

Bloqueo de giro..... Freno de disco al aceite

Velocidad de giro.....8,3 rpm

d) Cabina

- Bajo nivel de ruido y vibraciones con los soportes amortiguadores de la cabina.
- La cabina de gran capacidad provista de estrechos pilares de esquina ofrece una mejor visibilidad.
- La cabina presurizada evita que entre el polvo de fuera.

e) **Dimensiones:** Se detallan en el cuadro 6 y en las figuras 9 y 10.

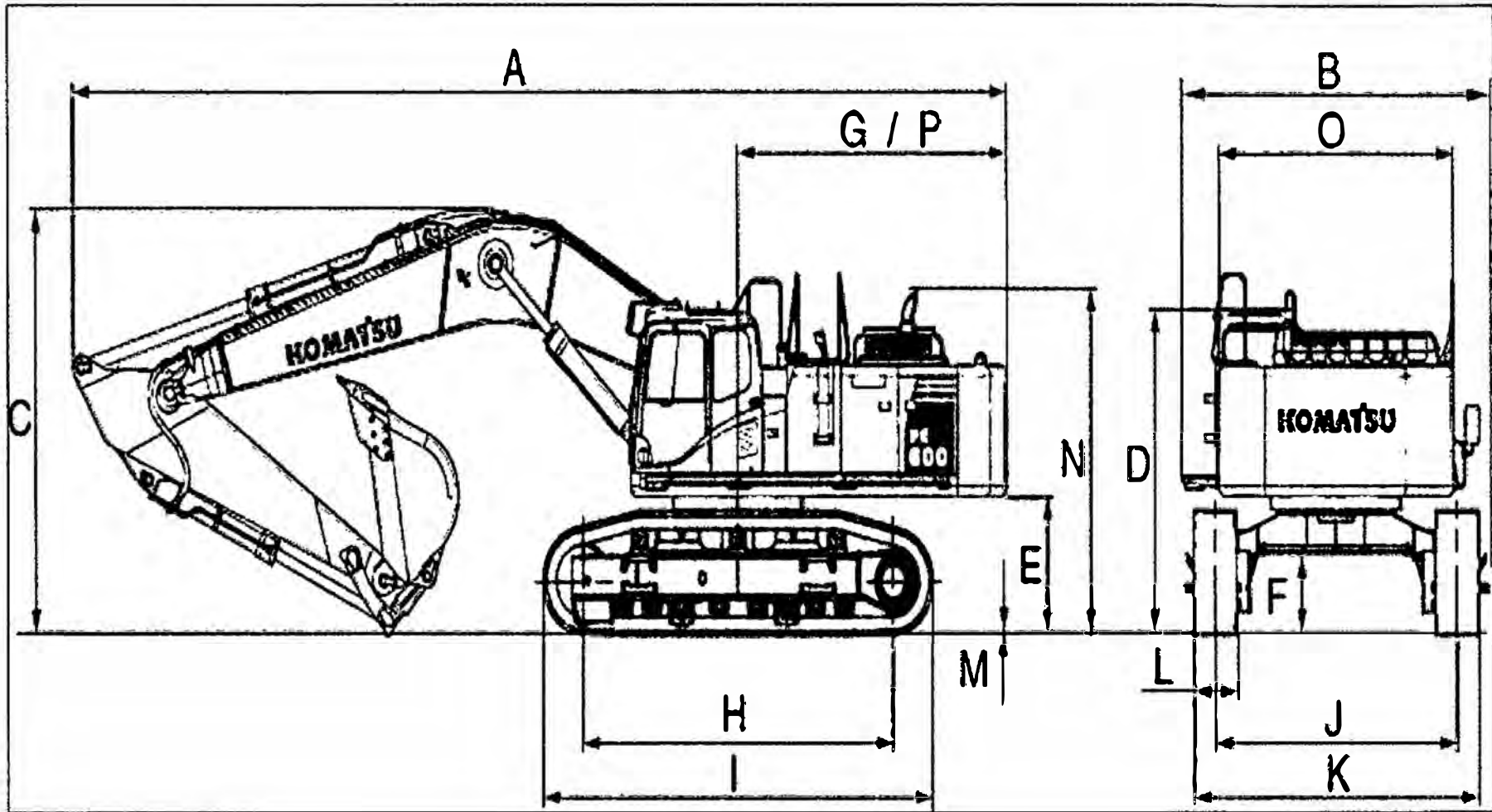


Figura 9: Dimensiones de la excavadora KOMATSU

Fuente: Manual de especificaciones técnicas de la excavadora Komatsu PC600 – COMARSA - 2010

Cuadro 6

Características técnicas de la excavadora KOMATSU

LONGITUD DE LA PLUMA		7.660 mm	6.600 mm	7.300 mm
LONGITUD DEL BALANCÍN		3.500 mm	2.900 mm	3.500 mm
A	Longitud total	12.810 mm	11.830 mm	12.440 mm
B	Anchura total	4.210 mm	4.210 mm	4.210 mm
C	Altura total (hasta la punta de la pluma)	4.300 mm	4.600 mm	4.280 mm
D	Altura total de la cabina	3.290 mm	3.290 mm	3.290 mm
E	Altura libre bajo el contrapeso	1.365 mm	1.365 mm	1.365 mm
F	Altura libre mínima	780 mm	780 mm	780 mm
G	Radio de giro de cuerpo posterior	3.800 mm	3.800 mm	3.800 mm
H	Contacto de orugas con el suelo	4.600 mm	4.250 mm	4.250 mm
I	Longitud de los carros	5.690 mm	5.340 mm	5.340 mm
J	Ancho de vía	2.590 mm	2.590 mm	2.590 mm
	Ancho de vía con los carros extendidos	3.300 mm	3.300 mm	3.300 mm
K	Anchura de los carros	3.900 mm	3.900 mm	3.900 mm
	Anchura de los carros (recogidos)	3.190 mm	3.190 mm	3.190 mm
L	Anchura de las tejas	600 mm	600 mm	600 mm
M	Altura de la garra	37 mm	37 mm	37 mm
N	Altura del capot de la máquina	3.435 mm	3.435 mm	3.435 mm
O	Anchura del capot de la máquina	3.195 mm	3.195 mm	3.195 mm
P	Distancia, centro giro a extremo trasero	3.675 mm	3.675 mm	3.675 mm

FUERZA EN LA CUCHARA Y EL CAZO (ISO)		
Longitud del balancín	3.500 mm	2.900 mm
Fuerza arranque en el cazo	30.000 kg	34.300 kg
Fuerza arranque en el cazo en modo PowerMax	32.300 kg	36.900 kg
Fuerza de excavación en el brazo	23.300 kg	27.700 kg
Fuerza de excavación en el brazo en modo PowerMax	25.100 kg	29.900 kg

LONGITUD DE LA PLUMA		7.660 mm	6.600 mm	7.300 mm
LONGITUD DEL BALANCÍN		3.500 mm	2.900 mm	3.500 mm
A	Altura máxima de excavación	11.880 mm	11.140 mm	11.475 mm
B	Altura máxima de descarga	7.960 mm	7.210 mm	7.650 mm
C	Profundidad máxima de excavación	8.490 mm	7.060 mm	8.165 mm
D	Profundidad máxima de excavación en pared vertical	7.510 mm	5.630 mm	6.660 mm
E	Profundidad máx. de excavación con recorrido de 2.440 mm	8.360 mm	6.910 mm	8.030 mm
F	Alcance máximo de excavación	13.020 mm	11.550 mm	12.615 mm
G	Alcance máximo al nivel del suelo	12.800 mm	11.300 mm	12.385 mm
H	Radio mínimo de giro	5.370 mm	4.670 mm	5.090 mm
I	Max.altura con min. radio de giro	10.020 mm	9.300 mm	9.745 mm

Fuente: Manual técnico de excavadora Komatsu PC600 – COMARSA - 2010

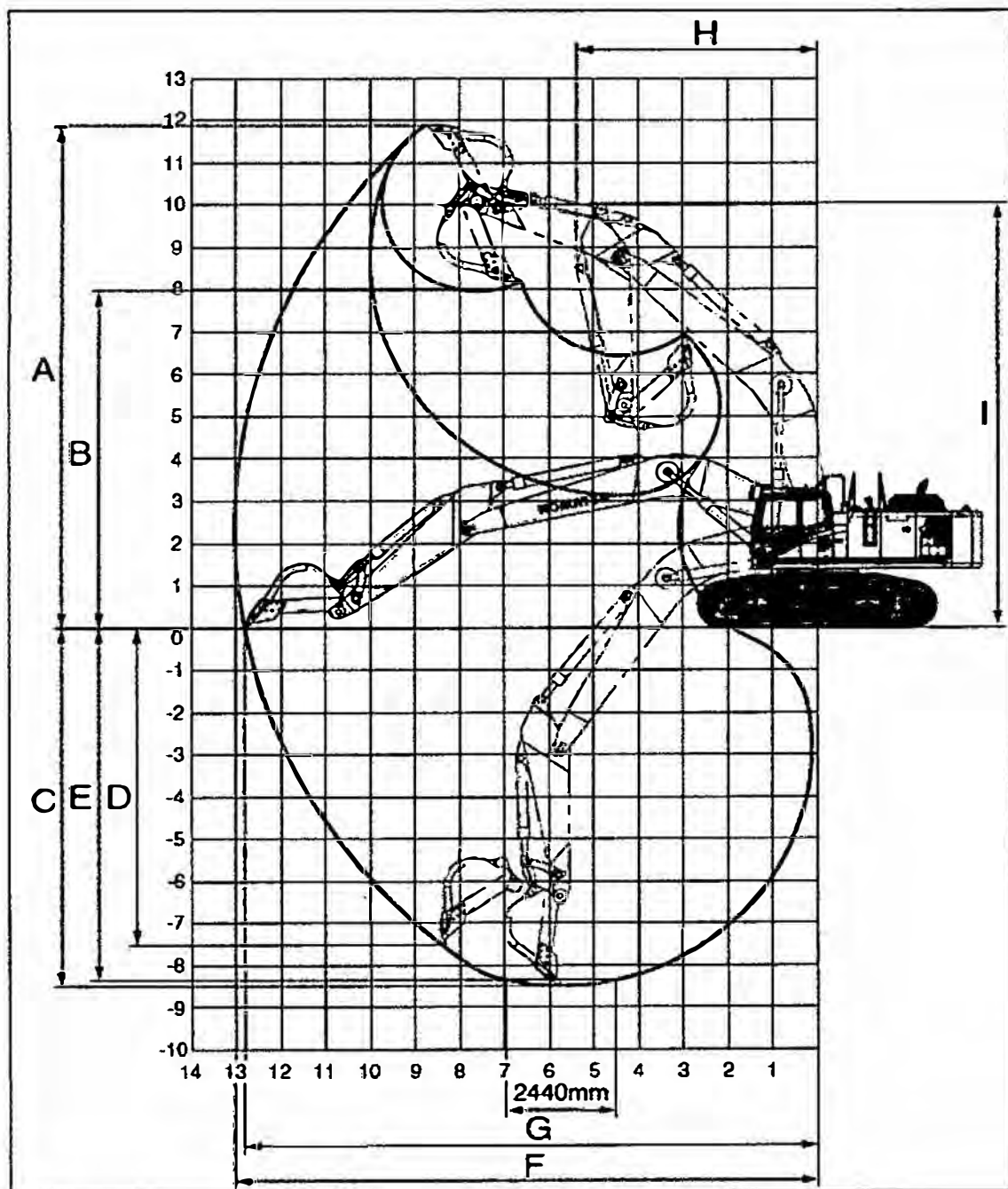


Figura 10: Rango de excavación de la excavadora Komatsu

Fuente: Manual de especificaciones técnicas de la excavadora Komatsu PC600

COMARSA - 2010

2.2.3. Especificaciones técnicas de la Excavadora CAT 365 CL

a) Motor

Motor diesel. El C15 de Caterpillar con tecnología ACERT es un motor de 15,2 litros, seis cilindros, de 302 kW (404 hp) con inyección electrónica de combustible mecánicamente accionada (MEUI) y árbol de levas en culata. La tecnología ACERT provee rendimiento sobresaliente del motor mediante el control electrónico avanzado, entrega precisa de combustible, y administración perfeccionada de aire.

b) Sistema hidráulico

El sistema sensor de carga con compensación proporcional de prioridad de presión (PPPT), con accionamiento electrónico desarrollado por Caterpillar provee alta eficiencia y excelente controlabilidad.

- La velocidad del cilindro está relacionada directamente con el movimiento del operador de la palanca universal desde un control superfino a una velocidad máxima.
- El flujo a los cilindros durante la operación de funciones múltiples está controlado directamente por el operador y no depende de las cargas.
- El controlador reduce el caudal de la bomba a un valor mínimo para ahorrar potencia cuando las palancas universales estén en posición neutra.

c) Cabina

Diseño de la cabina. La estación de trabajo se ha diseñado para ser espaciosa, silenciosa y cómoda para el operador, asegurando así una alta productividad a lo largo de la jornada. Los interruptores están convenientemente ubicados para el acceso fácil. El nuevo monitor está ubicado para proveer excelente visibilidad y acceso.

d) Dimensiones

Se detallan en el cuadro 7 y figura 11 y 12.

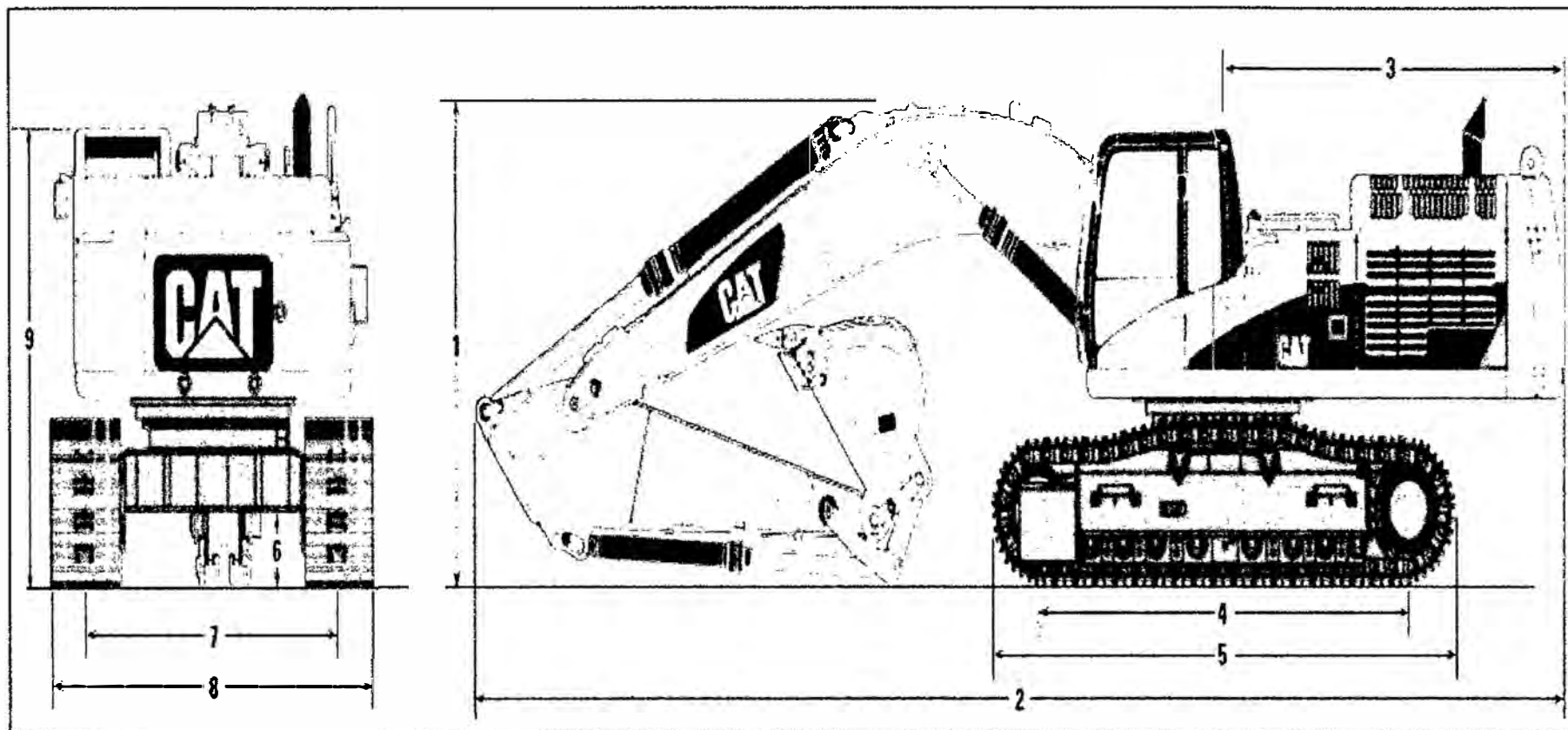


Figura 11: Dimensiones de la excavadora Caterpillar

Fuente: Manual de especificaciones técnicas de la excavadora Caterpillar 365CL – COMARSA - 2010

Cuadro 7

Características técnicas de la excavadora Caterpillar

Brazo	Pluma de alcance 7,8 m (25'7")				Pluma de excavación de gran volumen 6,59 m (21'7")	
	R4,67 m (15'4")	R4,15 m (13'7")	R3,6 m (11'10")	R2,84 m (9'4")	M3,0 m (9'10")	M2,57 m (8'5")
1 Altura de transporte	4.960 mm (16'3")	4.615 mm (15'2")	4.390 mm (14'5")	4.200 mm (13'9")	4.560 mm (15'0")	4.600 mm (15'1")
2 Longitud de embarque	13.170 mm (43'3")	13.225 mm (43'5")	13.310 mm (43'9")	13.310 mm (43'9")	12.150 mm (39'11")	12.160 mm (39'11")
3 Radio de giro de cola	4.020 mm (13'3")	4.020 mm (13'3")	4.020 mm (13'3")	4.020 mm (13'3")	4.020 mm (13'3")	4.020 mm (13'3")
4 Longitud hasta el centro de los rodillos	4.705 mm (15'5")	4.705 mm (15'5")	4.705 mm (15'5")	4.705 mm (15'5")	4.705 mm (15'5")	4.705 mm (15'5")
5 Longitud de la cadena	5.860 mm (19'3")	5.860 mm (19'3")	5.860 mm (19'3")	5.860 mm (19'3")	5.860 mm (19'3")	5.860 mm (19'3")
6 Espacio libre sobre el suelo	8.40 mm (33")	840 mm (33")	840 mm (33")	840 mm (33")	840 mm (33")	840 mm (33")
7 Entrevía (Embarque)*	2.750 mm (9'0")	2.750 mm (9'0")	2.750 mm (9'0")	2.750 mm (9'0")	2.750 mm (9'0")	2.750 mm (9'0")
8 Ancho para el transporte**	3.500 mm (11'6")	3.500 mm (11'6")	3.500 mm (11'6")	3.500 mm (11'6")	3.500 mm (11'6")	3.500 mm (11'6")
9 Altura de la cabina	3.535 mm (11'7")	3.535 mm (11'7")	3.535 mm (11'7")	3.535 mm (11'7")	3.535 mm (11'7")	3.535 mm (11'7")

* Entrevía en posición extendida (de trabajo): 3.250 mm (10 pies 8 pulg)
 ** Ancho para transporte indicado para zapatas de 750 mm (30").
 Añada 150 mm (6 pulg) para zapatas de 900 mm (36 pulg).
 Quite 100 mm (4 pulg) para zapatas de 650 mm (26 pulg).

Fuente: Manual técnico de excavadora CAT365CL – COMARSA - 2010

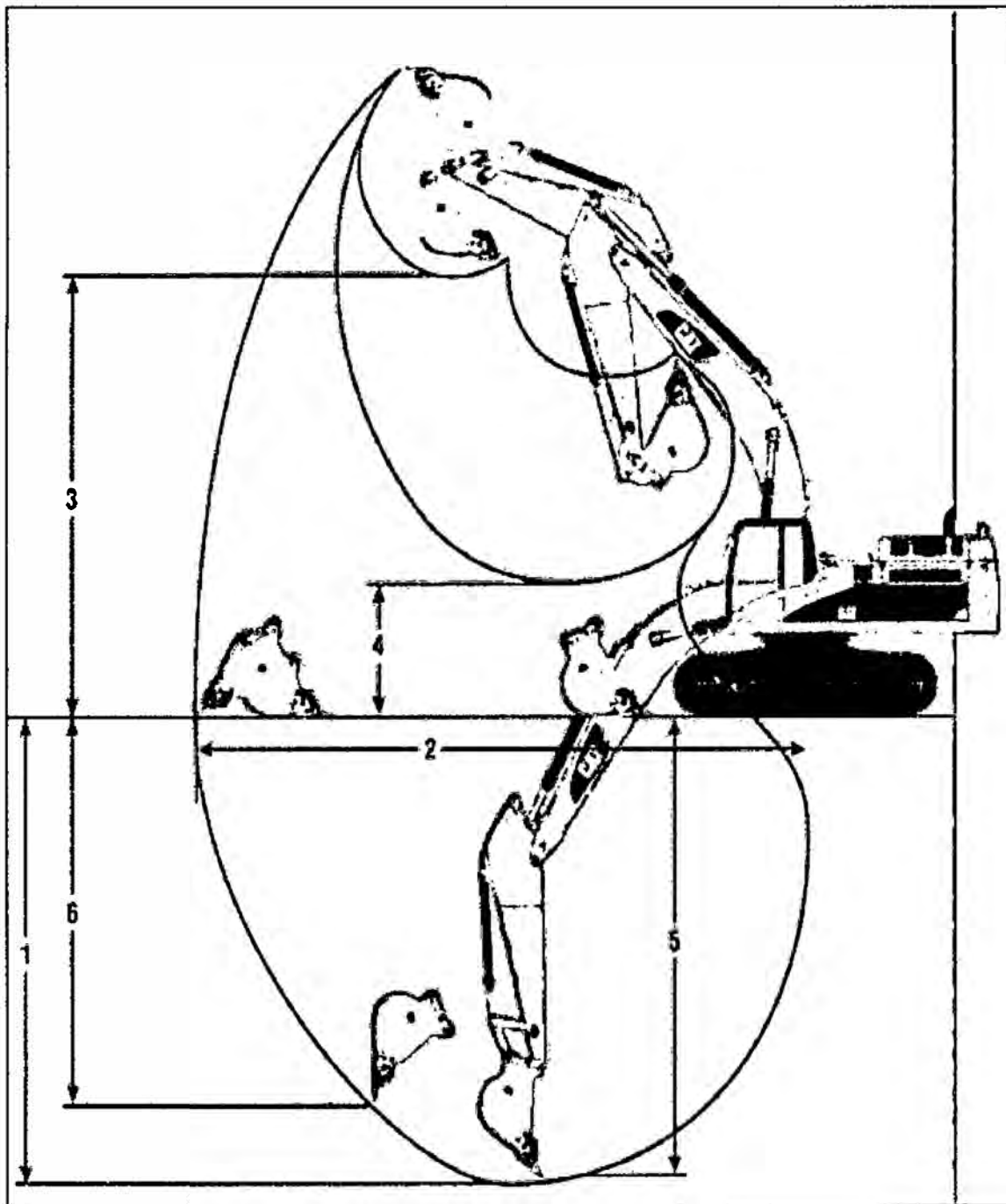


Figura 12: Rango de excavación de la excavadora Caterpillar

Fuente: Manual de especificaciones técnicas de la excavadora Caterpillar 365CL –
COMARSA - 2010

2.3. Costos de operación

2.3.1. Costo unitario horario de excavadora

Uno de los aspectos claves durante la operación de maquinaria es conocer, permanentemente, el costo por hora de cada una de las unidades y pretender porque ese costo sea mínimo para que, en combinación con la producción máxima, se pueda obtener el precio unitario mínimo de la actividad ejecutada⁹.

El costo horario de equipos y maquinaria que intervienen en el proceso de construcción es un elemento de la estructura de costos que tiene gran implicancia en diferentes sectores productivos¹⁰.

2.3.2. Valor de adquisición (Va)

Se denomina valor inicial de una máquina al valor total en que tiene que incurrir el inversionista para colocar la máquina en el sitio de trabajo.

Si la maquinaria es de fabricación extranjera, en la cotización deberá incluirse el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque, los gastos de embarque, fletes y desembarque en el puerto del Callao, pagos de derecho Ad-Valorem, sobre tasa arancelaria, ley de promoción de exportaciones no tradicionales, derechos portuarios de almacenaje, seguros para bienes en tránsito, otros gestos conexos (como cartas de crédito, garantías, etc.), el transporte hasta el parque de maquinarias del propietario, entre otros.

- a) Costo de la máquina en fábrica.
- b) Embalajes.
- c) Seguros de transporte.
- d) Transportes terrestres.

⁹ Ing. Edgard Zapata G. "Maquinaria para la construcción de carreteras por - Universidad Nacional Sede Medellín".

¹⁰ Elementos para la determinación del costo horario de los Equipos y Maquinaria del sector construcción-Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento

- e) Transportes marítimos.
- f) Cargue y descargue en los puertos.
- g) Impuestos de internación.

2.3.3. Vida económica útil de una máquina (N)

Se denomina vida útil de una máquina al tiempo durante el cual la máquina puede trabajar con un rendimiento económico satisfactorio.

La vida útil de una máquina es función del desgaste de la misma por trabajo acumulado, y de su obsolescencia. Se estima generalmente en horas totales.

Maquinaria de obra ligera: 6 000 horas de trabajo total; tres años de duración (por ejemplo una motobomba).

Maquinaria de obra pesada: 10 000 horas totales de trabajo; 5 años de duración (por ejemplo cargador frontal).

Maquinaria de obra extraordinariamente pesada: 16 000 horas de trabajo total; 8 años de duración (por ejemplo planta de asfalto).

Lo señalado supone 2 000 horas de trabajo anual. Esto representa que trabaja (o está disponible) 300 días al año, 25 días al mes y un día de 8 horas, con un rendimiento del 80%, lo que se ajusta con bastante aproximación a la realidad.¹¹

2.3.4. Valor de Rescate o salvataje (Vr)

Se denomina valor de salvamento de una máquina al valor que tiene la misma al término de su vida útil.

El valor de rescate llamado también valor de recuperación se define como el valor de reventa que tendrá la maquinaria al final de su vida económica.

El valor de rescate para maquinarias pesadas (excavadoras, cargadores, moto traíllas, tractores, etc.) fluctúa generalmente entre el 20 y 25% del valor de adquisición.

¹¹Elementos para la determinación del costo horario de los Equipos y Maquinaria del sector construcción-Ministerio de vivienda, Construcción y saneamiento.

El valor de rescate para maquinarias y equipos livianos (compresoras, mezcladoras, motobombas, etc.) fluctúa entre el 10 y 20% del valor de adquisición.

2.3.5. Costo de propiedad o posesión

El costo de posesión se refiere al costo de inversión de una maquinaria, este costo representa un costo continuo para el propietario. Para determinarlo se deberán sumar los siguientes rubros.

Depreciación (D).

Interés de capital invertido (I).

Seguros, impuestos y almacenaje.

Se denominan costos de propiedad de una máquina, aquellos en que tiene que incurrir, inexorablemente, el propietario de la misma independientemente de que la máquina tenga trabajo o no. Estos costos incluyen los siguientes conceptos.¹²

a) Depreciación horaria.

$$\text{Depreciacion horaria} = \frac{P - S}{2000N}$$

P= Valor inicial de una maquina

N= Vida útil económica de una maquina

S= Valor de salvamento de una maquina

Cualquier empresa para comprar una maquinaria financia los fondos necesarios en los bancos o mercados de capitales, pagando por ello el interés correspondiente. Puede darse el caso, que si el empresario dispone de los fondos suficientes de capital propio, hace la inversión directamente esperando que la maquina reditue en proporción con la inversión efectuada. Por tanto, este rubro será equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en la maquinaria.

¹²Maquinaria para la construcción de carreteras por Ing. Edgard Zapata G-Universidad Nacional Sede Medellín Facultad De Minas

Debemos insistir que a pesar de que el empresario pague su equipo al contado, debe cargarse los intereses de esa inversión ya que ese dinero bien pudo haberse invertido en otro negocio que produzca dividendos a su propietario.

La fórmula genérica para este cálculo es:

$$Interes (I) = \frac{IMA * \%i}{2000N} \dots\dots\dots 13$$

Dónde:

I: interés horario del capital invertido.

IMA: inversión media anual.

i: tasa de interés anual vigente para tipo de moneda a utilizar (tasa activa en moneda nacional-TAMN, tasa activa en moneda Extranjera-TAMEX).

N: vida económica útil en años.

2000: número de horas al año trabajadas por equipo pesado.

b) Impuestos, seguros y almacenaje:

Las primas de seguro varían de acuerdo al tipo de maquinaria y a los riesgos que debe cubrir durante su vida económica. Este cargo existe tanto en el caso de que la maquinaria se asegure con una compañía de seguros, como en el caso de que la empresa constructora decida hacer frente, con sus propios recursos a los posibles riesgos de la maquinaria (auto aseguramiento).

El tipo de seguro a considerar es el TREC (todo riesgo equipo contratista) que como promedio se puede asumir en 5.5%.¹⁴

Los impuestos se aplican sobre el bien adquirido. Su porcentaje se deberá calcular de acuerdo a la legislación vigente y puedan variar en el orden del 1 al 2%.¹⁵

13, 14,¹⁵ Elementos para la determinación del costo horario de los Equipos y Maquinaria del sector construcción-Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento



Respecto al almacenaje, se refiere al costo ocasionado por la permanencia de la maquinaria en talleres centrales (por inactividad). Este costo se estima que es del orden del 1 al 1.5% de la inversión media anual.

Para el cálculo del costo por seguros, impuestos y almacenaje se aplicara:

$$I, S y A = \frac{IMA(\sum \text{de tasas anuales})}{2000N}$$

$$I, S y A = IMA (0.360 + 0.018 + 0.032 + 0.025).^{16}$$

Dónde:

0.360: monto de los intereses anuales

0.018: monto de los impuestos anuales

0.032: monto de los seguros anuales

0.025: monto del bodegaje anual

El costo anual de los intereses, impuestos, seguros y bodegaje puede calcularse de la siguiente manera:

$$I, I, S, B = \frac{Va(N + 1) + Vr(N - 1)}{2N} 0.435$$

El costo horario de los intereses, impuestos, seguros y bodegaje puede calcularse de la siguiente manera:

$$I, I, S, B = \frac{Va(N + 1) + Vr(N - 1)}{2N} \left(\frac{1 \text{ año}}{2000h} * 0.435 \right)$$

$$I, I, S, B = \frac{Va(N + 1) + Vr(N - 1)}{2000N} (0.2175)$$

2.3.6. Valor depreciable

Es el valor que pierde la máquina durante su vida útil.

$$\text{VALOR DEPRECIABLE} = Va - Vr$$

¹⁶ Ing. Edgard Zapata G. "Maquinaria para la construcción de carreteras por - Universidad Nacional Sede Medellín".

Depreciación (D)

Es el valor que pierde la máquina durante una unidad de tiempo previamente establecida así:

a) Depreciación anual (Da)

$$Depreciacion\ anual = \frac{Va - Vr}{N}$$

b) Depreciación horaria (Dh))

$$Depreciacion\ horaria = \frac{Va - Vr}{2000 \cdot N}$$

En la expresión dada para el cálculo de la depreciación horaria, se asume que una máquina labora 2000 horas por año.¹⁷

2.3.7. Inversión media anual (IMA)

Puede definirse como la media de los costos de los equipos al final de cada año, durante toda su vida económica útil, después de aplicarle la amortización correspondiente de cada año.

Sobre la inversión media anual se acostumbra calcular los intereses, seguros, impuestos y costo de almacenamiento.

El valor medio de una máquina también se puede definir como el promedio aritmético de los valores de la máquina al principio de cada año, durante su vida útil, los cuales se presentan en el siguiente cuadro:

¹⁷ Ing. Edgard Zapata G. “Maquinaria para la construcción de carreteras por - Universidad Nacional Sede Medellín”.

Cuadro 8
Valor de la máquina

Año	Valor de la máquina
1	V_a
2	$V_a - \frac{V_a - V_r}{N}$
3	$V_a - \frac{V_a - V_r}{N} - \frac{V_a - V_r}{N}$
N	$V_a - (N - 1) \frac{(V_a - V_r)}{N}$
N+1	$V_a - (N + 1 - 1) \frac{(V_a - V_r)}{N} = V_r$

Fuente: Maquinaria Para La Construcción De Carreteras Por Ing. Edgar Zapata G- Universidad Nacional Sede Medellín- Facultad De Minas.

Haciendo el promedio aritmético del valor de la máquina al principio del año “1” y del valor de la misma al principio del año “N”, se obtiene:

$$IMA = \frac{V_a(N + 1) + V_r(N - 1)}{2N}$$

2.3.8. Costo de operación

Son aquellos, inequívocamente, imputables al trabajo y mantenimiento de la máquina, y solo se presentan cuando ésta desarrolla alguna actividad. Incluye los siguientes conceptos:

- | | |
|--------------------------------|----------------------------|
| a) Mantenimiento y reparación. | g) Piezas de desgaste. |
| b) Combustibles. | h) Herramientas de corte. |
| c) Lubricantes. | i) Operador especializado. |
| d) Grasas. | |
| e) Filtros. | |
| f) Llantas o neumáticos. | |

a) **Mantenimiento y Reparación.**

El costo de mantenimiento y reparación (CMR) de una maquinaria resulta en la sumatoria del costo de la mano de obra (CMO) y el costo de los repuestos (CR):

$$CMR = CMO + CR$$

Para obtener el costo de la mano de obra y de repuestos, se debe calcular previamente el costo de mantenimiento (CM) de una maquinaria durante su vida útil. Este se considera referencialmente como un porcentaje del valor de adquisición:

- Costo de mantenimiento para trabajo duro=80 a 100% del Va
- Costo de mantenimiento para trabajo normal=70 a 90% del Va
- Costo de mantenimiento para trabajo suave=50 a 80% del Va

El costo de la mano de obra (CMO) representa el 25% del costo de mantenimiento (CM) sobre el número de horas de la vida económica útil.

$$CMO = \frac{25\% (CM)}{\text{vida util en horas}}$$

Los costos de repuestos (CR) representan el 75% del costo de mantenimiento (CM) sobre el número de horas de la vida económica útil.

$$CR = \frac{75\% (CM)}{\text{vida util en horas}}$$

no se incluye las piezas de desgaste ni herramientas de corte.

b) **Combustibles.**

La cantidad y los precios de los combustibles consumidos variaran con la potencia, ubicación, clase de trabajo y tipo de maquinaria a utilizarse. La forma más exacta de conocer el valor del consumo es tomar el dato directamente de la obra. Se utilizan valores iniciales que son proporcionados por los manuales técnicos de los equipos los que deberán ser comparados con los valores que se van dando en el desarrollo del proyecto, lo que permitirá tener valores del consumo de combustible en obra.

$$\text{Combustibles} = Y \left(\frac{\text{gal}}{\text{Hp} * \text{h}} \right) * Z(\text{Hp}) * 0.67 * U \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right)$$

Dónde:

Y: consumo específico de combustible.

Para tractores, cargadores, mototraillas, motoniveladoras y compactadores, Y= 0,0526.

Para camiones, Y = 0,0308.

Z: potencia de la máquina en la volante.

U: precio del combustible.

0,67: factor de potencia en el trabajo.¹⁸

c) Lubricantes.

El método más exacto para averiguar el costo hora del consumo de cada uno de los aceites consiste en tomar el dato de la capacidad del depósito en galones (motores, Carter, depósitos para aceites hidráulicos y de transmisión), multiplicar este valor por el valor del galón de aceite respectivo y dividir todo entre las horas recomendadas para cada cambio correspondiente.¹⁹

Costo de lubricantes (\$/h)= costo galón* capacidad del depósito/periodo en horas de cambio de aceite

El ambiente de trabajo (seco, húmedo, tropical, con polvo, etc) obligan a cambiar los lubricantes con más frecuencia por lo que será necesario determinar estas variaciones estar ordinarias que de ninguna manera pueden reflejarse en una simple formula. Será siempre necesario llevar una estadística que nos permita determinar con mayor exactitud el momento del cambio de lubricantes.

¹⁸ Ing. Edgard Zapata G. "Maquinaria para la construcción de carreteras por - Universidad Nacional Sede Medellín".

¹⁹ Elementos para la determinación del costo horario de los Equipos y Maquinaria del sector construcción-Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

Finalmente conviene advertir que es muy importante la calidad de los lubricantes. En base de lo señalado precedentemente puede estimarse del costo de lubricación entre 10 y 15% del consumo del carburante en motores diésel.²⁰

Para el motor:²¹

$$\text{Aceite (M)} = \left[Y \left(\frac{\text{gal}}{\text{Hp}\cdot\text{h}} \right) * Z(\text{Hp}) * 0.67 + \frac{C(\text{gal})}{T(\text{h})} \right] * U \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right)$$

Y: consumo específico de aceite. Para la gran

Mayoría de las máquinas, $y = 0,0009$.

Z: potencia de la máquina en la volante.

U: precio del aceite de motor.

0,67: factor de potencia en el trabajo

C: capacidad del cárter del motor en galones.

T: tiempo entre cambios de aceite en horas.

Para la transmisión:

$$\text{Transmision (T)} = (0.01 - 0.05) \frac{\$}{\text{gal}} * U \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right)$$

Dónde U es precio del aceite de transmisión.

Para el sistema hidráulico.

$$\text{Aceite(H)} = (0.01 - 0.06) \frac{\$}{\text{gal}} * U \left(\frac{\$}{\text{gal}} \right)$$

d) Grasas

La cantidad de grasa que se va a utilizar depende del tipo y tamaño de la máquina. Para tener un dato más exacto se debe recurrir a los datos que suministra el fabricante para cada máquina específica.

²⁰ Elementos para la determinación del costo horario de los Equipos y Maquinaria del sector construcción-Ministerio de vivienda, construcción y saneamiento.

²¹ Ing. Edgard Zapata G. "Maquinaria Para La Construcción De Carreteras Por - Universidad Nacional Sede Medellín".

$$\text{Costo hora grasa} = \frac{\text{costo de la grasa por equipo}}{\text{perido en horas de engrase}}$$

Para grasa.

$$\text{Grasa} = (0.3 - 3.0) \frac{\text{Lb}}{\text{h}} * U\left(\frac{\$}{\text{Lb}}\right)$$

e) Filtros.

El costo horario de los filtros (aire, combustibles y aceite) se calcula como el 20% de la suma de los costos horarios de combustibles y lubricantes.

$$\text{Costo hora filtro} = \frac{20(\text{combustible} + \text{lubricante})}{100}$$

f) Llantas o neumáticos

El costo hora de los neumáticos es muy difícil determinar, en medida de que su vida útil depende de muchas variables tales con el mantenimiento, precisiones de inflado, estado de la vía, velocidad de desplazamiento, curvas y pendientes de la vía, posición de la llanta en la maquina (delantera, trasera, dirección o de tracción), carga, etc. Lo que si debemos tener en cuenta es que el costo por hora de las llantas es alto y merece un cálculo aparte.

El costo hora de determina así:

$$\text{Costo hora llanta} = \frac{\text{costo de la llanta}}{\text{vida util de la llanta (hrs)}}$$

g) Piezas de desgaste

Son aquellas piezas sujetas a desgaste rápido pero de fácil reemplazo. Entre estas piezas debemos cita a tolvas, mandíbulas, cucharones, tren de rodamiento, etc.

No se pueden dar reglas concretas dadas la gran variedad de condiciones de uso, sin embargo hay valores de la experiencia que resulta necesario tener en cuenta:

Trenes de orugas: de 2 000 a 6 000 horas

Hojas de motoniveladora: de 2 000 a 3 000 horas

Cintas transportadoras: de 500 a 1 500 horas (2 recauchutados)

Cucharón: de 3 000 a 5 000 horas.

$$\text{Costo hora} = \frac{\text{costo de las piezas de desgaste}}{\text{vida útil de las piezas de desgaste (hrs)}}$$

h) Herramientas de corte

Son herramientas de costo variable y dependen de las condiciones de trabajo, tipo de material, etc. Entre estas herramientas podemos citar a las cuchillas, cantoneras, brocas, dientes de cucharón, puntas de los escarificadores, punta de martillos, etc.

$$\text{Costo hora} = \frac{\text{costo de las herramientas de corte}}{\text{vida útil de las herramientas de corte (hrs)}}$$

i) Operador especializado

El costo hora hombre (H-H) de los operadores va estar en función de la normatividad legal de los trabajadores de construcción civil. Sin embargo dado el costo de la maquinaria a utilizarse sus operadores tendrán una bonificación adicional la cual dependerá de cada empresa. En forma referencial podemos indicar el costo de horas hombre del operador usualmente utilizado.

Operador especializado de equipo liviano=1.2*costo de H-H del operario de construcción civil

Operador especializado de equipo pesado=1.5*costo de H-H del operario de construcción civil.

Cuadro 9

Equipos necesarios en las faenas de desarrollo

EQUIPO	F. PESO	COST. HR.	TIPO	CONTRATA
PC600-3POM	23,00	\$153,00	Excav.	POMISPA
PC600-4POM	23,00	\$153,00	Excav.	POMISPA
365BL-1POM	23,30	\$143,50	Excav.	POMISPA
365CL-2POM	23,80	\$173,00	Excav.	POMISPA
365CL-3POM	23,80	\$173,00	Excav.	POMISPA
365CL-5POM	23,80	\$173,00	Excav.	POMISPA
365CL-6POM	23,80	\$173,00	Excav.	POMISPA
EC700BLC-1POM	23,80	\$181,00	Excav.	POMISPA
EC700BLC-2POM	23,80	\$181,00	Excav.	POMISPA
EC700BLC-3POM	23,80	\$181,00	Excav.	POMISPA
EC700BLC-4POM	23,80	\$181,00	Excav.	POMISPA
349DL-1POM	22,40	\$140,00	Excav.	POMISPA
EC360BLC-3POM	23,50	\$103,00	Excav.	POMISPA
EC360BLC-4POM	23,50	\$103,00	Excav.	POMISPA
980H-1POM	23,80	\$118,00	C/Frontal	POMISPA
980G-3POM	23,80	\$111,00	C/Frontal	POMISPA
966G-1POM	23,50	\$90,00	C/Frontal	POMISPA
966G-2POM	23,50	\$90,00	C/Frontal	POMISPA
966G-3POM	23,50	\$90,00	C/Frontal	POMISPA
966H-1POM	23,50	\$92,00	C/Frontal	POMISPA
966H-2POM	23,50	\$92,00	C/Frontal	POMISPA
966H-3POM	23,50	\$92,00	C/Frontal	POMISPA
966H-4POM	23,50	\$92,00	C/Frontal	POMISPA
345CL-2ED	22,40	\$130,00	Excav.	EQUIDRILL
345CL-3ED	22,40	\$130,00	Excav.	EQUIDRILL
345CL-4ED	22,40	\$130,00	Excav.	EQUIDRILL
345DL-3ED	22,40	\$136,50	Excav.	EQUIDRILL
L180G-1ED	23,50	\$89,00	C/Frontal	EQUIDRILL
CDM856E-1SS	23,50	\$57,50	C/Frontal	SAN SIMÓN
HL760-1SS	23,50	\$59,00	C/Frontal	SAN SIMÓN
R500LC-1SS	22,40	\$136,50	Excav.	SAN SIMÓN
R380LC-1SS	23,50	\$91,00	Excav.	SAN SIMÓN
EC700BL-1CA	23,80	\$176,00	Excav.	CARRANZA
EC360BL-1CA	23,50	\$96,00	Excav.	CARRANZA
EC360BL-2CA	23,50	\$96,00	Excav.	CARRANZA
365C-1MS	23,80	\$161,00	Excav.	MANSOL
PC600-2MC	23,00	\$153,00	Excav.	WSP
EC330BL-1MC	23,50	\$88,00	Excav.	WSP
L150C-1MC	23,50	\$76,50	C/Frontal	WSP

L150C-2MC	23,50	\$76,50	C/Frontal	WSP
L180D-1MC	23,50	\$83,70	C/Frontal	WSP
L180D-2MC	23,50	\$83,70	C/Frontal	WSP
L150E-1MC	23,50	\$77,50	C/Frontal	WSP
L150E-2MC	23,50	\$77,50	C/Frontal	WSP
966H-1WSP	23,50	\$92,00	C/Frontal	WSP
966H-2WSP	23,50	\$92,00	C/Frontal	WSP
330CL-1ST	23,50	\$90,50	Excav.	STA.TERESA
330CL-2ST	23,50	\$90,50	Excav.	STA.TERESA
L150F-1OP	23,50	\$79,00	C/Frontal	OPERACIONES.C
L150F-3OP	23,50	\$79,00	C/Frontal	OPERACIONES.C
L150F-4OP	23,50	\$79,00	C/Frontal	OPERACIONES.C
L150G-1OP	23,50	\$80,50	C/Frontal	OPERACIONES.C
L150G-2OP	23,50	\$80,50	C/Frontal	OPERACIONES.C
L150G-3OP	23,50	\$80,50	C/Frontal	OPERACIONES.C
966H-1OP	23,50	\$92,00	C/Frontal	OPERACIONES.C
EC360BL-1OP	23,50	\$96,00	Excav.	OPERACIONES.C
L150F-5TF	23,50	\$79,00	C/Frontal	TRANSFLOSA
EC360BL-2TF	23,50	\$96,00	Excav.	TRANSFLOSA
L150E-4VC	23,50	\$77,50	C/Frontal	VIRCAR
L150F-1VC	23,50	\$79,00	C/Frontal	VIRCAR
L150F-3VC	23,50	\$79,00	C/Frontal	VIRCAR
L150F-5VC	23,50	\$79,00	C/Frontal	VIRCAR
L150G-1VC	23,50	\$80,50	C/Frontal	VIRCAR
L150G-2VC	23,50	\$80,50	C/Frontal	VIRCAR
L150G-3VC	23,50	\$80,50	C/Frontal	VIRCAR
320LC-1VC	23,50	\$81,50	Excav.	VIRCAR
EC360BL-1VC	23,50	\$96,00	Excav.	VIRCAR
966H-1ANT	23,50	\$92,00	C/Frontal	ANTARES
966H-2ANT	23,50	\$92,00	C/Frontal	ANTARES
EC700BL-1CA	23,80	\$176,00	Excav.	CARRANZA
EC360BL-1CA	23,50	\$96,00	Excav.	CARRANZA
EC360BL-2CA	23,50	\$96,00	Excav.	CARRANZA
365C-1MS	23,80	\$161,00	Excav.	MANSOL
966H-1TH	23,50	\$92,00	C/Frontal	THIAN
966H-2TH	23,50	\$92,00	C/Frontal	THIAN
PC300-1AE	23,50	\$86,50	Excav.	ANKA E.
PC300-2AE	23,50	\$86,50	Excav.	ANKA E.
R360LC-1AE	23,50	\$90,50	Excav.	ANKA E.
EC460BL-1AE	23,50	\$120,00	Excav.	ANKA E.
L150G-1G&D	23,50	\$80,50	Excav.	G&D
L150G-3OP	23,50	\$80,50	C/Frontal	OPERACIONES.C

Fuente: Centro de control de equipos de COMARSA - 2012



CAPÍTULO III

DISEÑO DE MINADO A TAJO ABIERTO

3.1. Descripción del diseño de minado.

3.1.1. La explotación a tajo abierto

En la explotación de un tajo abierto uno busca extraer y procesar las reservas que nos entreguen el mayor margen de beneficio (Ingresos - Costos), por lo que la explotación de fases dentro de la mina, es un camino que permite lograr este objetivo.

Debemos notar que puede darse el caso que definamos nuestra primera, segunda o cualquiera de las fases y que una de estas corresponda a más de un “pit” dentro del “pit final”, es decir que podamos explotar dos o más sectores dentro de la mina ubicados en distintos lugares de ella y debemos definir por cuál de ellos comenzamos.

Siguiendo con la idea inicial, tendremos que analizar cada “pit” y comenzar por el que me reporte mayores beneficios inmediatos. Además para seleccionar debemos tomar en cuenta que la apertura de uno de estos “pit” permita acceso a reservas que serán explotadas a futuro.

En resumen podemos decir que hay más de una forma de explotar una mina, lo importante es realizar un buen análisis de cada alternativa, para llegar al mejor resultado posible.

Otra consideración que debe estar presente, es que estos criterios de obtener las mejores leyes los primeros períodos no son aplicable siempre. Si tomamos en cuenta el caso del Cobre Sulfurado, notamos que el proceso de flotación nos exige y nos permite pensar en explotar las mejores leyes inicialmente, por el costo de oportunidad que significa tratar menores leyes pudiendo tratar leyes mayores, ya que a la planta le costará más tiempo

de proceso lograr el concentrado a partir de un mineral de baja ley que lo que le cuesta procesar mineral de alta ley. Podemos decir que se cumple lo siguiente:²²

Con Leyes de cabeza altas:

- La Recuperación metalúrgica instantánea es mayor.
- El tiempo de proceso es menor para lograr el resultado.
- Es decir es más fácil conseguir una tonelada de Concentrado.
- Con una alimentación fija obtengo mayor cantidad de Concentrado.

Con Leyes de cabeza bajas:

- La Recuperación metalúrgica instantánea es menor.
- El tiempo de proceso es mayor para lograr el resultado.
- Es decir es más difícil conseguir una tonelada de Concentrado.
- Con una alimentación fija obtengo menor cantidad de Concentrado.

También debemos tomar en cuenta que las leyes de relaves son prácticamente constantes en el proceso, independientemente de las leyes de cabeza.

En el caso que se tenga un yacimiento de Cobre Oxidado, de donde se obtenga Cobre por medio de la lixiviación, debemos notar que la producción anual es constante, es decir no se maneja el concepto de sacar el máximo de fino en los primeros años, ya que la capacidad de refinación de la planta de beneficio o EW es limitada (constante), por lo que es difícil pensar en buscar leyes que me den mejores beneficios en los primeros períodos del proyecto. En este caso es relevante que se cumpla con la ley en la solución que envío a la planta para cumplir con la producción final de cátodos de la planta de EW y por el otro lado si se tiene una ley de cabeza mayor se estará utilizando menor espacio para lixiviar el material y obtener una solución con la ley deseada, costará

²² CAMPOS ARZAPALO Edmundo, "Concepto sistémico en la elección del métodos de explotación minera en los andes Peruanos" U.N.S.C.H.- 30 Convención Minera Arequipa, Setiembre 2011.

menos y el beneficio económico viene dado por una disminución de los costos para un mismo valor del ingreso (producción constante de Cobre fino).

En el caso de yacimientos explotados por rajo abierto donde el metal de interés es el Oro, por lo general se tienen procesos de cianuración, ya que este tiene mejores recuperaciones metalúrgicas. Posteriormente esta solución tendrá que pasar por un proceso de precipitación o carbón activado. Al obtener Oro precipitado se envía a fusión directa y en el caso del carbón activado se envía a EW. En resumen para el caso de Oro se tiene algo similar al caso del Cobre Oxidado (lixiviación).

3.1.2. Parámetros generales de diseño de tajo

3.1.2.1. Parámetros de diseño del banco

Según el tamaño de los equipos y el planeamiento de minado en COMARSA se determinan los siguientes parámetros de diseño más importantes en la explotación a tajo abierto, el diseño de los bancos está de acuerdo a la resistencia a la compresión simple del mineral y desmonte, como también del factor de seguridad.²³

- **Talud de Banco**, para este parámetro la línea trazada desde la cresta del banco hasta el piso hace un ángulo con la horizontal de 55° determinando un talud Mínimo de banco de 0.7: 1 para bancos de 8 metros de altura.
- **Talud de Operación**, actualmente se está trabajando con un ángulo de operación de 42° manteniendo una relación de talud del tajo de 1.1 : 1
- **Taludes Relativos de Bancos Operativos con Anchos Variables**, son de diferentes relaciones ya que los anchos de bancos varían según el diseño a seguir en ciertas zonas del tajo; dependiendo de estas, la característica o la estructura a lo largo y ancho de los tajos.

²³ ORTIZ Cesar, “Manual de inducción en carguío y acarreo en COMARSA”. La Libertad- Perú, 2010.



Figura 13: Talud final de operación Tajo Clarita

Fuente: Área de planeamiento mina-COMARSA - 2012

3.1.2.2. Parámetros Operativos de Diseño

- **Banquetas**, o Bermas de Operación, quedan definidas por diseño a través del ángulo de operación. generalmente en COMARSA son de 3.2 metros desde el pie de un banco superior a la cresta de un banco inferior.
- **Bermas de Seguridad**, por regla general la altura de las Bermas de Seguridad deben ser las $\frac{3}{4}$ partes de la llanta, en COMARSA se ha determinado como alturas entre 0.80 a 0.90 metros.
- **Rampas**, por diseño se determinan rampas de hasta 12 metros de ancho de acuerdo al ancho máximo de los equipos de transporte de material de 2.5 metros, permitiendo el pase para tres equipos de acarreo, en cuanto a sus pendientes y gradientes pueden variar de 10% a 15%, debido al uso de volquetes de 15m³ de capacidad los cuales representan equipos no tan pesados como en otras minas.

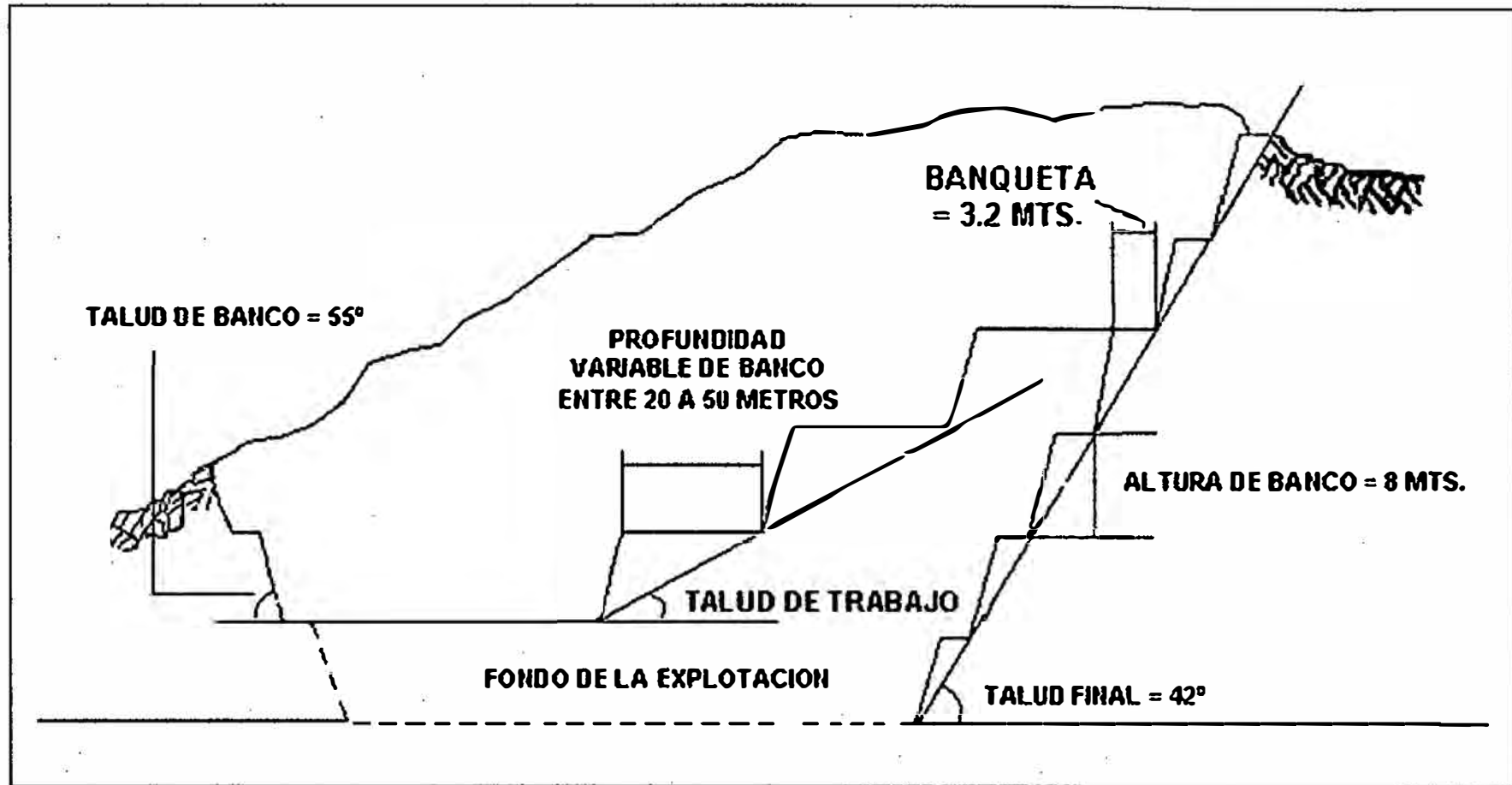


Figura 14: Parámetros Geotécnicos de Diseño de bancos en- COMARSA

Fuente: Departamento de Operaciones Mina-COMARSA - 2012

3.2. Operaciones del ciclo de minado

3.2.1. Perforación

Para esta actividad se cuenta con 6 perforadoras INGERSOLL RAND DM45E para la perforación primaria y 2 CM 695D para la perforación secundaria, ejecutándose una plantilla de perforación triangular para el tajo operativo.

Cuadro 10

Diseño de malla de perforación

MALLAS DE PERFORACIÓN			
BURDEN x ESPACIAMIENTO		CLARITA	COCHAVARA
SUPERIOR	SUAVE	6.00x5.22	6.00x5.22
INTERMEDIA	MEDIO	5.50x4.78	5.00x4.35
INFERIOR	DURA	4.50x3.91	4.20x3.65

Fuente: Departamento de perforación y voladura-COMARSA - 2003

Para hallar el Espaciamiento y Burden según la Fórmula Matemática

- Burden Según ASH ²⁴

$$B = \frac{Kb \times Dt}{12} \text{ Pies}$$

Kb – Constante 30, Dt – Diámetro del Taladro

- Espaciamiento según ASH

$E = Ke \times B$ Pies Ke – 1.00 factor de dureza de la roca, B – Burden

²⁴ LÓPEZ JIMENO Carlos, “Manual de perforación y voladura de rocas”. Madrid-España, 2003 Graficas Arias Montano S.A.

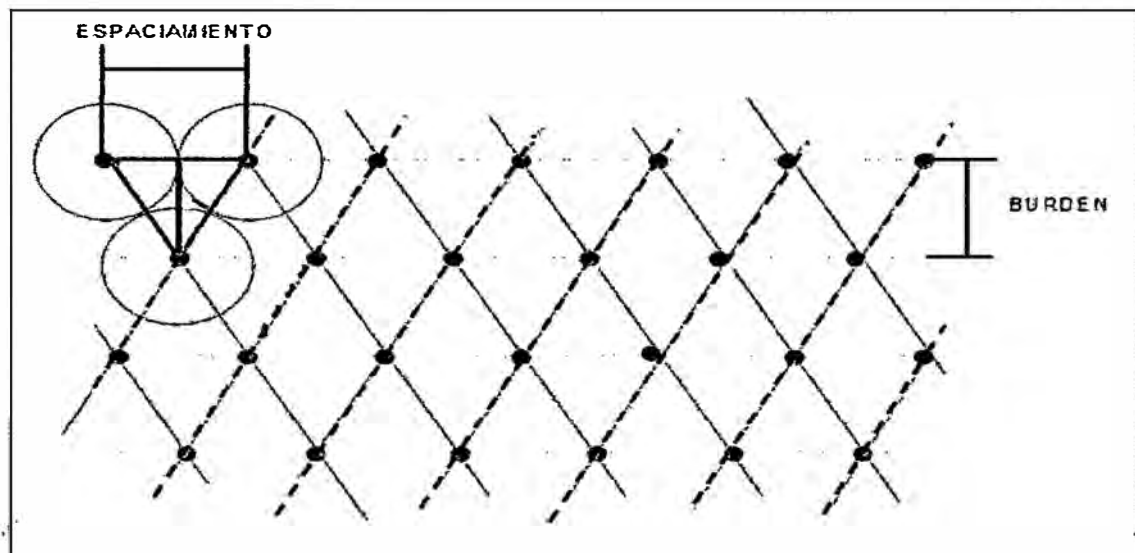


Figura 15: Malla de Perforación Echelon

Fuente: Departamento de perforación y voladura –COMARSA - 2010

La voladura en COMARSA es de suma importancia para la lixiviación por lo tanto se requiere de una adecuada fragmentación de mineral que ingrese a los Pads 20 y 16 ya que tratándose de un yacimiento de baja ley no requiere de tratamientos convencionales tales como trituración, molienda fina, clasificación y lixiviación por agitación, que hagan posible elevar los costos de operación, siendo desfavorable para la explotación de este tipo de yacimientos:

Este proceso se inicia con la perforación de los taladros primarios que se lleva a cabo con los equipos ya mencionados y presentan ciertas características en el siguiente cuadro:²⁵

²⁵ORTIZ-Cesar, “Manual de inducción en carguío y acarreo en COMARSA”. La Libertad- Perú, 2010.

Cuadro 11

Características de la perforadora

	CM695	CDM45
Sistema de perforación	Down theHole	Down theHole
Tipo de perforación	múltiple pass	múltiple pass
Diámetro perforación	4" – 5"	5 3/4" - 9 7/8"
Diámetro de barrenos	3.5 pulgadas	4 ½ pulgadas
Longitud perforación	barras de 3.5 m	barras de 6 m
Tipo broca	Integral	integral

Fuente: Perforación y voladura mina-COMARSA - 2008

La perforadora DM45 ha sido acondicionada para realizar una perforación single pass mediante la adición de una barra pequeña adicional a la barra principal que llamamos BIT sub. Con la cual alcanzamos alturas de perforación máximas de 9 m.

El terreno de los tres tajos presenta características totalmente diferentes para la operación; lo que se refleja en los sistemas de perforación actuales (diámetros, tipo de máquina, velocidad de penetración), siendo básicamente 3 los problemas críticos para el rendimiento de las brocas:

- El alto grado de fracturamiento que se presenta en el tajo Tentadora.
- La alta silicificación que origina desgastes prematuros en la broca.
- La presencia de cuarcita.

Los mejores resultados de recuperación se logran con una fragmentación promedio de 2" – 5" de tamaño.

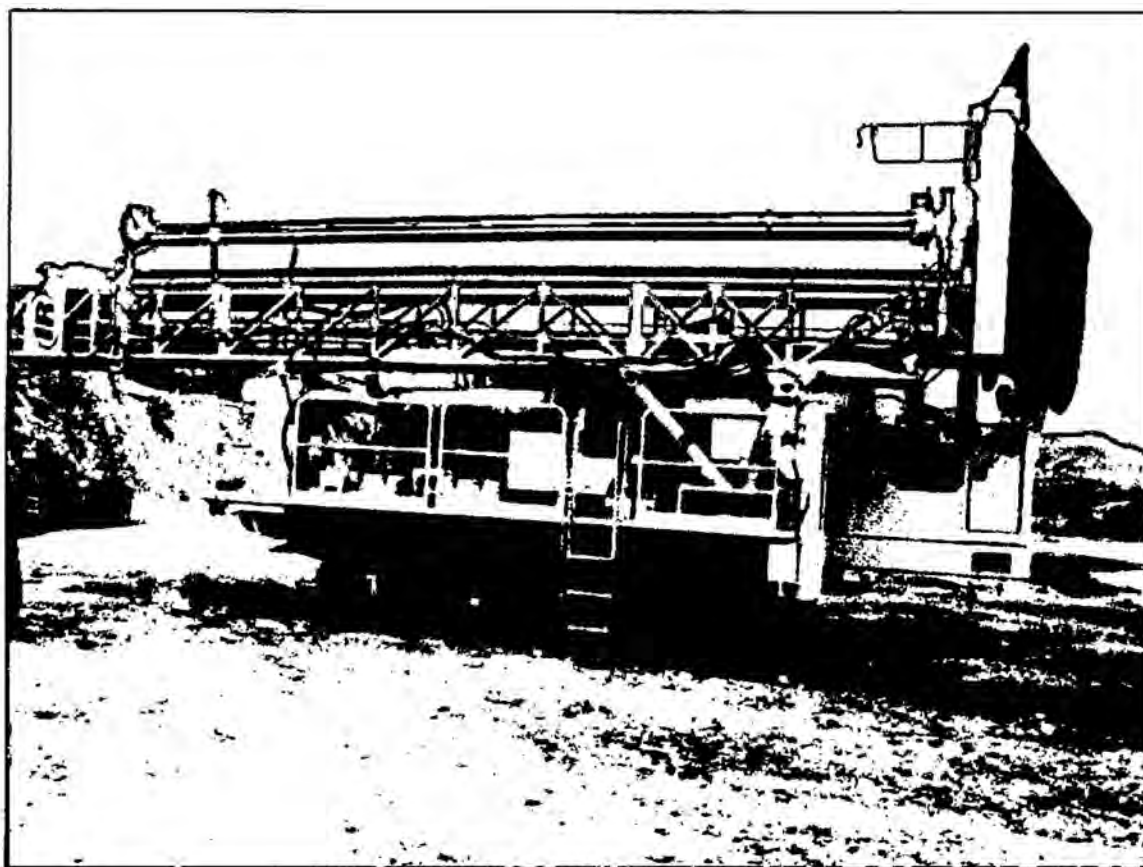


Figura 16: Perforadora I.R. DM 45

Fuente: Departamento de control de equipos –COMARSA - 2008

Cuadro 12

Especificaciones Técnicas de la Perforadora Ingersoll Rand DM45E/HP

ESPECIFICACIÓN	DM45E/HP
Rango de perforación	5-1/8" a 7-7/8" (130 a 200 mm)
Rango de perforación con martillo	6" a 8-7/8" (152 a 225 mm)
Capacidad pulldown	45,000 lbs (20400 Kg)
Velocidad de avance rápido	0 – 102 ft/min (31 m/min)
Velocidad de retracción	0 – 159 ft/min (48 m/min)
Capacidad de pullback	370,700 lbs (17100 Kg)
Motores de rotación	Dos, de 6.0 y 4.0 cubic inch
Tipo de motor	Desplazamiento variable y fijo
Torque máximo cabezal	6200 ft-lbs (8400 Nm)
Rango de velocidad cabezal	0 a 200 rpm
Reducción cabezal de rotación	15:1
Rosca del splindle	4" API I.F.
Compresor	900-1050 CFM/350 psig
Motor diesel	Detroit 12V71TA Cummins KTA-19C Caterpillar 3412

<p>Capacidad combustible Sistema hidráulico</p> <p>Capacidad de bombas</p>	<p>15 U.S. gal (8141) Dos bombas desplazamiento variable Una bomba de dos cuerpos Una bomba axial pist. Principales 54.5 gpm (206.3 l/min) c/u Doble 39/25 gpm (148/94.6 l/min) Bomba avance lento 11.6 gpm</p>
<p>Capacidad estanque aceite hidráulico Sistema de filtrado Presiones del sistema hidráulico</p> <p>Sistema eléctrico Tipo de protecciones al paquete de potencia</p>	<p>67 gal (254 l) 10 micrones Rotación 3000 psi (20684 MPa) Avance 3000 psi (20684 MPa) Traslación 4500 psi (31027 MPa) Circuitos aux. 3000 psi (20684 MPa) Indicador murphy operando sobre: Baja presión de aceite Alta temperatura aire descarga Alta temperatura agua motor</p>

Fuente: San Martin V., José. Manual de Perforación (2008) "Manual Atlas Copco".



Figura 17: Plataforma perforada lista para el carguío con explosivos

Fuente: Operaciones mina-COMARSA - 2012

3.2.2. Voladura

Durante el año 2008 FAMESA desarrolla el SANG, y se realiza pruebas minera SANTA ROSA (Comarca). Registrándose el primer disparo con una emulsión de este tipo en el Perú y se realizaron 04 disparos en todos los tajos en los meses de Noviembre y Diciembre.

a) Descripción y Usos de la Emulsión Matriz:

- Es una Solución Acuosa de Nitrato Gasificable (Emulsión Matriz) se almacenará solamente con productos compatibles.

Densidad de matriz inerte: 1.38 g/cm³

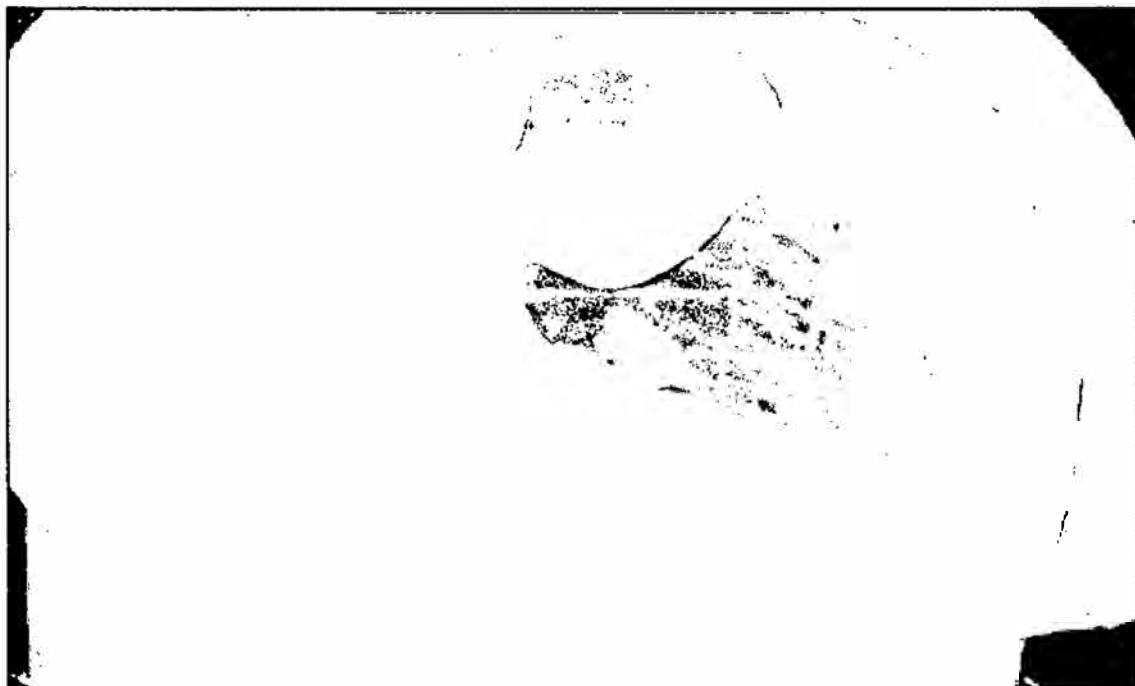


Figura 18: Emulsión Matriz

Fuente: Departamento de Voladura Famesa –COMARSA- 2010

b) Descripción de Solución N20:

- Es una solución acuosa de sales oxidantes químicamente balanceada de naturaleza iónica.
- La SOLUCION N-20 se usa como agente sensibilizante de la emulsión SAN-G.

- La solución N-20 no presenta riesgos en su manipulación. Almacénese bajo techo; a la sombra y en empaque original, por debajo de 30 °C.
- EL SAN-G se utiliza en minería a tajo abierto en las mismas condiciones que cualquier agente de voladura tipo Anfo Pesado, por su resistencia al agua permite trabajar en taladros inundados.
- Como resultado de la reacción química entre la emulsión matriz inerte y la solución N20, se produce gas Nitrógeno que queda atrapado en burbujas dentro de la matriz. Son estas burbujas de Nitrógeno las que sensibilizan la emulsión.²⁶

c) **Diseño de las mallas de perforación y voladura**

Cuadro 13

Parámetros de perforación y voladura

Parámetro	Roca Suave	Roca Media	Roca Dura
Díámetro de taladro (pulg.)	5.75	5.75	5.75
Malla de perforación	Triang equil	Triangequilát	Triang.equilát
Burden (m)	5.65	4.78	3.91
Espaciamiento (m)	6.50	5.50	4.50
Altura de banco (m)	8.00	8.00	8.00
Altura de taladro (m)	8.50	8.50	8.50
Sobre-perforación (m)	0.50	0.50	0.50
Taco (m)	3.00	2.00	1.50

Fuente: Perforación y voladura-COMARSA - 2010

²⁶ ORTIZ Cesar, “Manual de inducción en carguío y acarreo en COMARSA”. La Libertad- Perú, 2010.

Cuadro 14

Factor de carga utilizado en COMARSA

ROCA O MINERAL	FACTOR DE CARGA (kg/m ³)
Skarn Sulfuro	0.7-0.72
Skarn Óxido	0.65-0.62
Diorita	0.60-0.65
Caliza mármol	0.60-0.62
Monzonita	0.55-0.58
Andesita	0.55-0.58
Aluvial	0.4

Fuente: Perforación y voladura-COMARSA - 2010

3.2.3. Carguío de material

a) Clasificación del material:

Los materiales antes de ser cargados y acarreados son clasificados según su contenido de oro, para los fines que la empresa COMARSA requiere, ya que conociendo el tipo de yacimiento que proporciona leyes bajas de mineral y que nos muestra en promedio 0.50 gr./Tm; esa variación de leyes obliga que el sistema de explotación para que sea un ~~minado selectivo, entonces el material que se encuentra por debajo de la ley de corte,~~ actualmente de 0.30 gr./Tm de Au, debe destinarse a los botaderos naturales con que se cuenta en los diferentes tajos de explotación y el material categorizado como mineral es depositado en los Pads Recargables que luego de un tiempo de regado de en promedio de 28 días es nuevamente transportado a los Pads Múltiples. .

Se tiene una codificación de colores que representa el tipo de mineral en el campo de tal manera que se pueda diferenciar polígono de mineral de alta ley, con el de baja y así mismo con el desmonte.

Para la extracción diaria se realiza una programación en coordinación estrecha con operaciones Mina teniendo en cuenta el tipo de ley, accesibilidad y granulometría del mineral que se va a extraer.²⁷

CATEGORIA	Ley (gr. / tm)	
A	> 1.10	LEY ALTA
B	0.60 - 1.10	LEY MEDIANA
C	0.30 - 0.60	LEY BAJA
D	< 0.30	DESMONTE (Cut- Off)

Figura 19: Categorización del material de acuerdo a su Ley

Fuente: Área Ore Control mina-COMARSA - 2010

b) Carguío:

Para esta actividad se cuenta con equipos de carguío de mediana productividad, como excavadoras hidráulicas y cargadores frontales que ejecutan el carguío del material ya sea a un carril o ambos carriles, dependiendo de las condiciones que exija la operación.

La incorrecta selección del equipo de carguío en un frente de trabajo repercute en el avance del planeamiento a corto plazo; trayendo como consecuencia el no cumplimiento de la producción de mineral y desmonte, también repercute en el incremento de los costos unitarios del carguío.

²⁷ORTIZ César, "Manual de inducción en carguío y acarreo en COMARSA". la Libertad- Perú, 2010.



Figura 20: Equipo de carguío CAT 365

Fuente: Control de Equipos mina-COMARSA - 2013

3.2.4. Acarreo de material:

El acarreo en COMARSA de los distintos frentes de trabajo a las descargas de mineral y desmonte se realizan con volquetes de 15m³ de capacidad. En la actualidad se cuenta con un promedio de 150 volquetes entre Volvo FM, Volvo FMX y Scania 460.

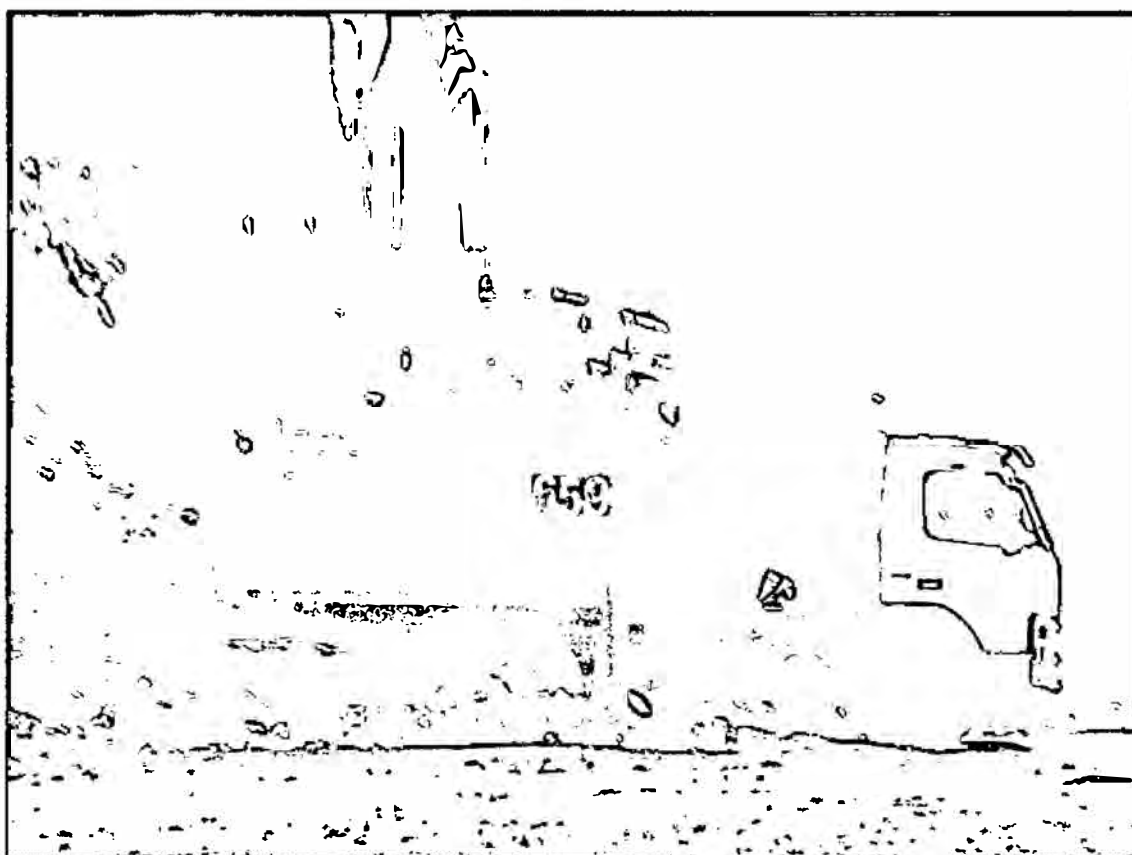


Figura 21: Equipo de acarreo

Fuente: Control de Equipos mina-COMARSA - 2013

3.2.5. Empuje de material:

Esta actividad se realiza especialmente en los botaderos y en los Pads, ya que simplemente no debe acumularse el material si no extenderse, para esta actividad se cuenta con cargadores y tractores.

- Los Tractores (D6), frecuentemente se utilizan en las descargas de los botaderos, ya que su desventaja es que en los Pads se debe dosificar el mineral con la Cal, muy poco se le utiliza en el banqueteo de material, ya que los movimientos del lampón o la hoja solo se predispone para empuje de material en posición frontal, por esta razón se le usa con frecuencia en los botaderos. En los botaderos debe avanzar hacia adelante manteniendo la pendiente de 1% del botadero. Dejando una berma de seguridad en toda la cresta del botadero de 0.8 mts de altura.

- Los Cargadores Frontales, se utilizan tanto en el Pad como en los Botaderos, son más dinámicos que los tractores, la única desventaja de usarlos, es que su costo por hora es más elevado que un tractor, al igual que un tractor debe cumplir su función en los botaderos.

a) Empuje en botaderos:

En COMARSA, la plataforma del botadero debe tener una pendiente como máxima de 1% y se descarga en un sistema de módulos con una altura de 8 m. En la descarga de los volquetes la pendiente impide que estos hagan contrapeso hacia atrás. Se tiene como regla general que en un botadero solo debe ubicarse el equipo de empuje y el vigía o cuadrador de volquetes con sus respectivos implementos de seguridad.



Figura 22: Equipo de acarreo en la descarga

Fuente: Control de Equipos mina-COMARSA - 2013

b) Empuje en pads:

Lugar donde se descarga el mineral, al igual que los botaderos debe asegurarse una pendiente ligera de 1%, con la diferencia de que no se deja berma de seguridad en la cresta del material apilado, ya que por razones de operación el mineral tiene que mezclarse con la cal.



Figura 23: Empuje de mineral en el Pad 14-Tractor 750C

Fuente: Operaciones mina-COMARSA - 2013

c) Empuje en vías, banquetas o rampas:

Para el corte de material en otras zonas, la elaboración de rampas, ampliación de botaderos, ampliación de ancho de las vías como así mismo el banqueteo de los bancos disparados en COMARSA, se usa tractores de mayor capacidad como los D8s y D9 los cuales tienen la capacidad de poder manejar la hoja de corte en distintos ángulos.



Figura 24: Construcción de rampa-tractor D8R

Fuente: Operaciones mina-COMARSA - 2013

3.2.6. Servicios auxiliares:

Adicionalmente COMARSA cuenta con equipos para realizar trabajos auxiliares como:

a) Mantenimiento de vías:

El mantenimiento de las vías es esencial para el tráfico de volquetes, sobre todo para que estos puedan mantener su velocidad de traslado manteniendo un ciclo de acarreo constante, en COMARSA se realiza el mantenimiento, tanto de las rutas de traslado hacia los botaderos y Pads como también las zonas de carguío y descarga.

Para estos trabajos se utilizan Cargadores, Motoniveladoras y Rodillos.

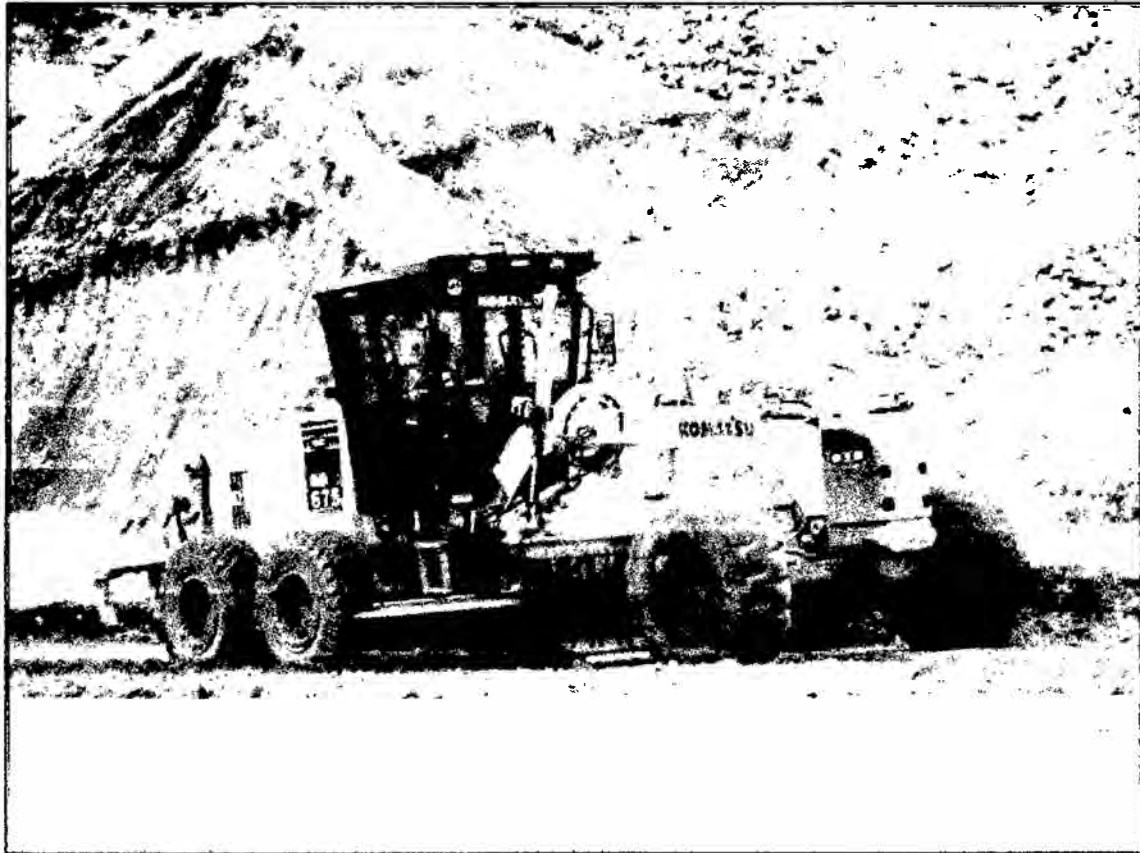


Figura 25: Mantenimiento de vía-motoniveladora GD-675

Fuente: Operaciones mina-COMARSA - 2010

b) Regado de vías:

Debido al clima que es demasiado seco utilizamos Cisternas para disipar el polvo, tanto en las rutas como en las zonas de carguío y descargas. El regado se realiza con el uso de Aspersores y Regaderas.²⁸

²⁸ORTIZ Cesar, "Manual de inducción en carguío y acarreo en COMARSA". La Libertad- Perú, 2010.

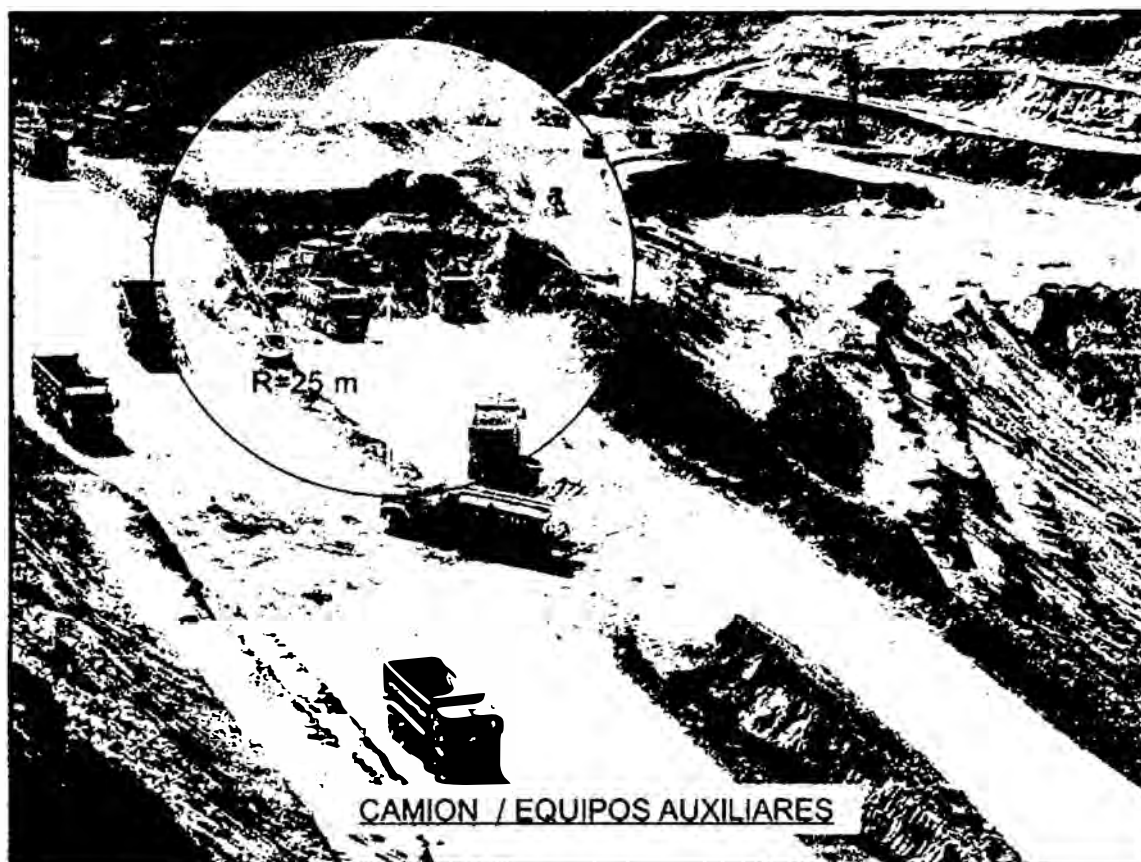


Figura 26: Distancia de seguridad de equipos auxiliares

Fuente: Operaciones mina-COMARSA - 2010

c) Sistema de drenajes:

Comarsa cuenta con un sistema de Drenajes en todas sus vías con la finalidad de captar las aguas de las lluvias y desviarlo a las quebradas naturales con la finalidad de no afectar a las vías existentes.

Para ello se hace uso de excavadoras de pequeña producción y retroexcavadoras.

d) Perfilado en botaderos y Pads.

Esta actividad se realiza especialmente en los botaderos y en los Pads, ya que simplemente no debe acumularse el material si no extenderse, para esta actividad se cuenta con cargadores y tractores de menor tamaño.

Cuadro 15

Características Técnicas de los Equipos Auxiliares

EQUIPOS DE EMPUJE									
EQUIPO	MODELO	MARCA	UNID.	POT.	PESO	CAPAC.	L.	AN.	AL
				HP	Tn	m3	m	m	m
Cargador Frontal	L180	Volvo	8	280	25.5	4.7	3.2	3.2	4.7
Cargador Frontal	966G	Caterpillar	6	280	22.9	3.8	3.5	2.9	3.8
Tractor	D6D	Caterpillar	4	180	16.1	4.2	4.1	2.5	3.1
Tractor	D6G	Caterpillar	2	155	18.1	8.6	5.1	2.6	3.1
Tractor	D65E	komatsu	2	190	18.5	8.9	5.5	3.7	3.1

Fuente: Departamento De Control De Equipos – COMARSA - 2010

- **Los Tractores**, frecuentemente se utilizan en las descargas de los botaderos, ya que su única desventaja es la lentitud frente a varias flotas que descargan en los Pads, muy poco se le utiliza en el banqueteo de material, ya que los movimientos del lampón o la hoja solo se predispone para empuje de material en posición frontal, por esta razón se le usa con frecuencia en los botaderos.

En los botaderos debe avanzar hacia adelante manteniendo la pendiente de 1% del botadero. Dejando una berma de seguridad en toda la cresta del botadero de 0.8 mts de altura²⁹

- **Los Cargadores Frontales**, se utilizan tanto en el Pad como en los Botaderos, son más rápidos que los tractores, la única desventaja de usarlos, es que su costo por hora es más elevado que un tractor, al igual que un tractor debe cumplir su función en los botaderos.

²⁹ ORTIZ Cesar, “Manual de inducción en carguío y acarreo en COMARSA”. La Libertad- Perú, 2010.

e) Perfilado en vías, rampas y banquetas.

Para el corte de material en otras zonas, la elaboración de rampas, ampliación de botaderos, ampliación de ancho de las vías como así mismo el banqueteo de los bancos disparados en COMARSA, se usa tractores de mayor capacidad como los D8s y D9 los cuales tienen la capacidad de poder manejar la hoja de corte en distintos ángulos.

Cuadro 16

Características técnicas de los equipos de perfilado

EQUIPOS DE EMPUJE PARA (VIAS, RAMPAS Y BANQUETAS, AMPLIACIONES)									
EQUIPO	MARCA	MODELO	UNID.	POT.	PESO	LONG	ALT.	AN.	CAPAC.
				HP	Tn	m	m	m	m3
Tractor	Caterpillar	D8R	5	350	37.5	6.3	3.5	3.1	11.7
Tractor	Caterpillar	D8N	6	310	37.9	4.9	3.4	3.4	11.7
TOTAL			11						

Fuente: Departamento de control de equipos – COMARSA - 2010

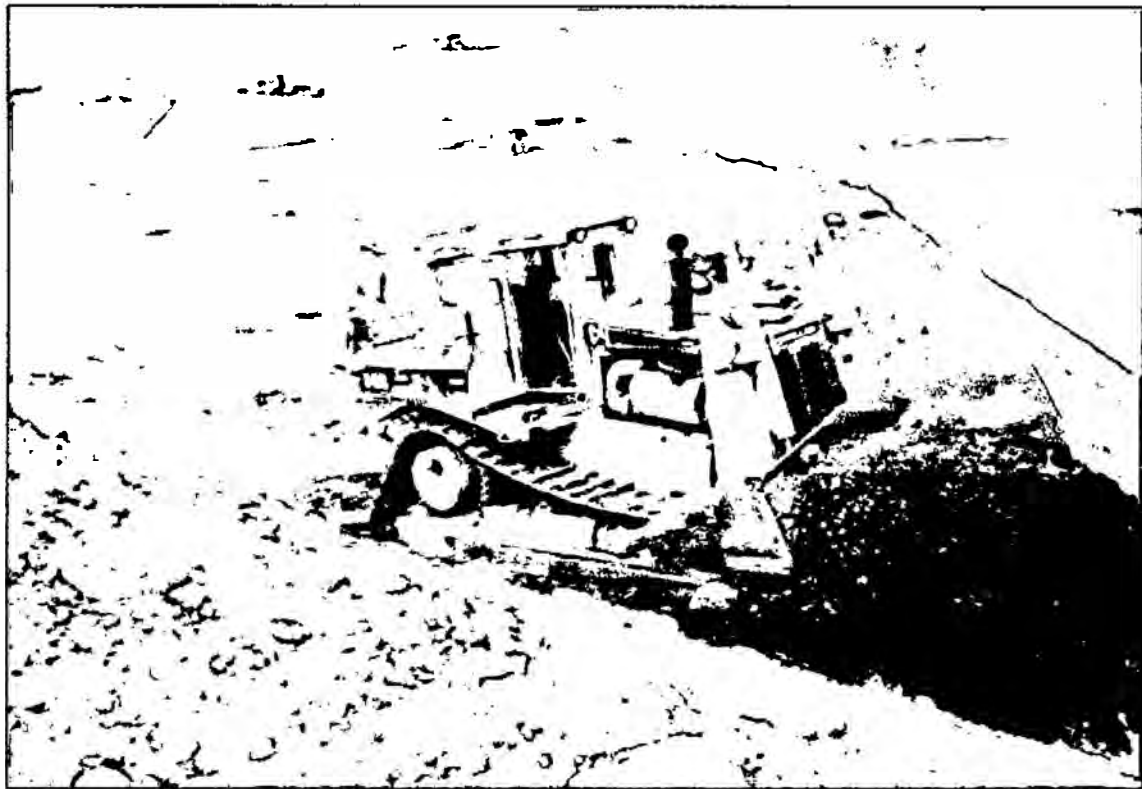


Figura 27: Perfilado de material en el botadero 05-Tractor D8R

Fuente: Operaciones mina-COMARSA - 2012

3.3. Esquema básico de extracción y producción

Comarsa desarrolla sus operaciones en el paraje Pampa Larco, distrito de Angasmarca, provincia Santiago de Chuco, en La Libertad, opera la unidad minera Santa Rosa-Comarsa que está compuesta por 5 tajos auríferos: Tentadora, Sacalla , Seductora, Cochabara y Clarita.

Sistema de Carguío y Acarreo

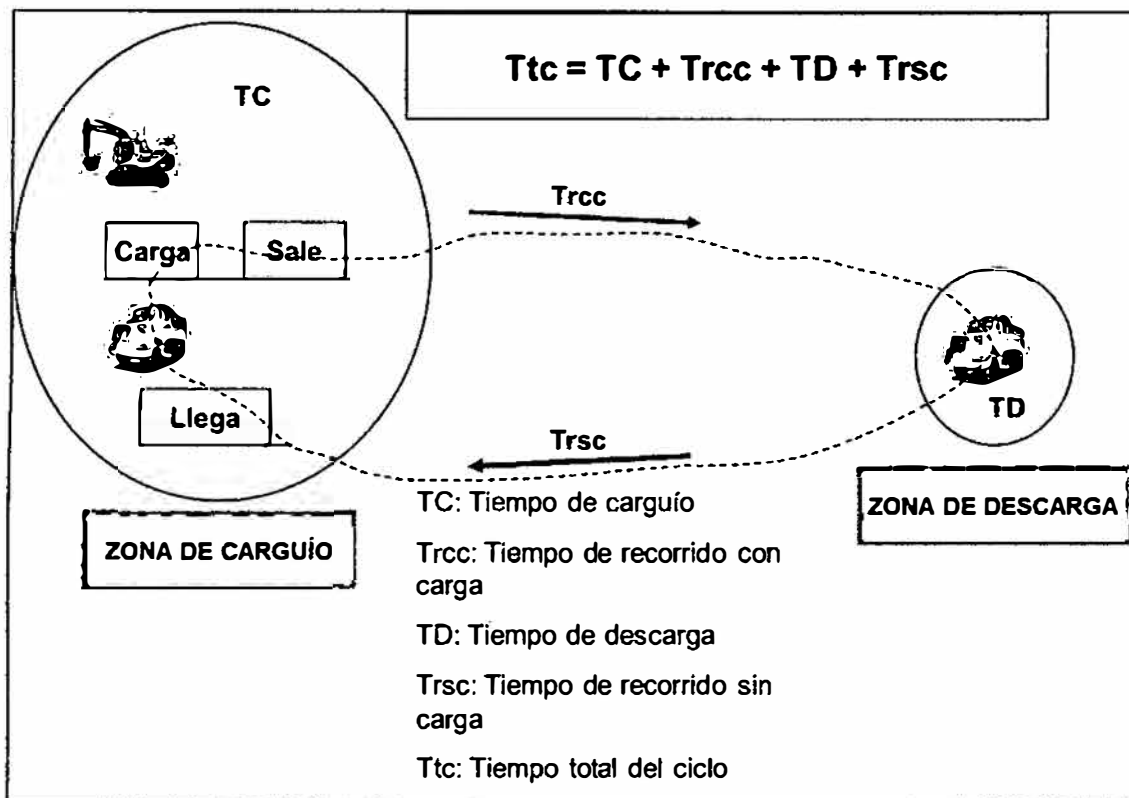


Figura 28: Ciclo de carguío y acarreo

Fuente: Control de equipos mina– COMARSA - 2010

3.3.1. Descripción del método de control de producción

El carguío de mineral y desmonte se realiza con cargadores frontales y excavadoras hidráulicas, mientras el acarreo con volquetes Volvo; FM-440 y FMX-440 ambos de 15 m³, pertenecientes a Contratas como: POMISPA, SAN SIMON, TRANSFLOSA, JAM. EQUIPOS, OPERACIONES COMERCIALES, MONTE CARMELO, ANKA EQUIPOS, CORFRANSA.

El tiempo para efectuar el acarreo depende del nivel o banco de operación en el que se esté trabajando, como también del destino que tenga dicho material a acarrear. Para el control del carguío y Acarreo, se cuenta con supervisores de frente del Área del control de equipos, para la supervisión de los frentes de operación; donde se controla a la operación en sí y los tiempos de equipos, para ello el supervisor de frente cuenta con un

PDA (**Personal Digital Assistant**), que permite recopilar información necesaria con respecto a la actividad de los equipos.

Una vez recopilada dicha información, la **Central de Monitoreo** son los encargados de controlar el rendimiento de los equipos, comunicando sobre el bajo rendimiento para que se tome las medidas correctivas en ínsito; así mismo dar a conocer el avance del cumplimiento del Plan Minado.

Tener la información actualizada en cuanto a la disponibilidad mecánica (mensual y diaria) de los equipos tanto de Contratas y Compañía; así poder elaborar la programación diaria de Los equipos, de acuerdo a los requerimientos solicitados por las diferentes áreas de la Unidad Minera.

Elaborar resumen ejecutivo diario para la Superintendencia de Mina, presentando Indicadores en cuanto al desarrollo de las operaciones para cumplimiento del Plan Minado.

Coordinar y dirigir la logística de los equipos en operaciones, para cumplir oportunamente con la Programación diaria de los equipos. Informe de gestión de control de equipos COMARSA.³⁰

³⁰ ORTIZ Cesar, “Manual de inducción en carguío y acarreo en COMARSA”. la Libertad- Perú, 2010.

3.4. Geo mecánica del macizo rocoso

El término geomecánica se aplica al conjunto de disciplinas relacionadas con geología, ingeniería civil, ingeniería de minas y geofísica, para estudio de las condiciones de desestabilidad, deformación y resistencia de macizos rocosos. Parcialmente se le puede considerar sinónimo de mecánica de rocas, pues además comprende mecánica de suelos. La geomecánica se distingue de la geotecnia en que en ésta se atienden principalmente terrenos no consolidados. En algunos casos, para el avance y la culminación de proyectos constructivos, las características geológicas locales requieren integración de ambas disciplinas.

Mecánica de rocas es la ciencia teórica y aplicada al comportamiento mecánico de rocas y de macizos rocosos. Tal como en geología, es la rama de la mecánica concerniente a la respuesta de estos entes litológicos a los campos de fuerzas de su ambiente físico.

La mecánica de rocas forma parte de la geomecánica, disciplina relativa a las respuestas mecánicas de todos los materiales geológicos, incluidos los suelos. Aplicada a ingeniería geológica, del petróleo y civil, se enfoca a puesta en operación de los principios de ingeniería mecánica a diseño de estructuras litológicas con propiedades absorbentes es un comportamiento típico elasto plástico ,es decir en un inicio de la generación de los esfuerzos transmitidos a la matriz esta se comporta linealmente (fase elástica), pasando de allí a un estado plástico en el cual la matriz tiende a comportarse absorbiendo un alto grado de energía a medida que se incrementa los valores de esfuerzos normales aumentando el valor de la deformación inducida , hasta generar una deformación que se incrementa con bajos valores de esfuerzos (a esta fase se la conoce como fluencia), es decir la matriz que ha acumulado energía de deformación originando la cohesión de los cristales en las primeras fases de liberación

de esfuerzos ha originado que la roca sea más resistente al proceso de rotura por ende la energía del explosivo que se trasmite al medio debe ser un explosivo con un alto poder rompedor , que mantenga su liberación de energía alta y constante para vencer el estado plástico y el grado de cohesión que alcanza la matriz , venciendo la resistencia dinámica tensional del macizo rocoso.

Hay cuatro variedades comunes de rocas metamórficas que pueden provenir de rocas sedimentarias o de rocas ígneas, según el grado de metamorfismo que presenten, dependiendo de la cantidad de calor y presión a la que se han visto sometidas. Así, la lutita se metamorfiza en pizarra a baja temperatura, pero si es calentada a temperaturas lo suficientemente elevadas como para que se recristalicen sus minerales arcillosos formando laminillas de mica, se metamorfiza en una filita, en los esquistos, los minerales de color claro (cuarzo y feldespato sobre todo) están distribuidos homogéneamente entre las micas de color oscuro; el gneis por el contrario, exhibe bandas de color características.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS DEL PLAN DE EXTRACCIÓN, CONDICIONES DE TRABAJO, CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO

4.1. Análisis de los requerimientos de producción

Las reservas al 31 de Diciembre del 2012 se determinaron con base al modelo de bloques actualizados al 30 de Noviembre del 2012, otorgado por Geología Mina, considerando una cotización del oro de 1,800 US\$ /Onza, La ley de Corte varía para cada tajo de acuerdo a los costos del año 2011.

Se muestra en la Siguiete tabla (Cuadro 17), los parámetros técnicos económicos de COMARSA para determinar las reservas.

Cuadro 17

Parámetros técnicos y económicos de COMARSA

PARAMETROS GENERALES						
PG	UNIDADES	TENTADORA	SACALLA	SEDUCTORA	COCHAVARA	CLARITA
PRECIO DEL METAL	US\$/oz Au	1,800.00	1,800.00	1,800.00	1,800.00	1,800.00
REC. METALURGICA	%	79.00	79.00	79.00	79.00	79.00
COSTOS						
MINA	US\$/Tm min	3.14	3.94	5.43	3.43	2.44
PLANTA	US\$/Tm min	1.47	1.50	1.38	1.50	1.64
G&A	US\$/Tm min	1.30	1.30	1.30	1.30	1.30
VENTAS	US\$/Tm min	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12

Fuente: Área planeamiento mina-COMARSA

Las reservas al 31 de Diciembre del 2012 son 119, 091, 800 TM con una ley media de 0.21 gr. Au/TM y una relación de desbroce de 1,55. (Cuadro 18) y el detalle de reservas por tajos (Cuadro 18)

La estimación de reservas ha sido realizada con los diseños operativos de los tajos de Sacalla, Seductora, Tentadora, Cochavara y Clarita, al mes de Noviembre del 2012.

Cuadro 18

Reservas de tajos en operación y proyectos al 31-12-12

MINA	LEY DE CORTE	CATEGORIA				TOTAL DE RESERVAS MINABLES		DESMONTE TON-METRIC	RELACION D/M SR
		PROBADO		PROBABLE		TM	Ley gr/TM		
		TM	Ley gr/TM	TM	Ley gr/TM				
TENTADORA	0.06	22,006,400.00	0.19	9,156,200.00	0.16	31,162,600.00	0.18	38,141,600.00	1.22
SACALLA	0.06	14,199,000.00	0.30	8,447,000.00	0.21	22,646,000.00	0.26	55,000,000.00	2.43
SEDUCTORA	0.06	14,586,300.00	0.26	9,145,500.00	0.22	23,731,800.00	0.24	28,263,900.00	1.19
COHAVARA	0.06	20,032,800.00	0.19	6,158,600.00	0.17	26,191,400.00	0.18	36,638,400.00	1.40
CLARITA	0.07	11,268,000.00	0.18	4,092,000.00	0.18	15,360,000.00	0.18	26,586,000.00	1.73
TOTAL		82,092,500.00	0.22	36,999,300.00	0.19	119,091,800.00	0.21	184,629,900.00	1.55

Fuente: Área planeamiento mina-COMARSA- 2012

Del Cuadro 18, se describe las reservas minables de cada tajo que está programado para la extracción en el año 2013, según el plan de minado. En la Figura 29, se aprecia que el tajo que cuenta con más de 30, 000, 000.00 TM de mineral es el tajo “Tentadora”.

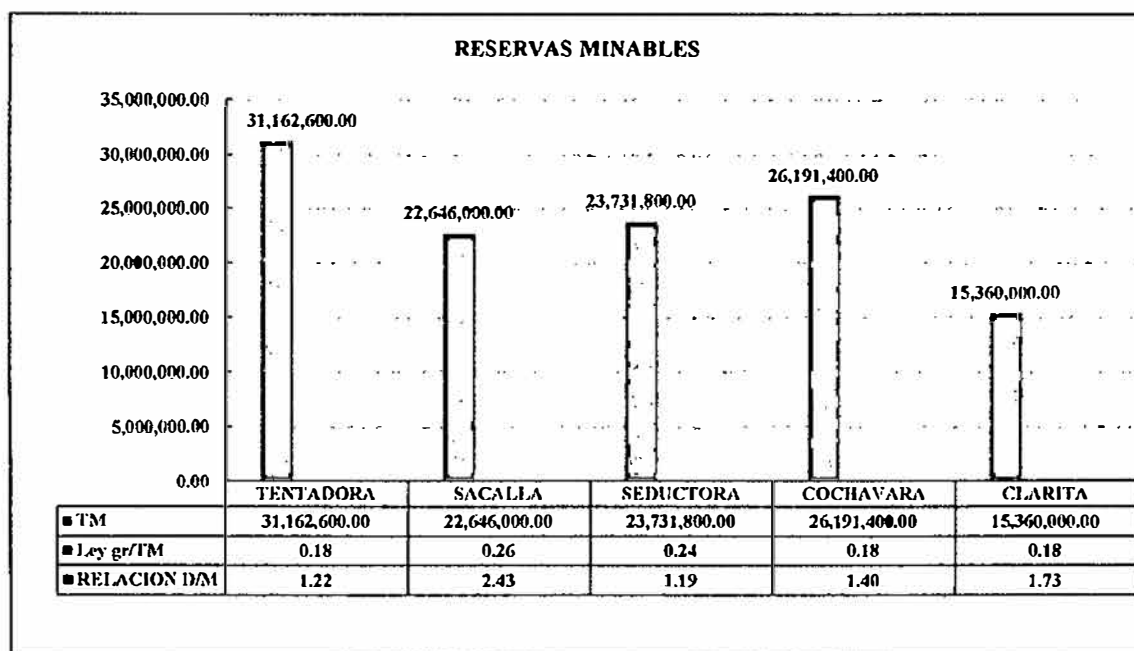


Figura 29: Reservas minables de los tajos

Fuente: Elaboración Propia 2013

4.1.1. Plan de extracción operación mina 2013

Este año los planes de explotación se concentrarán en primer nivel en el tajo CLARITA, con una extracción de 1 500 000 a 1 000 000 Tm de mineral con una ley de 0.30, 0.25 y 0.24 Gr Au/Tm. Asimismo su relación de desbroce es de 1.50 y a final de año se incrementa a 2.

Según el plan el tajo CHOCHAVARA se empezará a explotar después del primer trimestre del año, debido a las condiciones climáticas adversas. La explotación se empezara con una relación de desbroce de 2 y terminara de igual forma. La ley del yacimiento es de 0.2 Gr Au/Tm.

El tajo SACALLA se explotará a partir del mes de enero con una relación de desbroce de 1.38 y terminará en 2. La ley del yacimiento es de 0.25Gr Au/Tm.

El tajo SEDUCTORA se explotará a partir del mes de enero con una relación de desbroce de 7 y terminará en 2. La ley del yacimiento es de 0.20, 0.23 Y 0.24 Gr Au/Tm.



Cuadro 19
Plan de minado COMARSA 2013

MES/ES	TOCHAVARA				SACAJALA				SUBICUTURA				CLAROTA				SANTA ROSA				
	MINERAL	Gr. Au TM	DESPLAZAM	W.O.R	MINERAL	Gr. Au TM	DESPLAZAM	W.O.R	MINERAL	Gr. Au TM	DESPLAZAM	W.O.R	MINERAL	Gr. Au TM	DESPLAZAM	W.O.R	MINERAL	Gr. Au TM	DESPLAZAM	W.O.R	MINERAL
Enero	0.00	0.00	0.00	0.00	200,000.00	0.29	276,000.00	1.38	100,000.00	0.20	700,000.00	7.00	1,500,000.00	0.30	2,250,000.00	1.50	1,800,000.00	0.29	3,226,000.00	1.79	5,026,000.00
Febrero	0.00	0.00	0.00	0.00	200,000.00	0.29	276,000.00	1.38	100,000.00	0.20	700,000.00	7.00	1,500,000.00	0.30	2,250,000.00	1.50	1,800,000.00	0.29	3,226,000.00	1.79	5,026,000.00
Marzo	0.00	0.00	0.00	0.00	200,000.00	0.29	276,000.00	1.38	100,000.00	0.20	700,000.00	7.00	1,500,000.00	0.30	2,250,000.00	1.50	1,800,000.00	0.29	3,226,000.00	1.79	5,026,000.00
Abril	300,000.00	0.25	600,000.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0	250,000.00	0.22	500,000.00	2.00	1,500,000.00	0.25	3,000,000.00	2.00	2,050,000.00	0.26	4,100,000.00	2.00	6,150,000.00
Mayo	500,000.00	0.25	1,000,000.00	2.00	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00	0	1,500,000.00	0.25	3,000,000.00	2.00	2,000,000.00	0.25	4,000,000.00	2.00	6,000,000.00
Junio	300,000.00	0.25	600,000.00	2.00	150,000.00	0.29	300,000.00	2.00	90,000.00	0.22	180,000.00	2.00	1,500,000.00	0.25	3,000,000.00	2.00	2,040,000.00	0.25	4,080,000.00	2.00	6,120,000.00
Julio	150,000.00	0.25	300,000.00	2.00	200,000.00	0.30	400,000.00	2.00	150,000.00	0.23	300,000.00	2.00	1,500,000.00	0.25	3,000,000.00	2.00	2,000,000.00	0.26	4,000,000.00	2.00	6,000,000.00
Agosto	200,000.00	0.27	400,000.00	2.00	300,000.00	0.30	1,000,000.00	2.00	80,000.00	0.22	160,000.00	2.00	1,000,000.00	0.25	2,000,000.00	2.00	1,780,000.00	0.26	3,560,000.00	2.00	5,340,000.00
Septiembre	250,000.00	0.27	500,000.00	2.00	500,000.00	0.30	1,000,000.00	2.00	100,000.00	0.23	200,000.00	2.00	1,000,000.00	0.25	2,000,000.00	2.00	1,850,000.00	0.26	3,700,000.00	2.00	5,550,000.00
Octubre	250,000.00	0.27	500,000.00	2.00	250,000.00	0.31	500,000.00	2.00	250,000.00	0.24	500,000.00	2.00	1,000,000.00	0.24	2,000,000.00	2.00	1,750,000.00	0.26	3,500,000.00	2.00	5,250,000.00
Noviembre	250,000.00	0.29	500,000.00	2.00	250,000.00	0.31	500,000.00	2.00	250,000.00	0.24	500,000.00	2.00	1,000,000.00	0.24	2,000,000.00	2.00	1,750,000.00	0.27	3,500,000.00	2.00	5,250,000.00
Diciembre	250,000.00	0.29	500,000.00	2.00	250,000.00	0.31	500,000.00	2.00	250,000.00	0.24	500,000.00	2.00	1,000,000.00	0.24	2,000,000.00	2.00	1,750,000.00	0.27	3,500,000.00	2.00	5,250,000.00
SUBTOTAL	2,450,000.00		4,900,000.00		2,700,000.00		5,028,000.00		1,720,000.00		4,940,000.00		15,500,000.00		28,750,000.00		22,370,000.00		43,618,000.00		65,988,000.00
W.O.R				2.00				1.66				2.87				1.83				1.95	
Gr. Au/TM	0.20					0.25				0.20				0.26					0.27		
Rec %	0.70					0.65				0.67				0.74					0.70		
Gr. Au Prod	487,938.33					672,790.00				349,733.33				4,010,625.00					5,974,654.17		
Gr. Au	341,570.83					437,287.50				234,321.33				2,967,862.50					4,182,257.92		
Oncas Au	10,982.98					14,060.69				7,534.45				95,429.66					134,477.75		

Fuente: Area Planeamiento/COMARSA- 2013



Del Cuadro 19, se describe el requerimiento mensual de mineral que es más de 2, 000, 000.00 TM y para el cumplimiento de los planes mensuales se tiene que extraer desmante que asciende a más de 3, 000, 000.00 TM; haciendo un Striping Ratio (desmante/mineral) de 1.95.

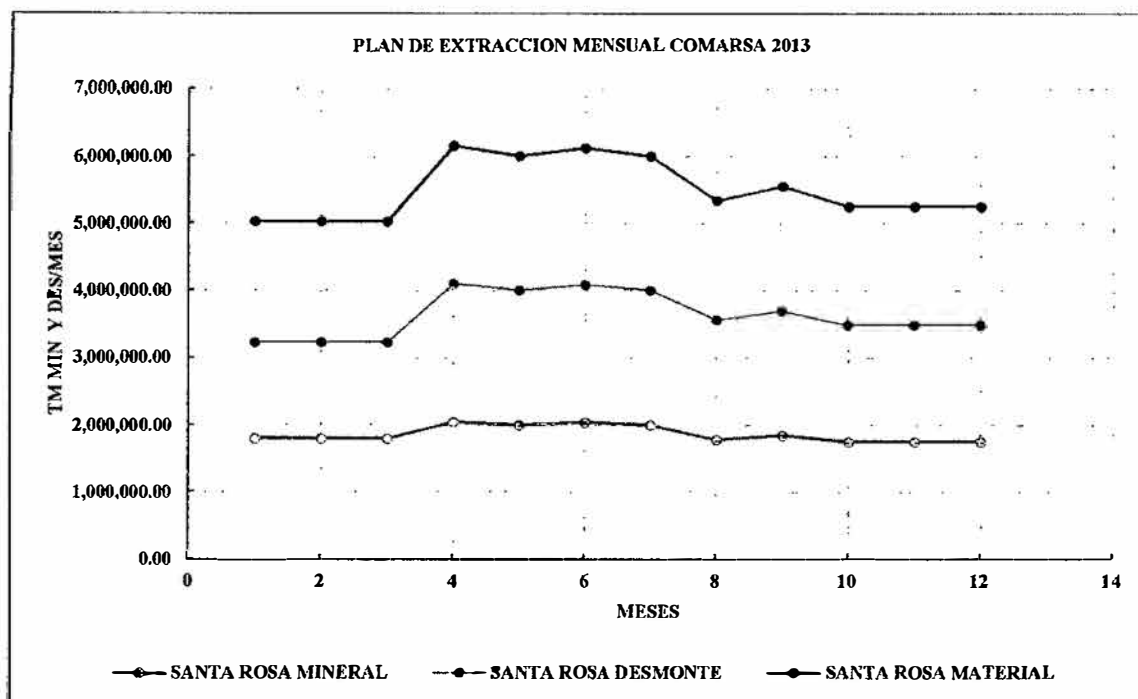


Figura 30: Requerimiento mensual de mineral y tonelaje total movido de material

Fuente: Elaboración propia 2013

4.1.2. Plan de extracción diario operación mina 2013

La capacidad de la planta es de 50, 000.00 TM de mineral, por ello en el plan se considera una producción diaria acumulada de los 4 tajos promedio de 71, 921.71TM y para lograr estos planes, están considerados remover 100, 816.05TM de desmante; llegando a hacer un movimiento de material diario más de 172, 737.78TM.

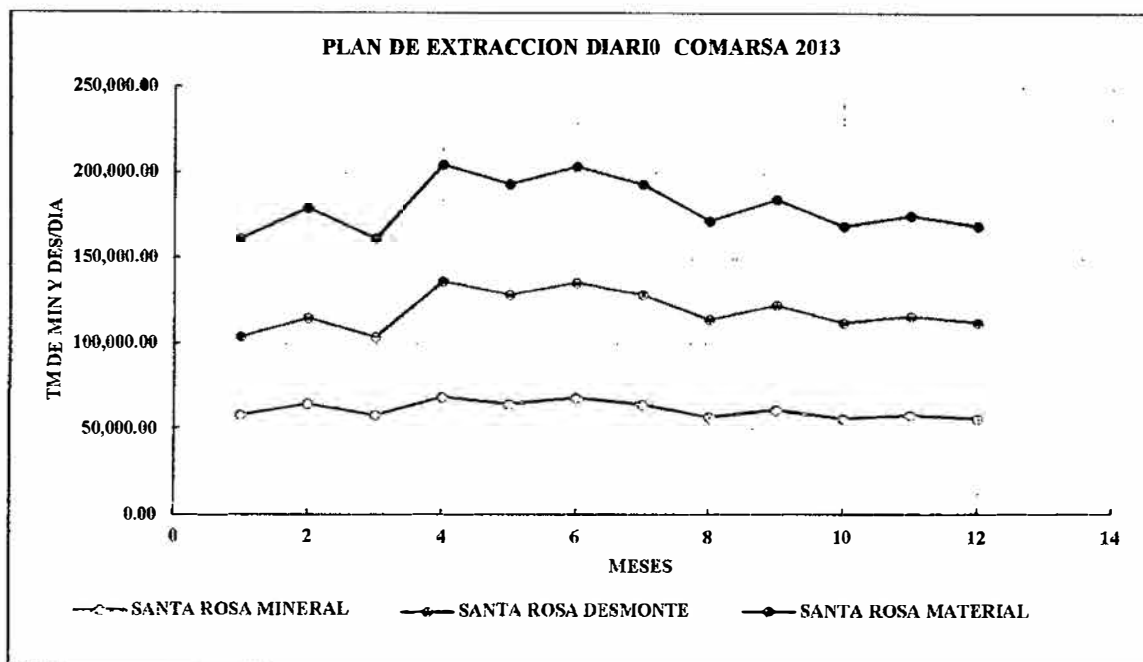


Figura 31: Producción diaria en la mina COMARSA de mineral, desmonte.

Fuente: Elaboración propia 2013

4.1.3. Plan de extracción diario en el tajo Cochavara 2013

Las actividades en el tajo Cochavara se iniciaran a partir de mayo del 2013, debido a que las condiciones climáticas no permiten trabajar durante el primer trimestre del año.

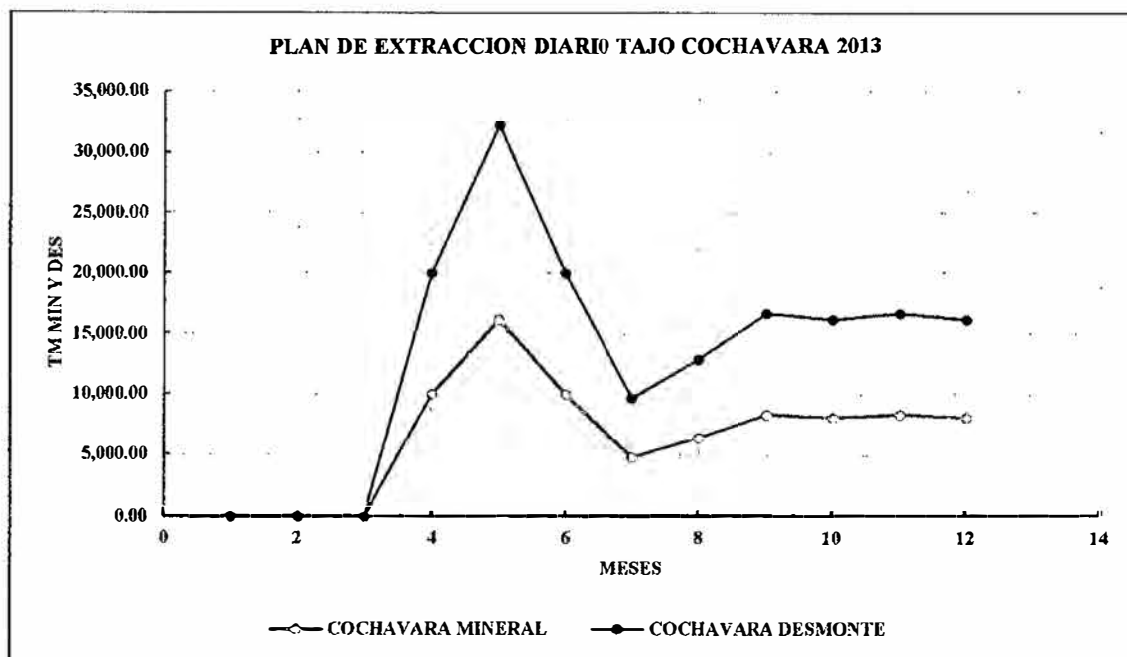


Figura 32: Producción diaria de mineral y desmonte en el tajo Cochavara.

Fuente: Elaboración propia 2013

4.1.4. Plan de extracción diario en el tajo Sacalla 2013

El tajo SACALLA se explotará a partir del mes de enero con una relación de desbroce de 1.38 y terminará en 2. La ley del yacimiento es de 0.25Gr Au/Tm.

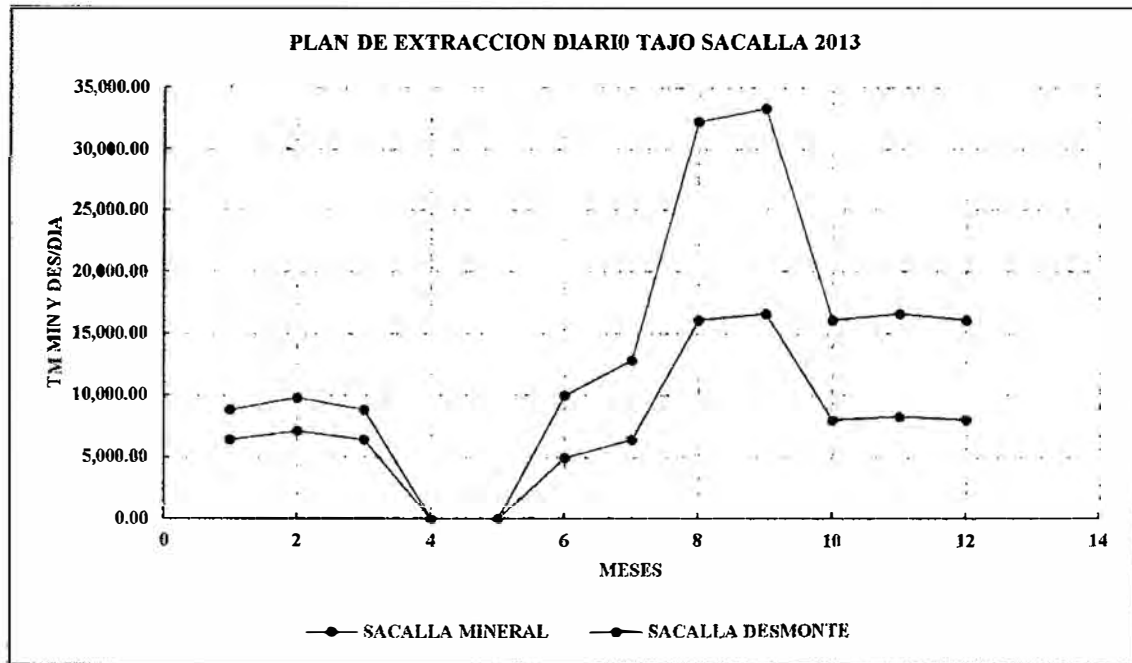


Figura 33: Producción diaria de mineral y desmonte en el tajo Sacalla.

Fuente: Elaboración propia 2013

4.1.5. Plan de extracción diario en el tajo Seductora 2013

Los planes de producción diaria se presentan en la figura 34.

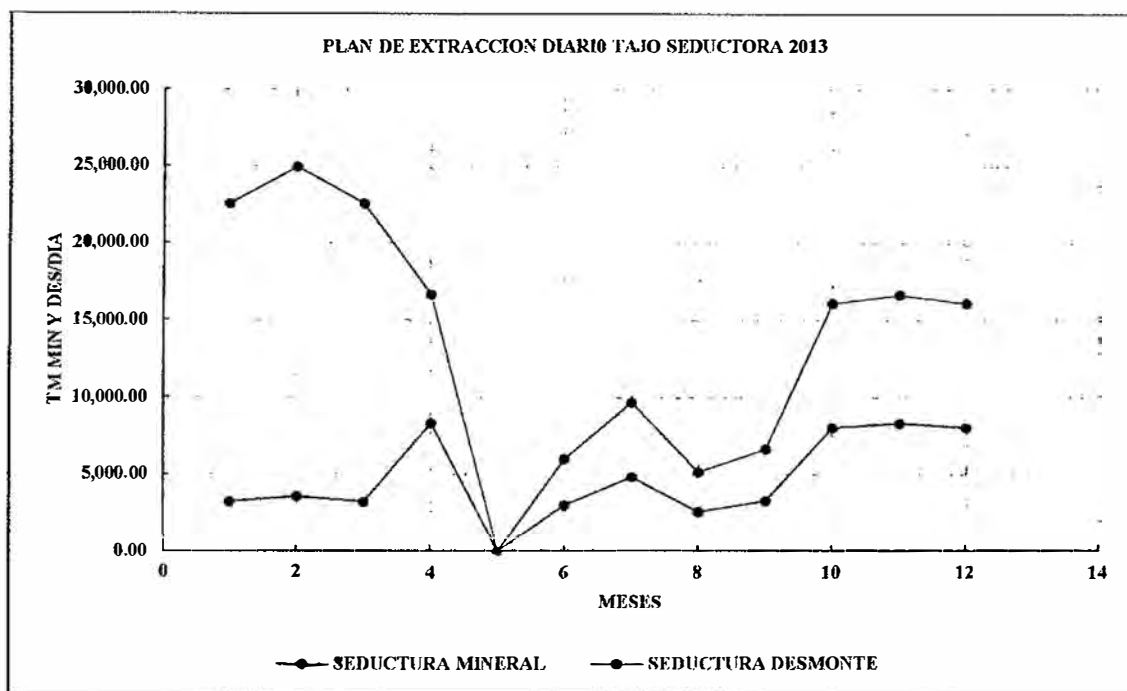


Figura 34: Producción diaria de mineral y desmonte en el tajo Seductora.

Fuente: Elaboración propia 2013

4.1.6. Plan de extracción diario en el tajo Clarita 2013

Este año los planes de explotación se concentrarán en primer nivel en el tajo CLARITA, con una extracción de 1 500 000 a 1 000 000 Tm de mineral con una ley de 0.30, 0.25 y 0.24 Gr Au/Tm. Asimismo su relación de desbroce es de 1.50 y a final de año se incrementa a 2.

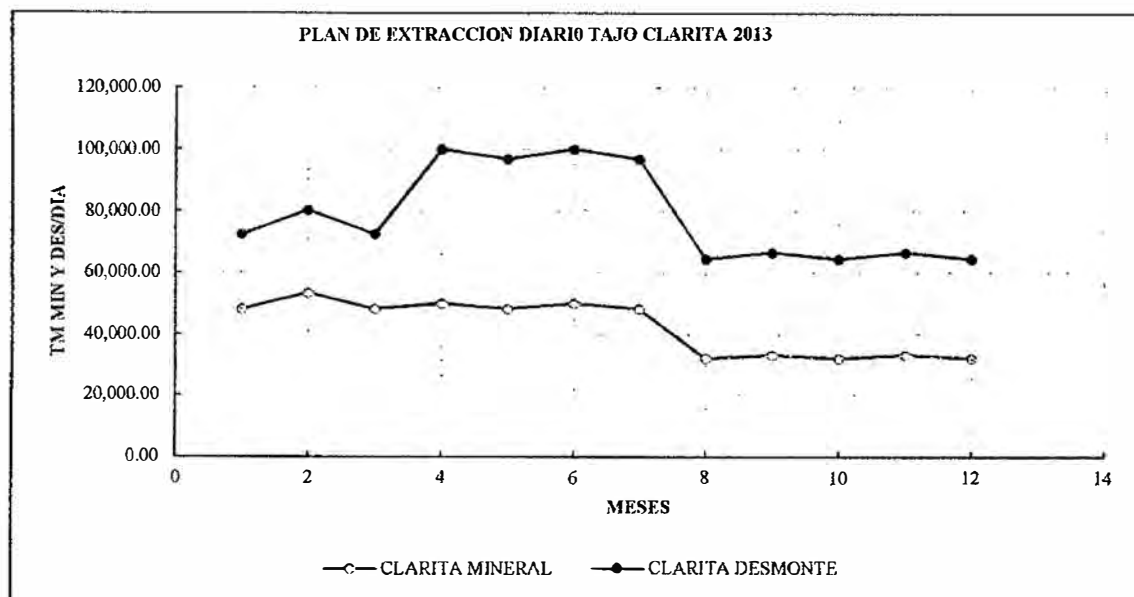


Figura 35: Producción diaria de mineral y desmonte en el tajo Clarita.

Fuente: Elaboración propia 2013

4.2. Análisis de las condiciones de trabajo.

Los factores de trabajo que están considerado son los siguientes:

- Acumulando Material
- Afluencia de flota, Bajando en rampa, apoyo, cambio equipo, frente y de uñas
- Buenas condiciones
- Cambio Posición
- Carguío en rampa / falta volquete. (adicionar.), condiciones climáticas, descarga llena, reducida, dos descargas, falla de otro equipo
- Falla mecánica
- Falta de volquetes adicional y programado(Tiempo Muerto)
- Frente Duro
- Lastrado vía y zona de carguío
- Mantenimiento de vía y zona de carguío
- Material contaminado y arcilloso
- Medio Ambiente (Polvo y Lluvia)

- Nivelación Piso
- Óptimas condiciones
- Perfilando Talud
- Poco Material
- Regado Vía
- Seleccionando Material y separación de bolones
- Traslado de perforadora y excavadora
- Vía reducida, congestionada y en malas condiciones
- Volquetes abastecimiento de combustible y engrase
- Zona Carguío en Rampa
- Zona carguío y descarga reducida
- Zona Descarga Reducida

Las principales condiciones de trabajo que afectaron negativamente al rendimiento de los equipos de carguío en el TAJO CLARITA (Ver Figura 36), fueron:

1. Acumulación de material
2. Cambio de equipo y de frente
3. Cambio de posición
4. Falla mecánica
5. Mantenimiento de vía y zona de carguío
6. Perfilado de talud
7. Poco material
8. Traslado de excavadora
9. Vía reducida
10. Zona de carguío reducida
11. Condiciones climáticas adversas

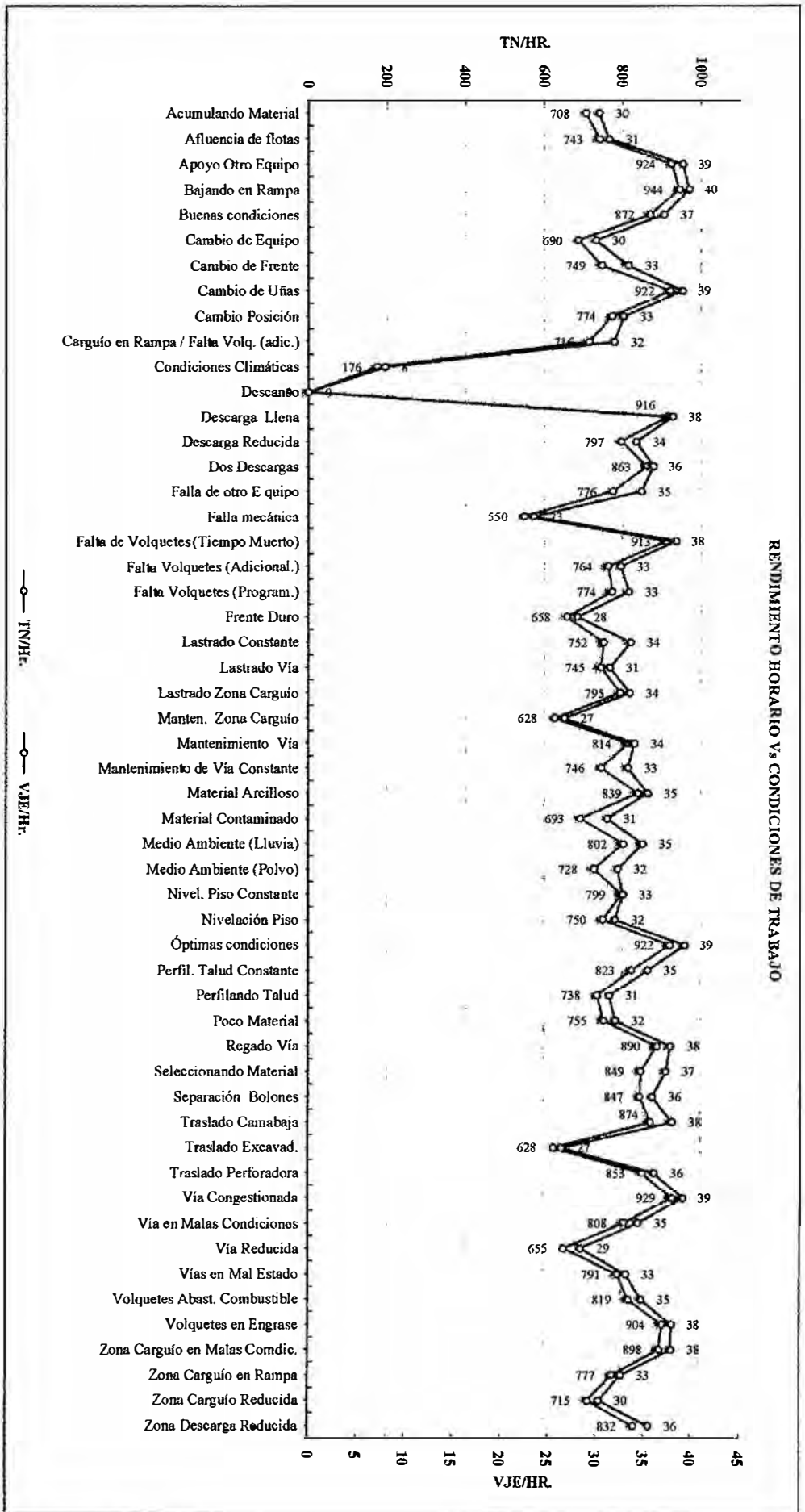


Figura 36: Rendimiento y número de viajes horario en función de las condiciones del terreno.

Fuente: Control de equipos COMARSA -2013

4.3. Análisis de características del depósito mineral.

4.3.1. Cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial a nivel de macizo del tajo clarita a partir del martillo de Schmidt

El procedimiento de cálculo y análisis se detallan en la figura 37 y 39.

Calculo de la resistencia a la compresión uniaxial a nivel de macizo del tajo clarita a partir del martillo de schmidt

NUMERO DE REBOTES																							RESULTADO			
52	44	24	24	20	28	32	36	20	20	20	28	32	32	34	34	39	39	39	40	38	36	28	38	Media	Desv	Rc(Mpa)
52	44	-	-	-	-	32	36	-	-	-	-	32	32	34	34	39	39	39	40	38	36	-	38	37.6	5.24	71

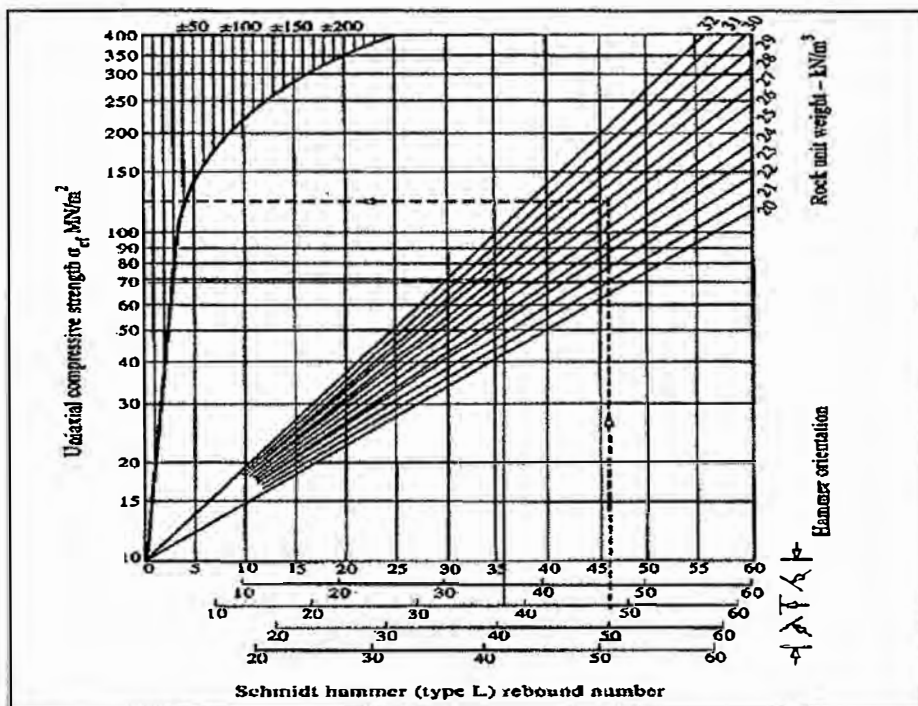


Figura 37: Cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial del macizo rocoso.

Fuente: Área de geotecnia-COMASA - 2009

La probabilidad de encontrar valores del índice de rebote entre 32 y 52 es de 50% frente a encontrar valores del índice de rebote del martillo de Schmidt entre 20 a 30, con probabilidad de 41.2% por eso se eliminan los valores menores a 32, no considerándolos para el cálculo por la dispersión natural del martillo.

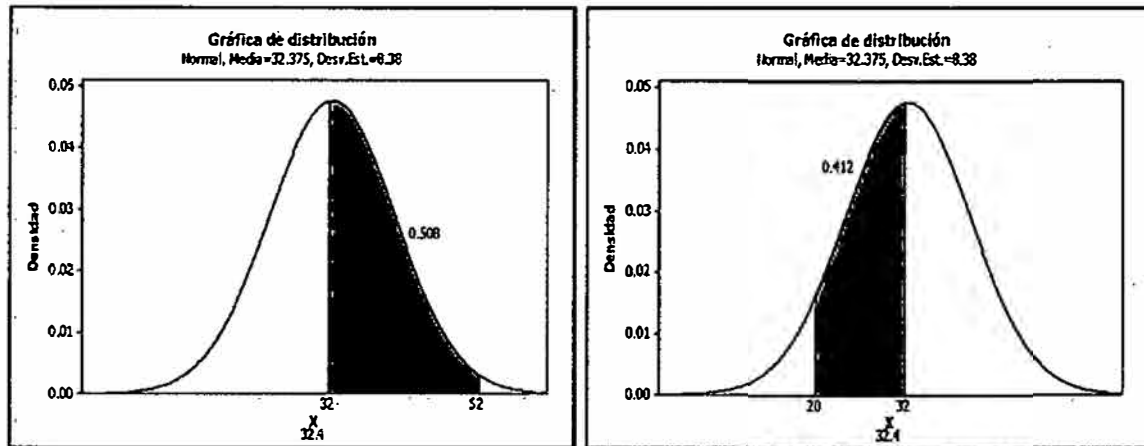


Figura 38: Gráfico de distribución de dispersión natural del Martillo de Schmidt.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

Calculo de la resistencia a la compresión uniaxial a nivel de matriz del tajo clarita a partir del martillo de schmidt

NUMERO DE REBOTES																								RESULTADO				
52	52	48	46	52	52	50	54	42	44	52	54	56	52	52	46	48	46	40	56	52	52	48	48	48	52	Media	Desv	Rc(Mpa)
52	52	48	46	52	52	50	54	42	44	52			52	52	46	48	46	40		52	52	48	48	48	52	50	3.71	150

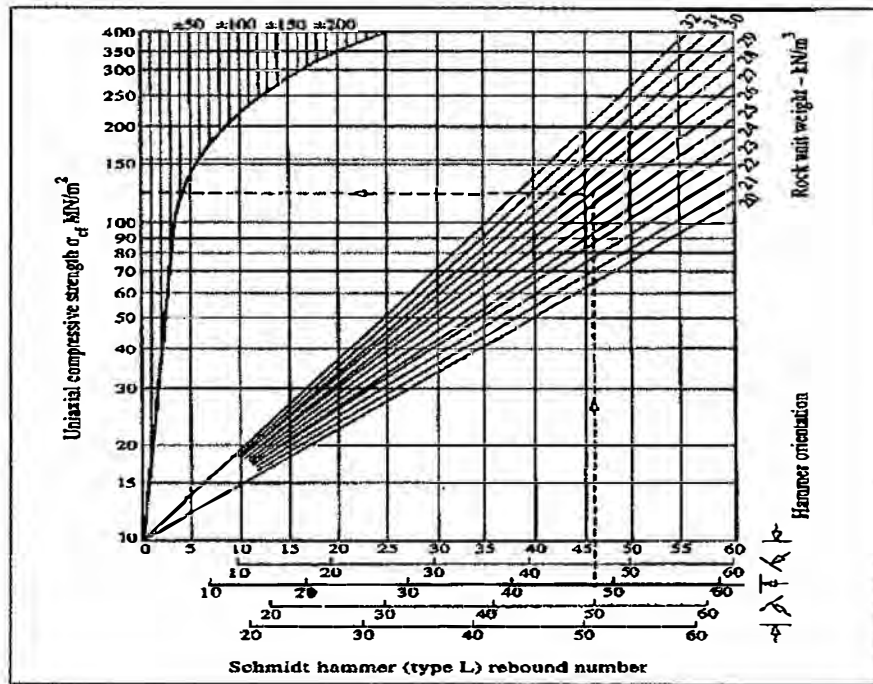


Figura 39: Cálculo de la resistencia a la compresión uniaxial del macizo rocoso.

Fuente: Área de geotecnia-COMASA - 2009

Se observa que existe mayor probabilidad de encontrar valores del índice de rebote entre 40 y 52 un 70%, frente a encontrar valores entre 50 y 60 que representan un 47% , por lo tanto se consideran para el cálculo solamente los valores entre 40 y 52, eliminando los demás al no considerarlos representativos por la dispersión natural del martillo.

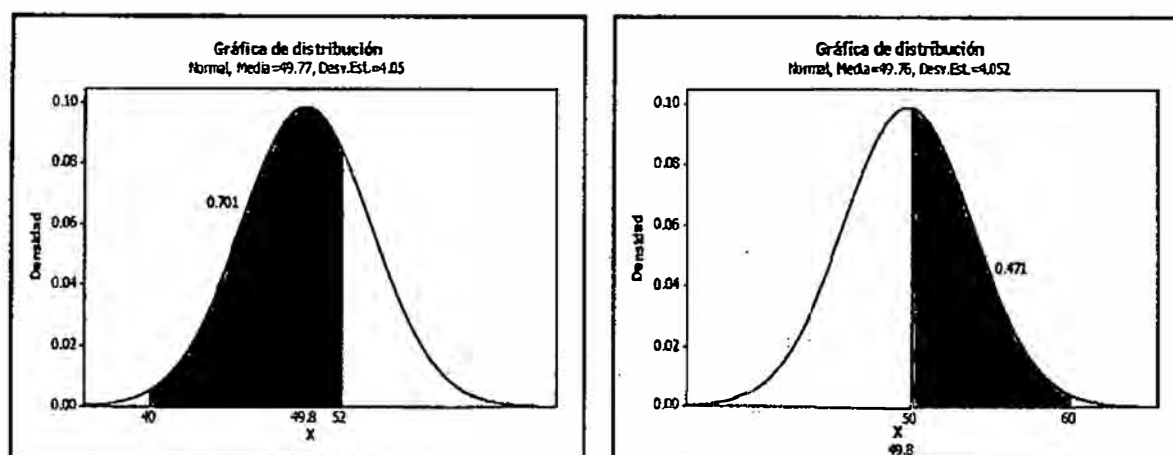


Figura 40: Gráfico de distribución de dispersión natural del Martillo de Schmidt.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

De los valores obtenidos a partir del hammer Schmidt obtenemos un valor de la resistencia a la compresión a nivel de macizo rocoso en aproximadamente 71 Mpa ,comparado con un valor de la resistencia compresiva a nivel de matriz de 150 Mpa, lo que indica el grado de perturbación debido al proceso de voladura que influye en la degradación de la calidad geotécnica del macizo , este análisis a nivel de macizo y matriz rocosa nos indica una alteración que se suma a la geológica estructural determinada en el macizo , influyendo en el comportamiento de las ondas , que influyen en el resultado granulométrico.

El valor del grado de perturbación (D) para el tipo de voladura en el tajo clarita se calcula en 0.47, según Hoek& Brown failure criterion-2002, se encuentra dentro del rango óptimo de macizos rocosos afectados por voladura por lo que se concluye que la

SAN-G, se comporta en su totalidad como un explosivo que es aprovechado por el tipo de matriz rocosa existente en el tajo Clarita para el proceso de rotura.

Al realizar el mapeo geomecánico in situ se determina la composición a nivel de textura de la matriz de la roca de clarita, esta se compone de granos deleznable de cuarzo tal como se observa en las figura definiéndola como una arenisca metamorfizada es decir una cuarcita de color claro en la que todos los granos de arenisca se han recrystalizado formando una trama de cristales de cuarzo imbricados entre sí, una cuarcita de textura sacaroide clasificada en el grupo de matrices de granos de cuarzo entre 6 a 2 mm, perteneciente al horizonte D de la mina COMARSA, formación chimú, esta roca matriz de clarita por encontrarse en la última etapa de mineralización al producirse el metasomatismo de contacto que altero la arenisca origino un leve contacto producto del cual no se alteró en su totalidad, provocando una cuarcita de textura matricial deleznable que actúa al momento de la liberación de energía del explosivo como una matriz absorbente de energía, que se demuestra en el valor de la constante de amplitud (K) obtenida del análisis de atenuación de la velocidad pico partícula.

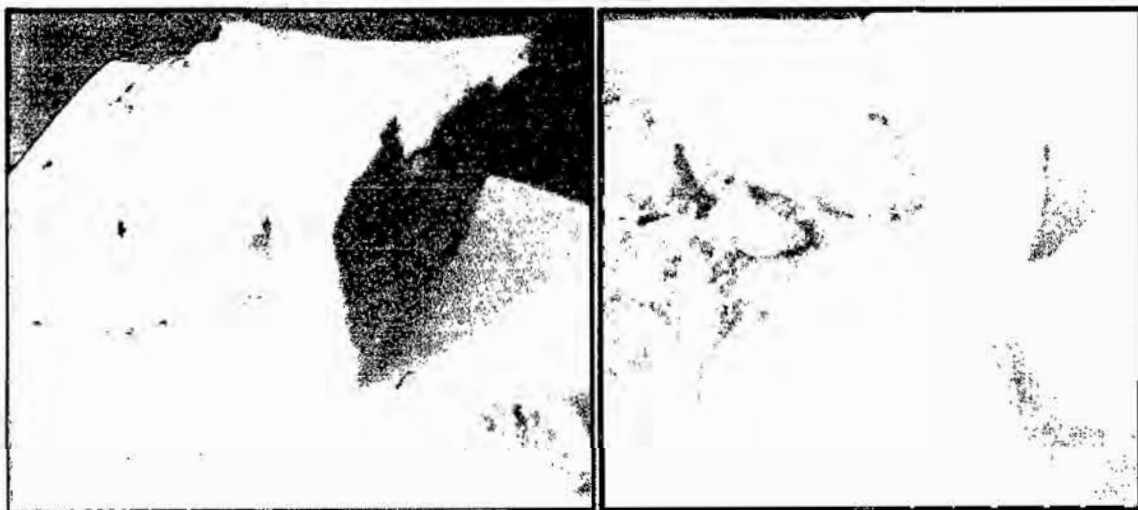


Figura 41: Arenisca metamorfizada.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

Las características matriciales de esta roca de textura con propiedades absorbentes es un comportamiento típico elasto plástico ,es decir en un inicio de la generación de los esfuerzos transmitidos a la matriz esta se comporta linealmente (fase elástica), pasando de allí a un estado plástico en el cual la matriz tiende a comportarse absorbiendo un alto grado de energía a medida que se incrementa los valores de esfuerzos normales aumentando el valor de la deformación inducida , hasta generar una deformación que se incrementa con bajos valores de esfuerzos (a esta fase se la conoce como fluencia), es decir la matriz que ha acumulado **energía de deformación** originando la **cohesión** de los cristales en las primeras fases de liberación de esfuerzos ha originado que la roca sea más resistente al proceso de rotura por ende la energía del explosivo que se trasmite al medio debe ser un explosivo con un alto poder rompedor , que mantenga su liberación de energía alta y constante para vencer el estado plástico y el grado de cohesión que alcanza la matriz , venciendo la resistencia dinámica tensional del macizo rocoso.

Cuadro 20

Clasificación de los tipos de rocas

CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE ROCAS										
GRUPO GENERICO		SEDIMENTARIAS			METAMORFICAS		IGNEAS			
Estructura		Estratificada			Foliada	Masiva diaclasada				
		Detritica		Cristalina o vítrea (criptocristalina)						
Tamaño de grano (mm).	Textura	Granos de Cuarzo, Feldespato y minerales arcillosos.	50% de granos finos son de carbonatos.	50% de granos finos son de rocas ígneas.	Rocas Organoquímicas	Cuarzo, Feldespatos micas minerales oscuros	Depende de la roca matriz	Minerales ligeros Feldespato	ados cuarzo feldespáticos	
								Acida	Intermedia	Básica
60	Granular muy gruesa	RODITICAS Los granos fragmentos de roca Granos redondos Conglomerado Granos angulosos Brecha	Caliza	Cenizas Volcánicas				Pegmatita		
	Granular gruesa		Calcarudita					Brecha Volcánica	Granito	Diorita
6	Granular media	ARENOSAS Arenisca los granos son fragmentos de minerales. Arenisca Cuarcilítica 95% de Cuarzo poros vacíos. Arcosa 75% de Cuarzo hasta 23% feldespato poros vacíos. Granulita 73% de Cuarzo	Calcarenita	Tobas Volcánicas	Rocas salinas: Halita, Anhidrita Yeso, Caliza, Dolomia, Turba, Lignito y Hulla.	Gneiss: Bandas alternas de minerales granulares o laminares.	Cuarcita, Mármol, Granulitas, corneanas, Anfibolita.	Microgranito	Microdiorita	Dolerita
0.06	Granular Fina		Calcarutita							
0.002	Granular muy fina	ARCILLOSAS O Fangolita Pizarra Fangolita fisible. Limonita 50% de partículas de grano fino. Argilita 50% de partículas de								

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009



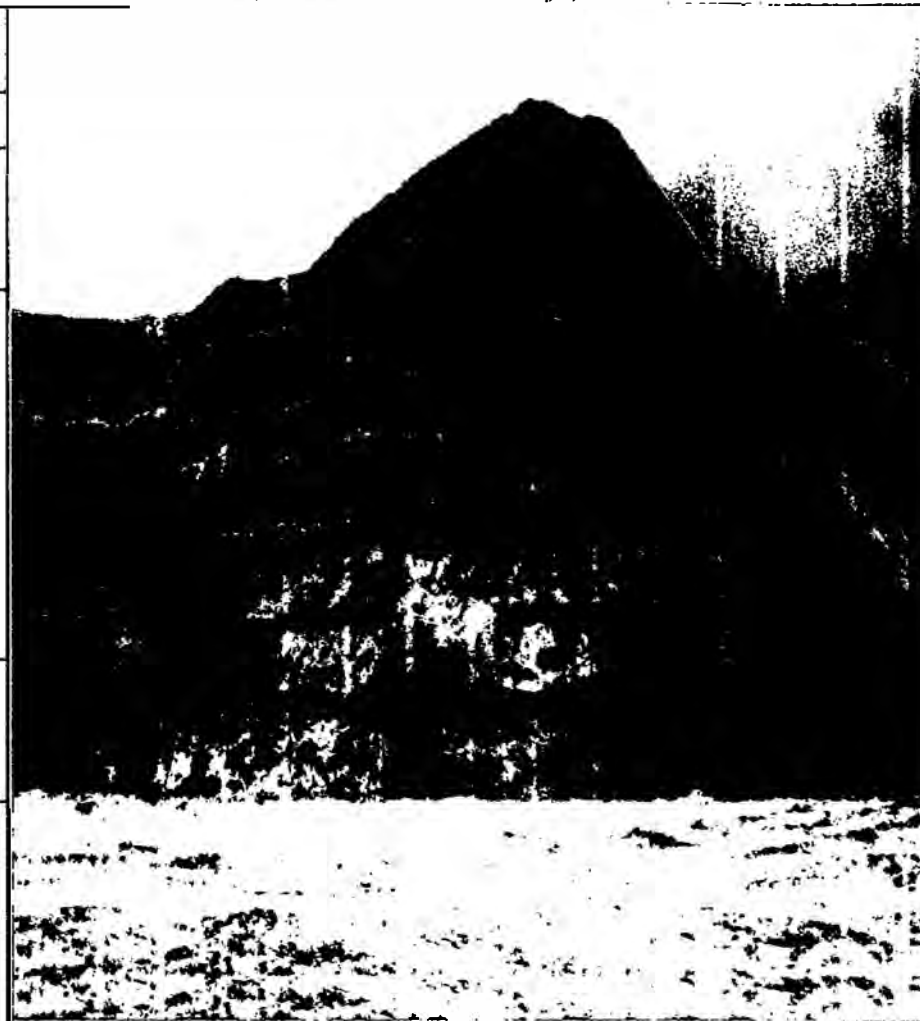
En el siguiente grafico se observa la clasificación de los diferentes tipos de rocas en función a los tamaños de los granos de la matriz y su estructura, en la cual para el caso de clarita parte superior se encuentra caracterizada como una arenisca termo-metamorfizada a un nivel bajo, originando una cuarcita de tamaños de granos medios entre 6mm a 2mm, de baja estructura foliada con una textura sacaroide.

Hay cuatro variedades comunes de rocas metamórficas que pueden provenir de rocas sedimentarias o de rocas ígneas, según el grado de metamorfismo que presenten, dependiendo de la cantidad de calor y presión a la que se han visto sometidas. Así, la lutita se metamorfiza en pizarra a baja temperatura, pero si es calentada a temperaturas lo suficientemente elevadas como para que se recristalicen sus minerales arcillosos formando laminillas de mica, se metamorfiza en una filita, en los esquistos, los minerales de color claro (cuarzo y feldespato sobre todo) están distribuidos homogéneamente entre las micas de color oscuro; el gneis por el contrario, exhibe bandas de color características.

Cuadro 21

Escala de meteorización de las rocas sedimentarias detríticas (Basada en la de D.G. Moye)

Grado de Meteorización	Denominación	Criterios de Reconocimiento
I	Sana	Roca no meteorizada. Conserva el color y el lustre en toda la masa.
II	Sana con juntas teñidas de óxidos	Las caras de las juntas están manchadas de óxidos pero el bloque unitario entre ellas mantiene el color y el lustre de la roca sana.
III	Moderadamente Meteorizada	Claramente meteorizada a través de la petrofábrica reconociéndose el cambio de color respecto de la roca sana. El cambio de color puede ser desde simples manchas a variación de color en toda la masa, generalmente a colores típicos de óxidos de hierro, la resistencia de la roca puede variar desde muy análoga a la roca grado II a bastante más baja, pero tal que trozos de 25 cm ² de sección no pueden romperse a mano.
IV	Muy Meteorizada	Roca intensamente meteorizada, que puede desmenuzarse y romperse a mano, aunque sus elementos son perfectamente reconocibles.
V	Completamente Meteorizada	Material con aspecto de suelo, completamente descompuesto por meteorización "in-situ", pero en el cual se puede reconocer la estructura de la roca original. Los elementos constitutivos de la roca se encuentran diferenciados, aunque totalmente diferenciados.



Fuente: Área de geomecánica – COMARSA - 2009

De igual manera el mapeo geo mecánico en diferentes zonas del tajeo clarita parte alta nos pudo indicar un grado de meteorización que afecta a la roca debido a su cercanía a superficie esta matriz rocosa puede clasificarse en la escala de meteorización de rocas sedimentarias detríticas puesto que la misma se caracteriza como una roca sedimentaria termo-metamorfizada en un grado bajo, que ha originado una cuarcita de grano medio, a partir de la escala respectiva se observa que el grado de meteorización se encuentra en un grado III definido como moderadamente meteorizada , se reconoce el cambio de color generalmente colores de óxido de hierro y una resistencia a nivel de matriz variable debido a la composición de su textura ,esto ocasionado por el grado de metasomatismo que afecto a la roca madre, sucediendo lo contrario a medida que el tajo profundiza tal la figura que corresponde a un muestra de roca del tajo clarita parte intermedia en la que se observa una muestra de cuarcita de color más claro sin aparente grado de meteorización y de granos muchos más finos , esto origina que la roca tenga un comportamiento elástico, por la composición de su textura y el grado de cohesión de sus cristales , también que tenga una mayor resistencia a nivel de matriz teniendo una amplia diferencia con la roca anteriormente analizada.

4.3.2. Parámetros de caracterización del Blast Index

Cuadro 22

Parámetros de caracterización del Blast Index

PARAMETRO	RATING
Descripción de la masa rocosa (RMD)	
Quebradizo/Desmenuzable	10
Se fractura en bloques	20
Totalmente masivo	50
Espaciamiento de los planos de diaclasas (JPS)	
Cercano (<0.1 m)	10
Intermedio (0.1 a 1m)	20
Amplio (>1 m)	50
Orientación de los planos de diaclasas (JPO)	
Horizontal	10
Inclinación hacia fuera de la cara	20
Rumbo normal a la cara	30
Inclinación hacia dentro de la cara del banco	40
Influencia de la Gravedad Específica (SGI)	SGI = 25 * SG – 50 Donde SG es la densidad del macizo y está en ton/m ³
Dureza (H = 0.05 x RC)	1 - 10

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

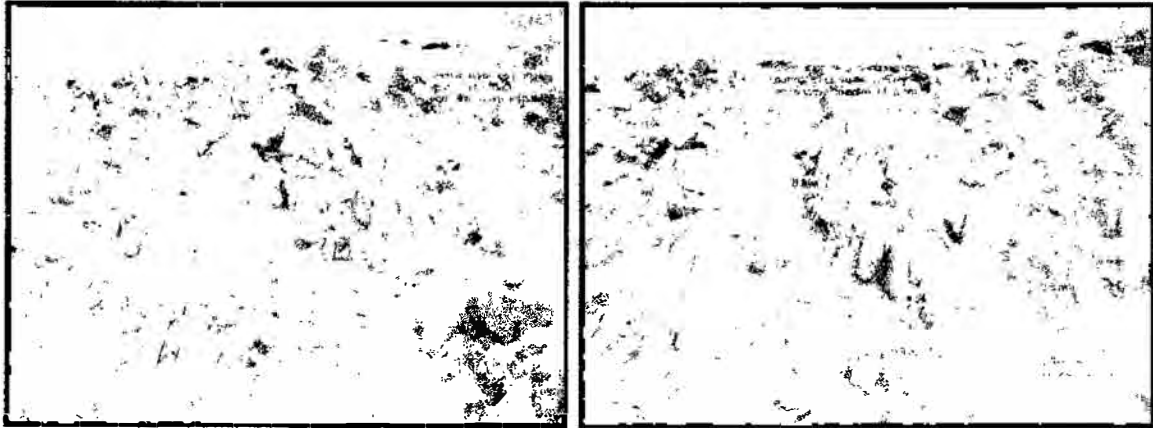


Figura 42: Geología estructural 01, bloques preformados de cuarcita.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

Bloques preformados de cuarcita, con orientación de discontinuidades normal a la cara del banco, espaciamientos de juntas < 1m, esta condición de orientación litológica es la que se presenta en mayor escala en el tajo clarita.

$$BI = 0.5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + HF)$$

$$RMD=40, JPS=20, JPO=30, SGI=17.5, HF=7.5$$

$$BI= 57.5, RF= 6.9$$



Figura 43: Geología estructural 02, bloques preformados de cuarcita.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

Bloques preformados de cuarcita, Orientación de discontinuidades inclinado hacia afuera de la cara del banco con espaciamentos de juntas menores a 1m.

$$BI = 0.5 \times (RMD + JPS + JPO + SGI + HF)$$

$$RMD= 40, JPS=20, JPO= 20, SGI=17.5, HF=7.5$$

$$BI= 52.5, \quad RF =6.3$$



Figura 44: Bloques in situ de aproximadamente entre 1 a 2m.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

Se observa bloques in situ de aprox. entre 1 a 2 m. Valor que influye en el blast index, por lo que se considera un valor del RMD para el cálculo del blast index en 40.

BLAST INDEX: 55, ROCK FACTOR: 6.6

ENERGIA MINIMA PARA FRAGMENTAR LA ROCA 2.06 MJ/m³

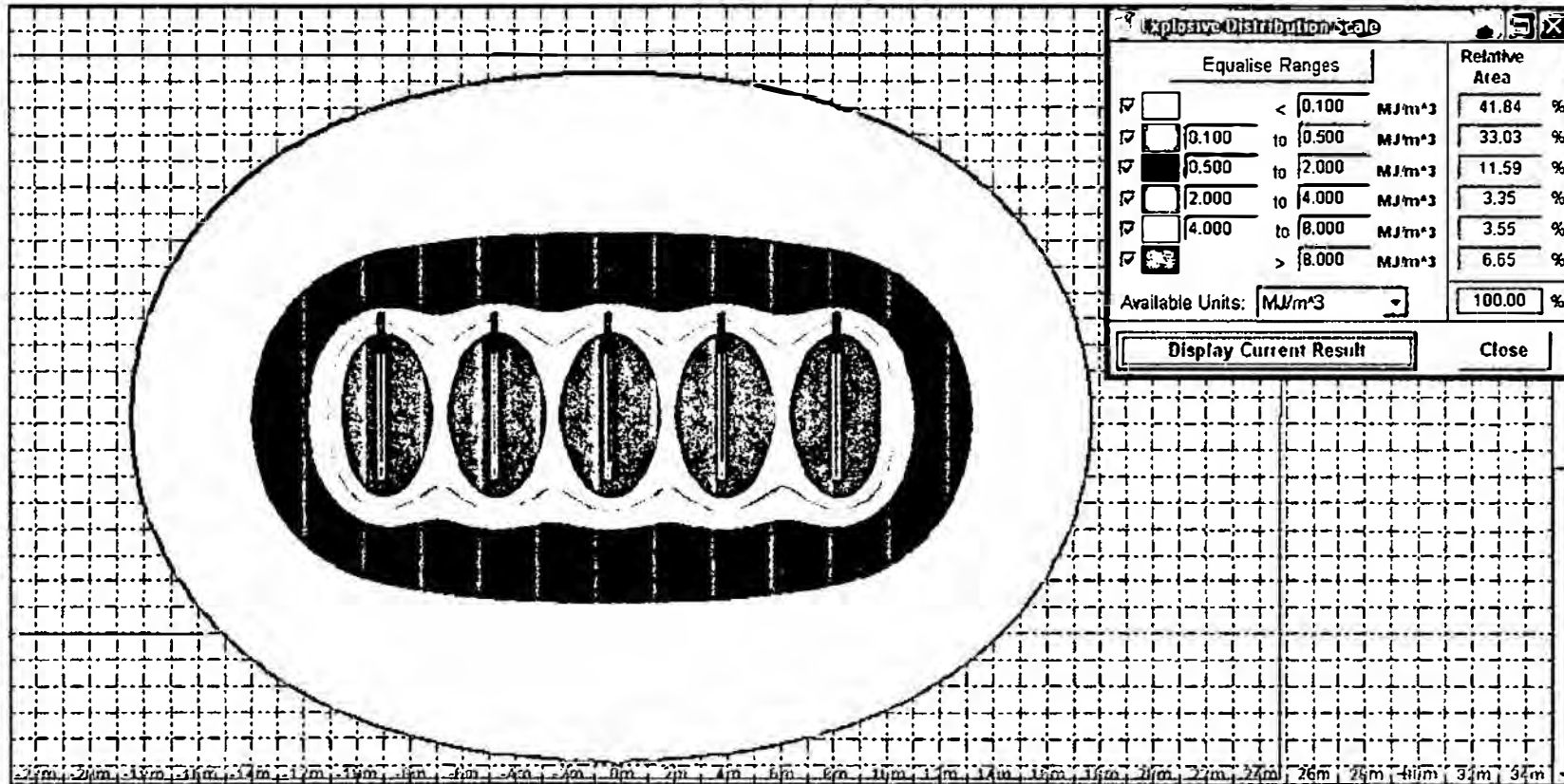


Figura 45: Energía mínima para fragmentar la roca.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

Cuadro 23

Mapeo geomecánico banco 390 proyecto 372 TAJO CLARITA.

LEYENDA		
GRADO	INDICE DE RESISTENCIA IDENTIFICACION DE CAMPO	RANGO RESIS. COMP. Mpa
R1	Desconcha con golpes firmes con la punta de martillo de geólogo se desconcha con una cuchilla	10 - 50
R2	Se desconcha con dificultad con cuchilla. Marcas poco profundas en la roca con golpe firme del martillo (de punta)	5 - 25
R3	No se raya ni desconcha con cuchillo. La muestra se rompe con golpe firme del martillo	25 - 50
R4	La muestra se rompe en mas de un golpe del martillo	50 - 100
R5	Se requiere varios golpes de martillo para romper la muestra	100 - 250
R6	Solo se rompe escúrias de la muestra con el martillo	> 250

GRADO	INDICE DE INTEMPERIZACION
I SANA	Ningún signo de intemperismo en el material rocoso. Quizás lig. De coloración sobre superficies de discontinuidades principales
II LIGERO	La decoloración indica intemp. del material rocoso y superf. de disco. El material rocoso decolorado extremadamente es más débil que en su condición sana
III MODERADA	Menos de la mitad del mat. rocoso esta decolorado y/o desintegrado a un suelo la roca sana decolorada se presenta como un marco continuo o como núcleo rocoso.
IV MUY INTEM.	Más de la mitad del mat. rocoso esta decolorado y/o desintegrado a un suelo. La roca sana o decolorada se presenta como un marco discontinuo como núcleo rocoso.
V DIBOCOM PU.	Todo el material rocoso esta decolorado y/o desintegrado a suelo. La estructura original de la masa rocosa aun se conserva intacta.

J	RQD
5	91
6	88
7	84
8	81
9	77
10	74
11	70
12	66
13	63
14	59
15	56
16	52
17	49
18	46
19	43
20	41
21	38
22	35
23	33
24	31
25	29
26	27
27	25
28	23

RL	2.3	2.7	3.0
10	16	17	18
11	17	18	19
12	17	19	20
13	18	20	22
14	19	21	23
15	20	22	24
16	21	24	25
17	22	25	27
18	23	26	29
19	24	28	31
20	25	29	33
21	26	31	35
22	27	32	37
23	28	34	39
24	30	36	41
25	31	38	44
26	33	40	47
27	34	42	49
28	38	44	52
29	37	47	56
30	39	49	59
31	41	52	62
32	43	55	66
33	45	58	70
34	47	61	75
35	49	64	79
36	51	68	84
37	54	72	89
38	56	75	94
39	58	78	100
40	61	84	106
41	64	88	113
42	67	93	119
43	70	98	126
44	73	104	134
45	77	109	142
46	80	115	150
47	84	121	158
48	88	128	167
49	92	135	176
50	96	142	185
51	101	150	195
52	105	158	205
53	110	167	215
54	115	176	225
55	120	185	235
56	126	195	245
57	132	206	255

DATOS DE MAPEO GEOMECANICO	
Ing. Julio Accinelli Oliva	
LUGAR:	CLARITA NIVEL 396 AL 390
LABOR:	PROYECTO 366
POR:	Julio Accinelli
FECHA:	19/10/2011

N° ESTACION	ORIENTACION DE LA CARA		TRAMO	
	RUMBO/DIRBUZ	BUZAMIENTO	DESDE	HASTA
	N75 E / NW 340	55		

TIPO DE ROCA					FRECUENCIA
A	%	B	%	C	%
Q X Silt	90				12

TIPO	ORIENTACION	ESPACIAMIENTO (m)	RELLENO	COMENTARIOS
ES TRUCT.	RUMBO, AZMUT, DIR BUZ	BUZAMIENTO	TIPO	IMPESOR
J	SE 110	0		
J	SW 98	62		
J	SE 95	15		
J	SW 95	65		
C	SE 100	25		
J	SW 205	68		
J	SE 100	80		
J	SW 230	62		
J	SW 235	64		
J	SE 110	10		

VALORACION DEL MACIZO ROCOSO (R.M.R.)						
PARAMETRO	RANGO DE VALORES					VALORACION
R. COMPRESION UNIAIAL (Mpa)	>250 (15)	100-250 (10)	50-100 (7)	25-50 (4)	<25 (1) <10 (5)	15
RQD %	90-100 (20)	75-90 (17)	50-75 (13)	25-50 (8)	<25 (3)	13
ESPACIAMIENTO (m)	>2 (20)	0.8-2 (15)	0.2-0.8 (10)	0.05-0.2 (6)	<0.05 (5)	15
CONDICION DE JUNTAS	PERISTENCIA Limpia (6)	1-3m Long (4)	3-10m (2)	10-20m (1)	>20m (0)	4
APERTURA	Cerrada (6)	<0.1mm (5)	0.1-1.0mm (4)	1-5 mm (1)	>5mm (0)	4
RUGOSIDAD	Muy rugosa (5)	Rugosa (5)	Ligeramente (3)	Lisa (1)	Espejode/alis (0)	1
RELLENO	Limpia (6)	Duro <5mm (4)	Duro >5mm (2)	Suave <5mm (1)	Suave >5mm (0)	6
INTemperizACION	Sana (6)	lig. Intemp. (5)	Med Intemp. (3)	Muy Intemp. (2)	Desconspante (0)	3
AGUA SUBTERRANEA	Seco (15)	Humedo (10)	Mojado (7)	Goteo (4)	Fujo (0)	15

VALOR TOTAL RMR (Suma de valoración 1 a 5) =					
CLASE DE MACIZO ROCOSO					
RMR	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
DESCRIPCION	I MUY BUENA	II BUENA	III REGULAR	IV MALA	V MUY MALA
					76

ABREVIACION DE TIPO DE ROCA		ABREVIACION DE TIPO DE ESTRUCTURA		COMENTARIOS ADICIONALES	
Q X Silt	CUARZITA DEBIL SAJA	D	SISTEMA DE DIACLASA	Ft	SISTEMA DE FALLAS
MZ	Monzonita	C	CONTACTO	E <th>ESTRATOS</th>	ESTRATOS
Min	Mineral	MF <th>MICRO FALLA</th> <td>J <th>JUNTURAS</th> </td>	MICRO FALLA	J <th>JUNTURAS</th>	JUNTURAS
Cz	Caliza				
Di	Diorita				
Ar	Areniscas				

CORRELACION RqD vs ESPACIAMIENTO DE DISCONTINUIDADES	
ESPACIAMIENTO MEDIO DE DISCONT -- cm	RQD %
0	0
10	10
20	20
30	30
40	40
50	50
60	60
70	70
80	80
90	90
100	100

ABREVI. ESPACIAMIENTO		ABREVIATURAS DE TIPOS DE RELLENO	
1	> 2 m	Ox	OXIDOS
2	0.6 - 2 m	Mi	MINERAL
3	0.2 - 0.6 m	Sul	SULFATO
4	0.06 - 0.2 m	Py	PIRITA
5	< 0.06 m	Pir	PANIZO
		Cal	CALCITA
		Arc	ARCILLA
		Bx	BRECHA
		Ser	SERICITA

Notas: RL = rebote de martillo Schmidt
 J = número de juntas por metro línea

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009



A Partir del análisis de energía en función al **blast index** se determinó que la energía necesaria para fragmentar la roca de clarita está dada por 2 MJ/ m³, esta energía se considera en un bajo percentil pasante puesto que es la energía mínima para fragmentar, considerando un pasante de **90% en 4 pulgadas** será necesario una **halo energético de 4 MJ/ m³**, generándose este halo en una malla de 4.30 m x 3.74 m, con 110 Kg de SAN-G, con una densidad de 0.95 g/cc, esta sería la malla en la zona mapeada para una roca de características geomecánicas **RMR 75 roca tipo II B (DURA)** roca de mayor tenacidad presente en el rajo clarita.

a) Dirección de la secuencia de salida en función al plano principal de fractura y su influencia en la granulometría.

Diagrama de roseta correspondiente al nivel 390 clarita en la cual se observa que el plano principal de fracturamiento tiene orientación NE entre 15° a 20° (**Ver figura 49**)

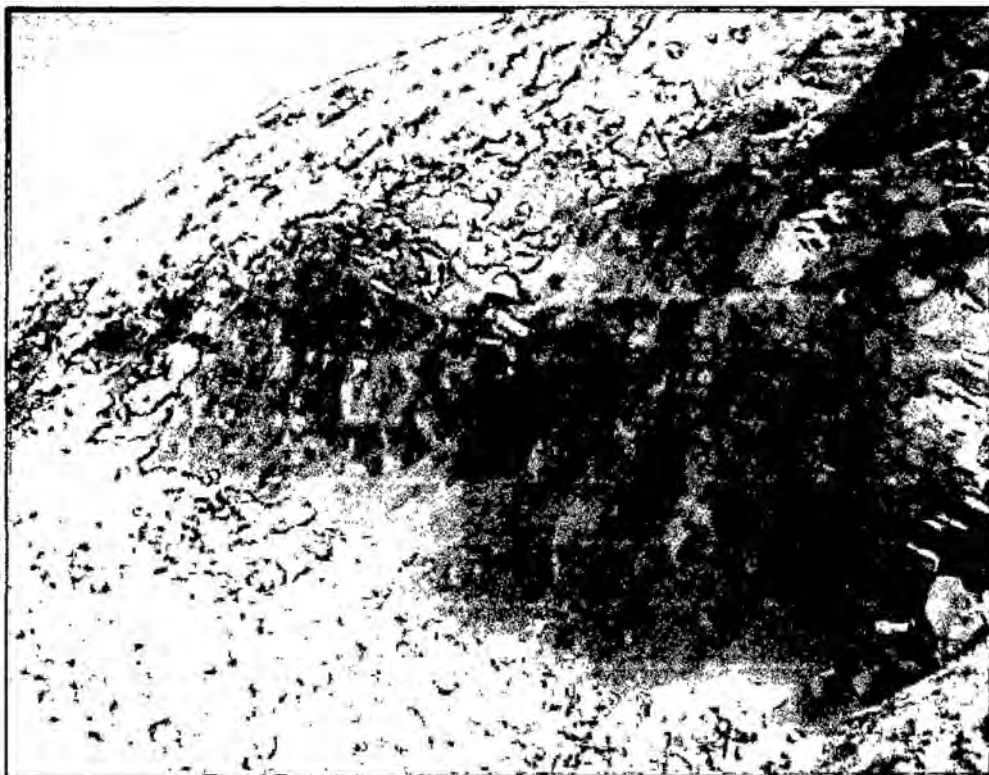


Figura 46: Medición de la orientación de las estructuras.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009



Figura 47: Orientación de plano principal de fracturamiento.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009



Figura 48: Prueba de grado de excavabilidad.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

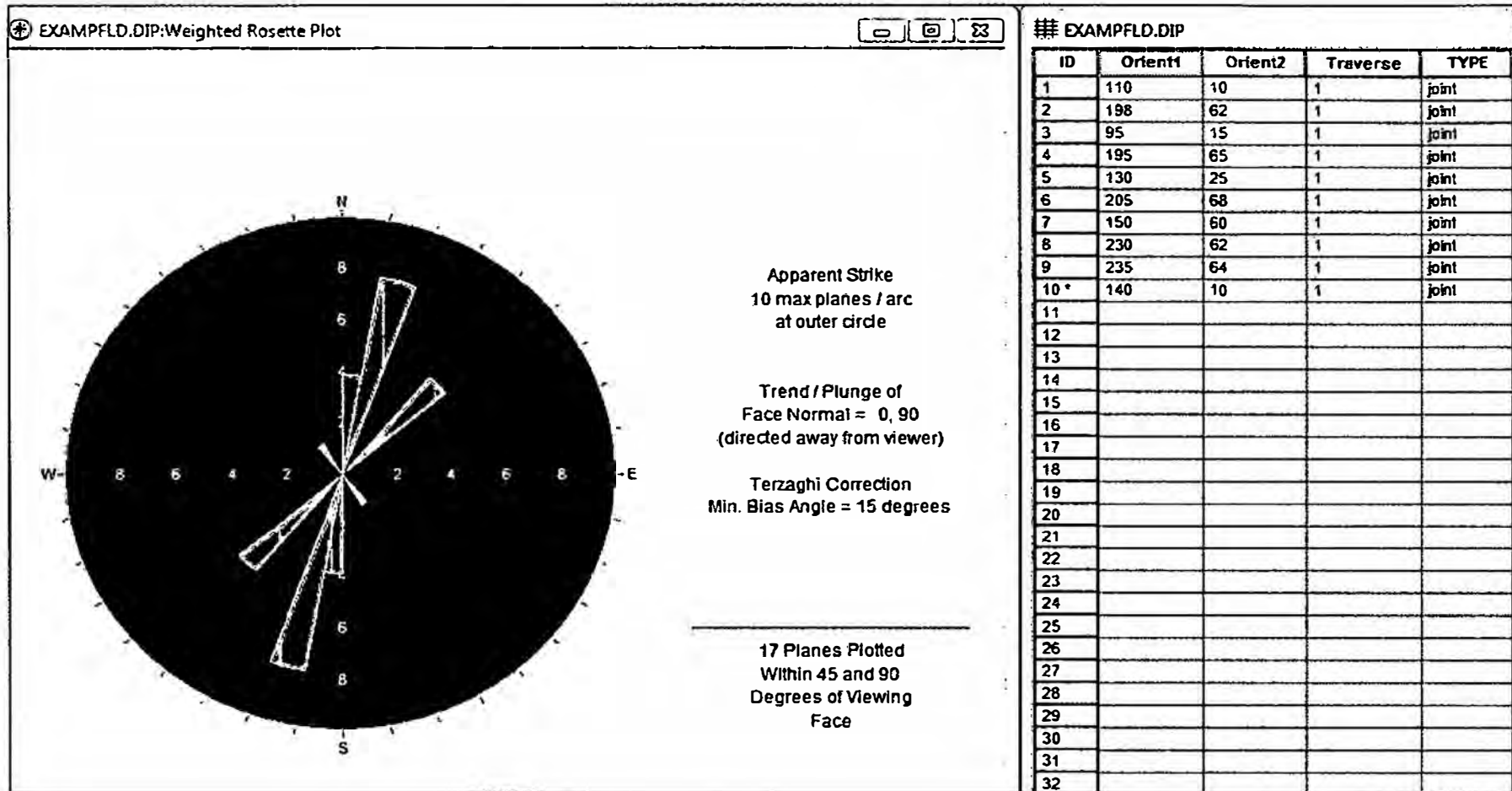


Figura 49: Diagrama de roseta nivel 390 Tajo Clarita.

Fuente: Área de geotecnia-COMARSA - 2009

CAPÍTULO V

CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CUCHARA, MOVIMIENTO DE MATERIAL, COSTO HORARIO, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS, RENDIMIENTO DE EQUIPO DE CARGA Y PARAMETROS DE DISEÑO DE MINADO

5.1. Cálculo de la capacidad de cuchara

5.1.1. Factor de llenado para excavadoras.

Cuadro 24

Factor de llenado para excavadoras en %

Material	Pala frontal	Azadón	Cargador frontal	
			Neumáticos	Orugas
Arcilla en banco; tierra, arena y grava	100-110	95-110	80-100	80-100
Mezcla de tierra y roca	105-115	----	100-120	100-120
Roca pobremente fragmentada	85-100	40-50	60-75	60-75
Roca medianamente fragmentada	----	----	75-90	75-90
Roca bien fragmentada	100-110	60-75	80-95	80-95
Conchuela, arenisca en banco, arcilla dura, materiales cementantes	85-100	80-90	85-95	85-100
Limo húmedo; arcilla arenosa	----	100-110	100-110	100-120
Agregado húmedo, mezclado y suelto	----	----	95-100	95-100
Agregado uniforme, suelto hasta 1/8"	----	----	95-100	95-100
Agregado uniforme, suelto entre 1/8" y 3/8"	----	----	90-95	90-110
Agregado uniforme, suelto entre 1/2" y 3/4"	----	----	85-90	90-110
Agregado uniforme, suelto de 1" ó mayor	----	----	85-90	90-110

Fuente: Fuente: Manual de Rendimiento Caterpillar. Edición 32 (2001).

5.1.2. Cálculo del rendimiento de una excavadora

Para que una excavadora alcance su rendimiento óptimo, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Utilizar las mejores técnicas de operación para optimizar el rendimiento en el frente y prolongar la vida útil de las excavadoras
- Mantener una plataforma de trabajo estable para la excavadora en todo momento: Buena apilación de material para que forme la cama (Ver figura 51).
- La altura de la plataforma debe ser igual que la altura del brazo (Ver figura 51).
- El brazo tiene que estar en una posición vertical para que el cucharón alcance su carga máxima (Ver figura 50).
- Cuando la distancia es mayor, se reduce la fuerza de desprendimiento.
- Una distancia menor perderá tiempo al sacar el brazo.

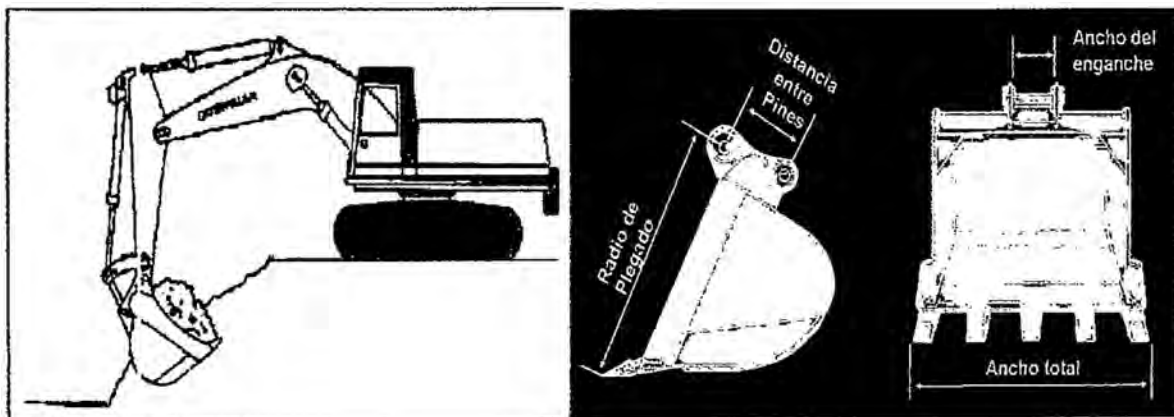


Figura 50: Posición óptima del brazo y mecanismo de funcionamiento de la cuchara.

Fuente: Elaboración propia 2013.

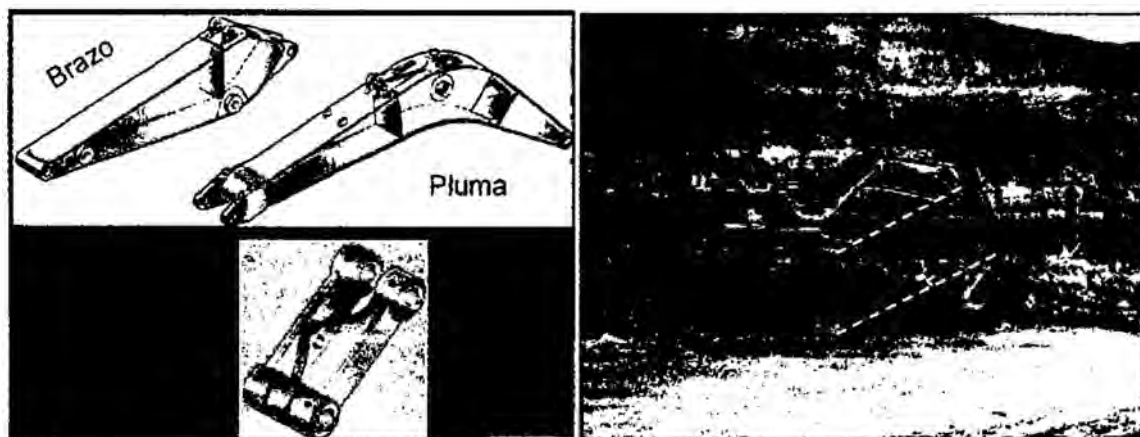


Figura 51: Altura óptima de la plataforma de carguío.

Fuente: Elaboración propia 2013.

Cuadro 25

Rendimiento de una excavadora

% profundidad óptima	Angulo de giro						
	45°	60°	75°	90°	120°	150°	180°
40	0.93	0.89	0.85	0.80	0.72	0.65	0.59
60	1.10	1.03	0.96	0.91	0.81	0.73	0.66
80	1.22	1.12	1.04	0.98	0.86	0.77	0.69
100	1.26	1.16	1.07	1.00	0.88	0.79	0.71
120	1.20	1.11	1.03	0.97	0.86	0.77	0.70
140	1.12	1.04	0.97	0.91	0.81	0.73	0.66
160	1.03	0.96	0.90	0.85	0.75	0.67	0.62

Fuente: Peurifoy y Schexnayder. Construction Planning, Equipment and Methods.

2002

Eficiencia: puede llegar a 50 min/hora

- Factor de volumen: $f_v = \frac{1}{1+E}$

- Factores de Corte y Giro

5.1.3. Carga útil del cucharón

a) Capacidad a ras

El volumen de material dentro del contorno de las planchas laterales, delantera y trasera sin contar material en la plancha de derrame ni en los dientes.

b) Capacidad colmada

El volumen del cucharón cargado a ras más el volumen de material encima del nivel a ras, con un ángulo de reposo de 1:1 sin contar material en la plancha de derrame ni en los dientes. La comisión de Equipo de Construcción Europeo (CECE) clasifica el volumen de cucharón colmado con un ángulo de reposo de 2:1 para el material encima del nivel a ras.

En una excavadora, la carga útil del cucharón (la cantidad de tierra del cucharón en cada ciclo de excavación) depende del tamaño y forma del cucharón, de la fuerza de plegado y de ciertas características del suelo, tales como el factor de llenado de ese tipo de tierra. Se indican a continuación los factores de llenado de diversos materiales.

Promedio de carga útil del cucharón = (Capacidad colmada del cucharón) x (Factor de llenado del cucharón).

Cuadro 26

Factor de llenado de cucharon

Material	Factor de llenado % de la capacidad colmada del cucharon
Marga mojada o arcilla arenosa	A - 100-110%
Arena y grava	B - 95-110%
Arcilla dura y compacta	C - 80-90%
Roca bien Fragmentada por voladura	60-75%
Roca mal fragmentada por voladura	40-50%

Fuente: Peurifoy y Schexnayder. Construction Planning, Equipment and Methods.

2002.

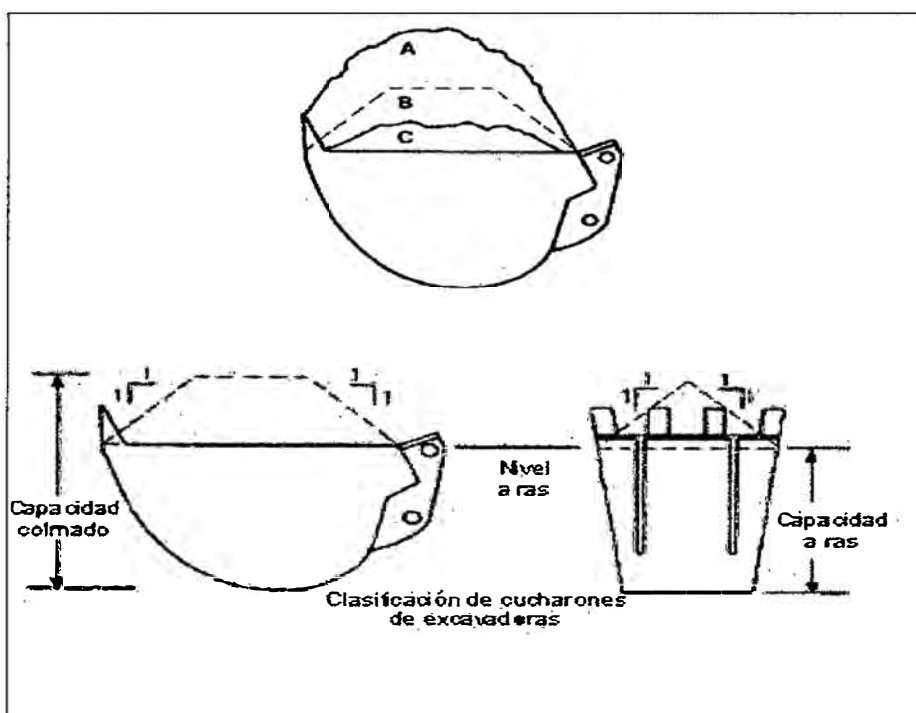


Figura 52: Ángulos de reposo de material.

Fuente: Peurifoy y Schexnayder. Construction Planning, Equipment and Methods.

2002.

c) Ciclo de excavación

Un ciclo se considera como el total de las operaciones de corte, giro con carga, desplazamiento o viaje, descarga, giro vacío y regreso vacío.

Cuadro 27
Tiempo de las fases de trabajo, en segundos

Volumen del cucharón (m ³)	Tiempo de las fases de trabajo, en segundos.				
	Carga	Giro con carga	Descarga	Giro vacío	Total
0.76	5	4	2	3	14
0.76-1.15	6	4	2	3	15
1.15-1.9	6	4	3	4	17
2.3	7	5	4	4	20
2.7	7	6	4	5	22
3	7	6	4	5	22
3.8	7	7	4	6	24

Fuente: Peurifoy y Schexnayder. Construction Planning, Equipment and Methods.

2002.

El ciclo de excavación de la excavadora consta de cuatro partes:

1. Carga del cucharón
3. Descarga del cucharón
2. Giro con carga
4. Giro sin carga

El tiempo total del ciclo de la excavadora depende del tamaño de la máquina (las máquinas pequeñas tienen ciclos más rápidos que las máquinas grandes) y de las condiciones de la obra. A medida que éstas se hacen más difíciles (se dificulta más la excavación, la zanja es más profunda, hay más obstáculos, etc.), baja el rendimiento de la excavadora. A medida que se endurece el suelo y se dificulta su excavación, se tarda más en llenar el cucharón. A medida que la zanja se hace más profunda y la pila del material que se saca crece, el cucharón tiene que viajar más lejos y la superestructura tiene que hacer mayores giros con cada ciclo de trabajo.

La ubicación de la pila del material y del camión afecta también el ciclo de trabajo. Si el camión se estaciona en el área inmediata de excavación contigua a la pila del material, son posibles ciclos de 10 a 17 segundos. El extremo opuesto sería con el camión o la pila de material por encima del nivel de la excavadora, a 180° del punto de excavación.

En construcción de cloacas, puede no ser posible que el operador trabaje a plena velocidad porque tiene que excavar alrededor de cables eléctricos y tuberías de servicio público, cargar el cucharón en una zanja con protección, o tener cuidado con personal trabajando en el área.

Las tablas para calcular el tiempo de ciclo (en la siguiente página) muestran la gama del tiempo total de los ciclos que se pueden esperar en condiciones de trabajo desde excelentes hasta rigurosas. Muchos factores afectan la rapidez con que puede trabajar la excavadora. Las tablas definen la gama de tiempo de los ciclos que se experimentan

frecuentemente con cierta máquina y proporcionan una guía en la decisión de qué trabajo es “fácil” y cuál es “difícil”. De esta manera, se evalúan primero las condiciones de la obra y se usa después la Tabla para Estimar el Tiempo de Ciclo para seleccionar la gama apropiada de trabajo. Un método práctico para mejorar aún más la Tabla para Calcular el Tiempo de Ciclo es observar las excavadoras cuando trabajan en el campo y tratar de correlacionar los ciclos a las condiciones de la obra, a la habilidad del operador, etc.

En la siguiente tabla se indican los tiempos típicos de ciclo conforme a la experiencia con excavadoras Caterpillar

- Sin obstáculos en la ruta de circulación.
- Condiciones de trabajo más que favorables.
- Un operador con habilidad normal.
- Ángulo de giro de 60° a 90°.

Estos ciclos se reducen al mejorar las condiciones del trabajo o la habilidad del operador, y aumentan si las condiciones se tornan desfavorables.

5.1.4. Tiempo de ciclo vs. las condiciones de la obra

- Fácil de excavar (tierra suelta, arena, limpieza de zanjas, etc.). Excava a una profundidad menor del 40% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es menor de 30°. Descarga en la pila o en camión en el área de excavación. No hay obstáculos. Operador con buena habilidad.
- No tan fácil de excavar (tierra compactada, arcilla seca y dura, tierra con menos de 25% de roca). Excava a una profundidad de hasta el 50% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es de hasta 60°. Pila de descarga grande. Pocos obstáculos.

- Excavación entre mediana y difícil (suelo duro compactado hasta con 50% de roca). Excava a una profundidad de hasta el 70% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es de hasta 90°. Los camiones de acarreo se cargan cerca de la excavadora.
- Difícil de excavar (roca de voladura o suelo duro con hasta 75% de roca). Excava a una profundidad de hasta el 90% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es de hasta 120°. Zanjas reforzadas. Área de descarga pequeña. Hay que trabajar con cuidado por el personal en la zanja que tiene tubos.
- La excavación más difícil (arenisca, piedra caliza, caliche, pizarra bituminosa, suelo congelado). Excava a una profundidad de más del 90% de la capacidad máxima de la máquina. El ángulo de giro es mayor de 120°. Carga de cucharón en alcantarillas. Descarga en un área pequeña y alejada de la máquina lo que requiere el alcance máximo de ésta. Hay gente y obstáculos en el área de trabajo.

Cuadro 28

Tabla para calcular tiempos de ciclo

Modelo	307B	311B	312B, 312BL	315B, 315BL	317BL, 317BL	318BL, 318BL	320B	322B	325B	330B	345B	365B	375B
Tamaño del cucharón L yd3	280 0.37	450 0.59	520 0.68	520 0.68	520 0.68	800 1.05	800 1.05	1000 1.31	1100 1.44	1400 1.83		1900 2.50	2800 3.66
Tipo de suelo	Tierra compactada						Arcilla dura						
Profundidad, de (m) excavación (pies)	1.5 5	1.5 5	1.8 6	3.0 10	3.0 10	3.0 10	2.3 8	3.2 10	3.2 10	3.4 11		4.2 14	5.2 17
Carga del cucharón (min)	0.08	0.07	0.07	0.10	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09		0.10	0.11
Giro con carga (min)	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06	0.07		0.09	0.10
Descarga del cucharón (min)	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04		0.04	0.04
Giro sin carga (min)	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06	0.07		0.07	0.09
Tiempo total de ciclo (min)	0.22	0.21	0.21	0.21	0.21	0.25	0.23	0.25	0.25	0.27		0.30	0.34

Fuente: Peurifoy y Schexnayder. Construction Planning, Equipment and Methods. 2002.



5.2. Producción de movimiento de tierra

Como en toda máquina para mover material, la producción de una excavadora hidráulica depende de la carga útil media del cucharón, el tiempo medio del ciclo, y la eficiencia del trabajo. Si un técnico predice con exactitud el tiempo de ciclo de la excavadora y la carga útil del cucharón, se puede usar la fórmula siguiente para hallar la producción de una máquina.

$$V_c = \frac{V_c \cdot F_c \cdot E}{T_c}$$

R Rendimiento en m³/hora (m³ suelto)

E Factor de eficiencia de 75-83%

V_c Volumen movido por ciclo m³/ciclo

T_c Tiempo del ciclo en min. O seg

F_c Factor de llenado.

F_a Factor de abundamiento.

5.2.1. Metodología de cálculo VOLVO EC 700 BL

Cuadro 29

Productividad de excavadora VOLVO EC 700 BL

1. Rendimiento de Equipo Carguío	2. Cálculo del rendimiento por hora
V _c =6.0 m ³	$R_H = 60 \text{ min/Hr} \times 23.8 \text{ TM/min}$
E= 0.83	$R_H = 1428 \text{ TM/Hr}$
F _c = 0.75	3. Cálculo de la Productividad.

<p>Densidad del material suelto= 1.59 TM/m³</p> $V_c = \frac{6.0 \times 1.59 \times 0.75 \times 0.83}{0.25}$ <p>$V_c = 23.7546$</p> <p>$V_c = 23.8 \text{ TM/min}$</p>	$P = \frac{C_H}{R_H}$ <p>C_H= Costo horario</p> <p>R_H=Rendimiento horario</p> $P = \frac{176 \text{ \$/Hr}}{1428 \text{ TM/Hr}}$ <p>$P = 0.123 \text{ US \\$/TM}$</p>
---	---

Fuente: Elaboración propia 2013

5.2.2. Metodología de cálculo CATERPILLAR 365 CL

Cuadro 30

Productividad de excavadora CATERPILLAR 365 CL

1. Rendimiento de Equipo Carguío	2. Cálculo del rendimiento por hora
<p>$V_c=6.55 \text{ m}^3$</p> <p>$E= 0.83$</p> <p>$Fc= 0.75$</p> <p>Densidad del material suelto= 1.59 TM/m³</p> $V_c = \frac{6.55 \times 1.59 \times 0.75 \times 0.83}{0.2722}$ <p>$V_c = 23.817$</p> <p>$V_c = 23.8 \text{ TM/min}$</p>	<p>$R_H = 60 \text{ min/Hr} \times 23.8 \text{ TM/min}$</p> <p>$R_H = 1428 \text{ TM/Hr}$</p>
	3. Cálculo de la Productividad.
	$P = \frac{C_H}{R_H}$ <p>C_H= Costo horario</p> <p>R_H=Rendimiento horario</p> $P = \frac{173 \text{ \$/Hr}}{1428 \text{ TM/Hr}}$ <p>$P = 0.121 \text{ US \\$/TM}$</p>

Fuente: Elaboración propia 2013

5.2.3. Metodología de cálculo KOMATSU PC 600

Cuadro 31

Productividad de excavadora CATERPILLAR 365 CL

1. Rendimiento de Equipo Carguío	2. Cálculo del rendimiento por hora
$V_c = 5.65 \text{ m}^3$ $E = 0.83$ $F_c = 0.75$ Densidad del material suelto = 1.53 TM/m^3	$R_H = 60 \text{ min/Hr} \times 23.0 \text{ TM/min}$ $R_H = 1380 \text{ TM/Hr}$
$V_c = \frac{5.64 \times 1.53 \times 0.75 \times 0.83}{0.2333}$ $V_c = 23.024$ $V_c = 23.0 \text{ TM/min}$	3. Cálculo de la Productividad. $P = \frac{C_H}{R_H}$ $C_H = \text{Costo horario}$ $R_H = \text{Rendimiento horario}$ $P = \frac{153 \text{ \$/Hr}}{1380 \text{ TM/Hr}}$ $P = 0.111 \text{ US \$/TM}$

Fuente: Elaboración propia 2013

- $\text{m}^3 / \text{h de } 60 \text{ min.} = (\text{Ciclos/h de } 60 \text{ min.}) \times (\text{Carga útil media del cucharón en } \text{m}^3)$.
- $\text{m}^3/\text{h de } 60 \text{ min.} = (60 \text{ min} / \text{h}) \times (\text{carga útil media del cuch. En } \text{m}^3) / (\text{tiempo de ciclo en min.})$.
- $\text{Carga útil media del cuch.} = (\text{Capac. colmada del cuch.}) \times (\text{Factor de llenado del cuch.})$.
- $\text{m}^3 \text{ reales/hora} = \text{m}^3 / \text{h de } 60 \text{ min.} \times (\text{Factor de eficiencia del trabajo})$.

Las Tablas de Cálculo de Producción (página siguiente) proporcionan el rendimiento teórico en movimiento de tierra de una excavadora hidráulica en m³/h si puede estimarse la carga media del cucharón y el tiempo medio del ciclo. Usando un tiempo medio de ciclo se puede ajustar la producción calculada para tener en cuenta las características específicas del lugar de la obra y de la aplicación. Por ejemplo, los cálculos en aplicaciones de carga de camiones deben incluir el tiempo necesario para cambiar el camión, lo cual aumenta el tiempo de ciclo y reduce la productividad teórica. Los valores de la tabla se basan en 60 min. De trabajo por hora, que es el 100% de eficiencia, lo cual nunca se consigue en la práctica. Por lo tanto, el estimador aplica un factor de eficiencia en el trabajo a las cifras de la tabla, basándose en su criterio o el conocimiento de las condiciones reales de la obra. Las zonas de trabajo que hay en las Tablas de Cálculo de Producción muestran las capacidades productivas de las excavadoras hidráulicas en las categorías de tamaños de la 307 a la 5230 ME. El límite superior de cada una de estas categorías corresponde a los tiempos de ciclo más rápidos y prácticos de las máquinas, y el ancho de cada zona indica la escala de capacidades (carga útil) de los cucharones que se puede utilizar con cada una de las máquinas. Los valores óptimos de rendimiento, en la zona sombreada de arriba, se basan en condiciones favorables de trabajo: facilidad de excavación, zanjas de poco fondo, buen operador, etc. Las Tablas de Cálculo de Producción también pueden servir de guía para elegir la máquina del tamaño adecuado para un trabajo.

Cuadro 32

Rendimiento teórico en movimiento de tierra de una excavadora hidráulica en m³/h

Metros cúbicos por hora de 60 minutos*																							
Tiempos de Ciclo Calculados		CARGA UTIL CALCULADA DEL CUCHARON ^{***} — METROS CUBICOS SUELTOS																		Tiempos de Ciclo Calculados			
Tiempo en		0,2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,5	2,7	2,9	3,1	3,3	3,5	4,0	Ciclos por min.	Ciclos por seg.	
Seg.	Min.																						
10 0	0,17																				6 0	360	
11 0	0,18																					5 5	330
12 0	0,20	60	90	150	210	270															5 0	300	
13 3	0,22	54	81	135	189	243	297	351	405	459	513	567	621	675	729	783	837	891	945	1080	4 5	270	
15 0	0,25	48	72	120	168	216	264	312	360	408	456	504	552	600	648	696	744	792	840	960	4 0	240	
17,1	0,29	42	63	105	147	189	231	273	315	357	399	441	483	525	567	609	651	693	735	840	3 5	210	
20 0	0,33	36	54	90	126	162	198	234	270	306	342	378	414	450	486	522	558	544	630	720	3 0	180	
24 0	0,40	30	45	75	105	135	165	195	225	255	285	315	345	375	405	435	465	495	525	600	2 5	150	
30 0	0,50	24	36	60	84	108	132	156	180	204	228	252	276	300	324	348	372	396	420	480	2 0	120	
35 0	0,58	20	31	51	71	92	112	133	153	173	194	214	235	255	275	296	316	337	357	408	1,7	102	
40 0	0,67					81	99	177	135	153	171	189	207	225	243	261	279	297	315	360	1,5	90	
45 0	0,75									133	148	164	179	195	211	226	242	257	273	312	1,3	78	
50 0	0,83																				1 2	72	

Fuente: Peurifoy y Schexnayder. Construction Planning, Equipment and Methods. 2002.



La producción de un ciclo está representada por el volumen del material en cada ciclo: en una retroexcavadora, por ejemplo, o en un cargador frontal, es la capacidad del cucharón; en una motoescrepa o camión volteo, es la capacidad de la caja y un tractor empujando, es la capacidad de la cuchilla.

El número de ciclos por hora es el tiempo requerido por una máquina para completar un ciclo de trabajo o su recíproco; el número de ciclos por unidades de tiempo puede obtenerse utilizando la velocidad y tiempos especificados en los manuales del equipo, al dividir las distancias por recorrer entre ellas y considerar los tiempos fijos.

En algunos casos intervienen el factor de llenado (para cargadores y palas mecánicas), y el factor de esponjamiento.

Cuadro 33

Estimador de eficiencia en la obra.

Tiempo de trab./h	Eficiencia
60 min	100%
55	91%
50	83%
45	75%
40	67%

Fuente: Elaboración propia 2013

5.3. Cálculo del costo horario de equipos.

Los costos estimados con el Cuadro 35, con los siguientes:

Cuadro 34

Análisis, cálculo e integración de los costos horarios

ANÁLISIS, CÁLCULO E INTEGRACIÓN DE LOS COSTOS HORARIOS DE EQUIPO DE CARGUIO								
DATOS GENERALES								
Código: EQEX375	Modelo:	Capacidad:						
EXCAVADORA HIDRAULICA CAT. 375, 428HP, 81190KG, 1.5-4.4m3, 7.7-10.7m DE PROF		Serie:						
		Tipo de combustible: DIESEL						
Indicador económico de referencia: TIIE		% tasa de interés anual:			12%			
Indicador específico de mercado de seguros: TIIE		% Prima anual promedio de seguros:			4%			
PRECIO DE ADQUISICION	\$ 10,250,766.10	VIDA ECONOMICA EN AÑOS:						
PRECIO JUEGO LLANTAS (Pn)	\$	HORAS POR AÑO (Hea): 2,000.00 hrs						
EQUIPO ADICIONAL:	\$	VIDA ECONOMICA (Ve): 10,000.00 hrs						
VIDA ECONOMICA DE LLANTAS (JUEGO) (Vn)	hrs	COSTO COMBUSTIBLE (Pc): 9.47 /Lts						
PRECIO PZAS ESPECIALES (Pe)	\$	COSTO LUBRICANTE (Pa): 29.4 /Lts						
VIDA ECONOMICA PZAS ESPECIALES (Va)	hrs	POTENCIA NOMINAL: 428 HP						
VALOR DE LA MAQUINA (Vm)	\$ 10,250,766.1	FACTOR DE OPERACIÓN (Fo): 0.8						
VALOR DE RESCATE (Vr)	10% \$ 1,025,076.61	POTENCIA DE OPERACIÓN (Pop): 342.4						
TASA DE INTERES ANUAL (i)	12%	FACTOR DE MANTENIMIENTO (Ko): 0.8						
PRIMA ANUAL PROMEDIO DE SEGUROS (s)	4%	COEFICIENTE COMBUSTIBLE (Fc): 0.1514						
SALARIO REAL DEL OPERADOR (S)	\$ 332.89	COEFICIENTE LUBRICANTE (Fa): 0.003						
COSTO POR SALARIO DE OPERACIÓN (Po)	\$ 41.61	CAPACIDAD DEL CARTER (CC): 14 Lts						
HORAS EFECTIVAS DE TRABAJO POR TURNO (H)	8.00	FACTOR DE RENDIMIENTO (Fr): 1						
TIEMPO ENTRE CAMBIO DE LUBRICANTE (Ca)	hrs 200.00	CONSUMOS ENTRE CAMBIO DE LUB (G=C/Ca) 0.07						
I.- CARGOS FIJOS		OPERACIONES		ACTIVA	%	ESPERA	%	RESERVA
a) DEPRECIACION.....D= (Vm-Vr)/Ve	(\$10250766.1-\$1025076.71)/10000	\$	922.57	15%	\$	138.39	\$	
b) INVERSION.....Im=(Vm+Vr)*i/2Hea	(\$10250766.1+\$1025076.71)*12%/(2*8)	\$	338.28	100%	\$	338.28	\$	
c) SEGUROS.....Sm=(Vm+Vr)*s/2Hea	(\$10250766.1+\$1025076.71)*4%/(2*8)	\$	112.76	100%	\$	112.76	100%	\$ 112.76
d) MANTENIMIENTO....M=Ko*D	0.8*922.57	\$	738.06		\$		\$	
Suma cargos fijos		\$	2111.66		\$	589.42		\$ 112.76
II.- CONSUMOS								
a) COMBUSTIBLE.....Co=Fc*Pop*Pc	0.1514*342.4*\$9.47	\$	490.92	5%	\$	24.55	\$	
b) Otras fuentes de energia	\$00*0	\$		5%	\$		\$	
c) Lubricantes.....Lb={ (Fa*Pop)+CC/Ca}*Pa	{(0.003*342.4)+14/200}*29.4 Lt	\$	32.26	5%	\$	1.61	\$	
d) Llantas.....N=Pn/Vn	\$,00/0	\$		15%	\$		\$	
e) Piezas especiales.....Ae=Pe/Va	\$,00/0	\$			\$		\$	
f) Otros consumos		\$			\$		\$	
Descripción		Unidad	Costo	Cantidad	*	importe		
			\$					
			\$				Suma: \$	
			\$					
Suma de otros consumos		\$		5%	\$		\$	
Suma de consumos		\$	523.18		\$	26.16	\$	
III.- OPERACIÓN								
OPERACIÓN	CATEGORIA	CANTIDAD	UNIDAD	SALARIO REAL	IMPORTE			
MO067	OPERADOR DE MAQUINARIA	8	JOR	\$ 332.89	\$	41.61		
				\$	\$			
				\$	\$		Sr= \$ 332.89	
				\$	\$			
Suma de operación Po=S/Ht		\$	41.61	100%	\$	41.61		
COSTO DIRECTO HORA- MAQUINARIA		\$	2676.44		\$	657.19	\$ 112.76	

Fuente: Elaboración propia 2013

5.4. Análisis de características técnicas de los equipos.

Cuadro 35

Características técnicas de equipos de carguío

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	EXCAVADORAS HIDRÁULICAS		
	SIGL CAT	REG 700 BEG VOLVO	PG 600 LG KOMATSU
MOTOR			
Modelo	CAT C15 ATAAC	VOLVO D16E EAE3	Komatsu SAA6D140E-5
Potencia neta en el volante	302 kW 404 hp	346 kW (470 ps/464 hp)	323 kW / 433 HP
Carrera	171 mm 6,75 pulg	165 mm	140 × 165 mm
Cilindrada	15,2 L 928 pulg3	16,1 l	15,24 l
PESO EN ORDEN DE TRABAJO			
Zapata de 650mm	65.960 kg 145.430 lb	69 800 kg 101,5 kPa	57.640 kg 1,03 kg/cm ²
zapata de 750mm		70 500 kg 88,8 kPa	58.460 kg 0,84 kg/cm ²
ESPECIFICACIONES DE OPERACION			
Alcance máximo a nivel del suelo	14 m 45,93 pie	11 200 mm 6.6	12.800 mm 7.66m 11.300 mm 6.6
Profundidad máxima de excavación	9,5 m 31,17 pie	7 250 mm	8.360 mm 7.66m y 6.910 mm 6.6m
CADENA			
Estándar con tren de rodaje largo	900 mm 36 pulg	900 mm 36 pulg	900 mm
Optativo para el tren de rodaje largo	750 mm 30 pulg 650 mm 26 pulg	750 mm 30 pulg 650 mm 26 pulg	600 mm 750m
Numero de zapatas en cada lado	47	48	49
Numero de rodillos inferiores en cada lado- tren de rodaje largo	8	2 x 8	8
Numero de rodillos superiores en cada lado	3	2 x 3	3
SISTEMA DE GIRO			
Velocidad de rotación	6,5 rpm	6,7 rpm	8,3 rpm
CAPACIDADES			
Capacidad de tanque de combustible	800 L 211 gal	840 l	880 l
Sistema de enfriamiento	95 L 25 gal	65 l	58 l
Aceite de motor	54 L 14,3 gal	42 l	40 l
mando de rotación (cada uno)	12 L 3,2 gal	2 x 6 l	13 l
Mando final (cada uno)	15 L 4 gal		10 l
Sistema hidráulico (incluido el tanque)	670 L 177 gal	655 l	360 l
Tanque hidráulico	310 L 82 gal	350 l	360 l

Fuente: Elaboración propia 2013

5.5. Monitoreo de rendimiento de equipo de carga.

La recolección de datos de campo para la ejecución del proyecto, se hizo a partir del mes de mayo del 2013, presentando los resúmenes en los cuadros 08,09 y 10.

En la **Figura 53**, se muestra el comportamiento de la curva Rendimiento Horario Vs Costo de producción de la excavadora CAT 365CL: Muestra claramente que las 3 primeras semanas se ha tenido baja producción y por lo tanto los costos fueron altos.

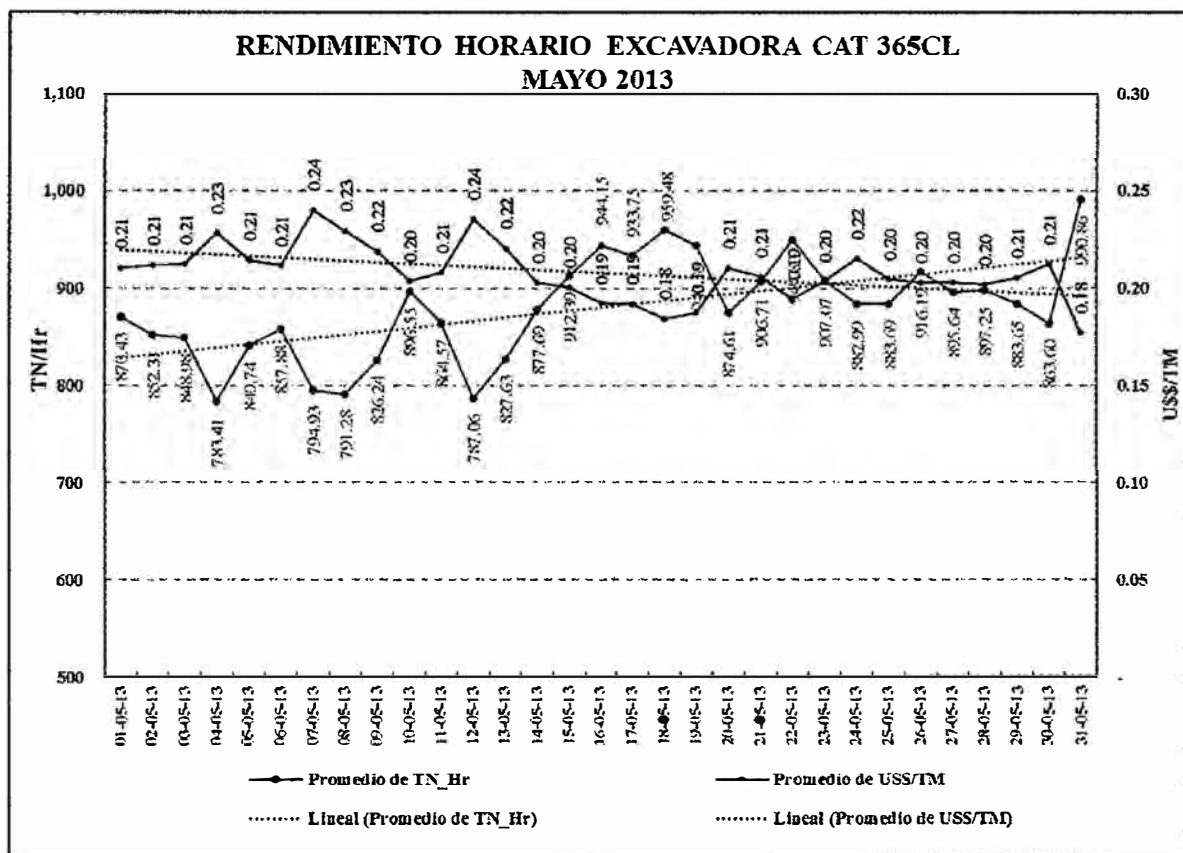


Figura 53: Rendimiento Horario de la excavadora CAT 365CL mayo 2013.

Fuente: Elaboración propia 2013.

En el **Figura 54**, se muestra el comportamiento de la curva Rendimiento Horario Vs Costo de producción de la excavadora **VOLVO EC700 BL**: Muestra claramente que las 2 primeras semanas se ha tenido baja producción y por lo tanto los costos fueron altos. Con la implementación de criterios de selección, se fue aumentando la producción y la reducción de costos de operación.

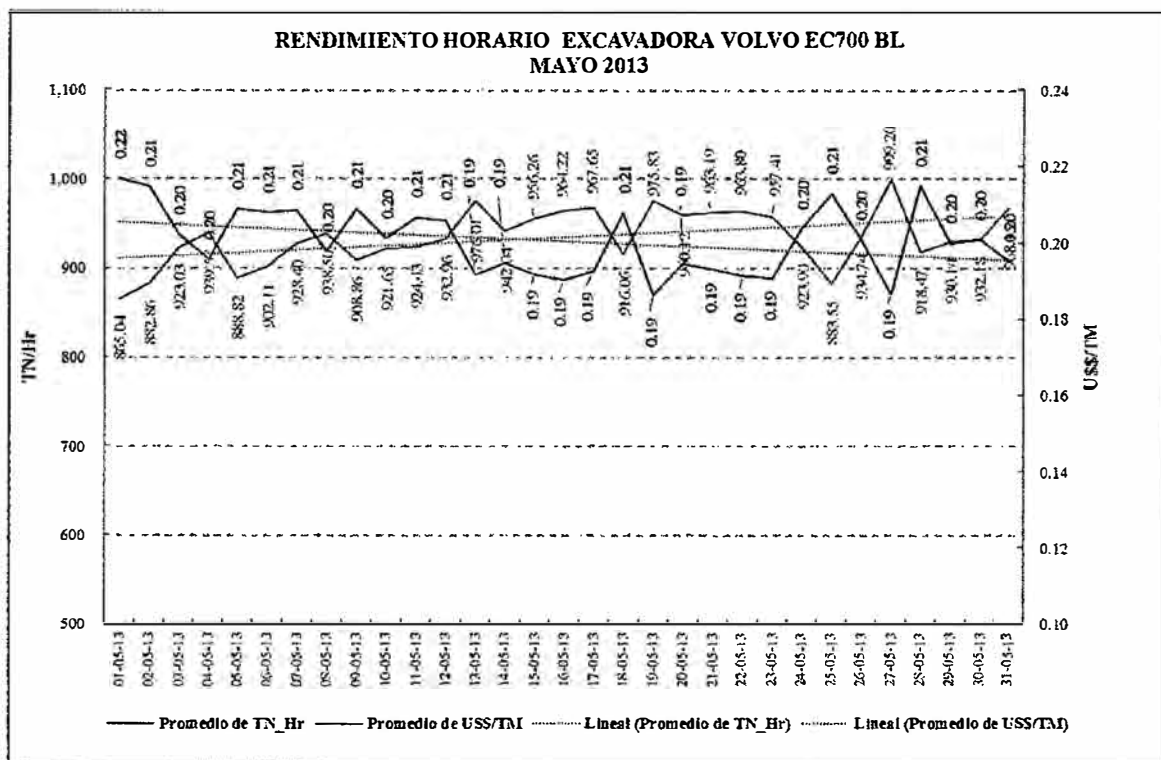


Figura 54: Rendimiento Horario de la excavadora VOLVO EC700 BL mayo 2013.

Fuente: Elaboración propia 2013.

En el **Figura 55**, se muestra el comportamiento de la curva Rendimiento Horario Vs Costo de producción de la excavadora **KOMATSU PC600 EC**: Muestra claramente que en el mes de mayo la producción es baja debido a las fallas constantes del equipo de carguío por tanto los costos muestran una tendencia positiva.

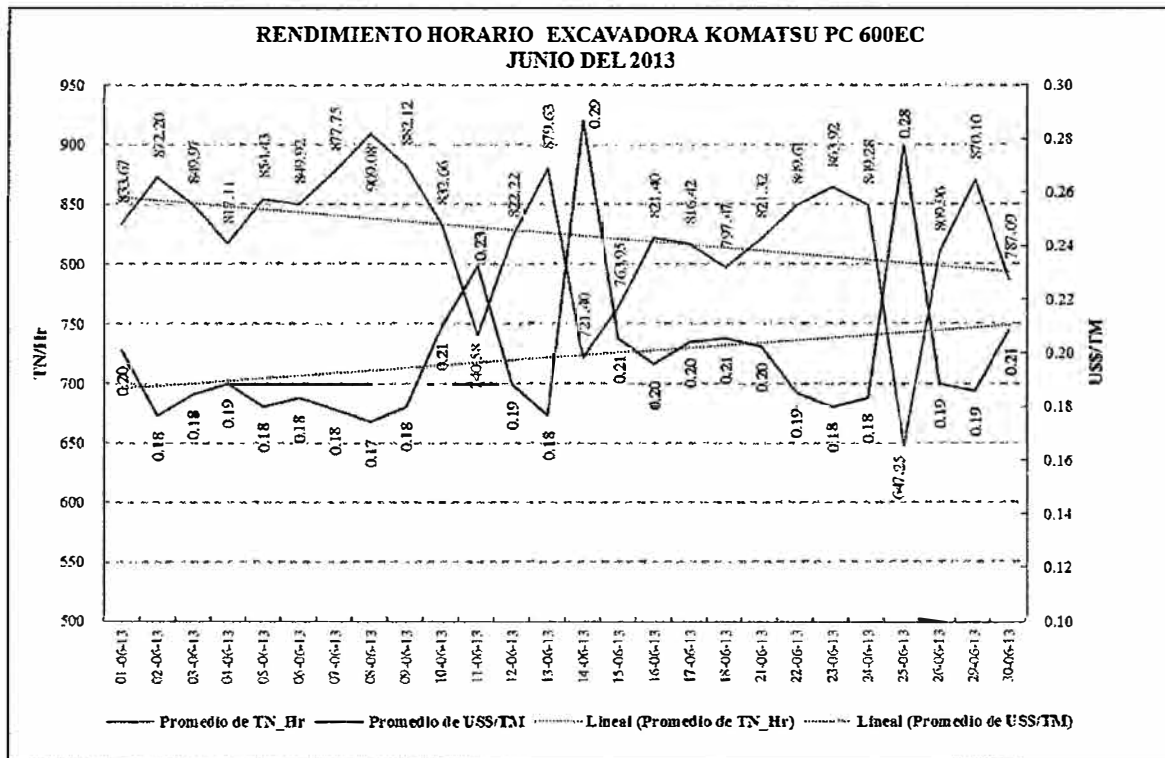


Figura 55: Rendimiento Horario de la excavadora KOMATSU PC600 EC.

Fuente: Elaboración propia 2013.

5.6. Parámetros geotécnicos de diseño

Según el tamaño de los equipos y el planeamiento de en COMARSA se determinan los siguientes parámetros de diseño más importantes en la explotación a tajo abierto:

5.6.1. Ángulos de talud en la explotación a cielo abierto.

Sin duda uno de los parámetros geométricos más significativos en la explotación de un tajo son los ángulos de talud, ya que en la explotación misma una de las restricciones operacionales más relevantes es garantizar la estabilidad de cada uno de los sectores comprometidos, para lo cual se requiere mantener una geometría de diseño óptima, es

decir que permita un máximo beneficio económico en función de un mínimo factor de riesgo de que ocurra algún siniestro geo mecánico.

Los ángulos de talud con que se trabaja en una explotación son:

- a) **Ángulo de Talud de la pared del Banco:** Representa la inclinación con que queda la pared del banco. Este ángulo se mide desde la pata del banco a su propia cresta.
- b) **Ángulo de Talud Inter rampas:** Representa la inclinación con que queda el conjunto de bancos que se sitúan entre una rampa y la rampa consecutiva. Este ángulo se mide desde la pata del banco superior donde se encuentra una rampa hasta la cresta del banco donde se encuentra la otra rampa.
- c) **Ángulo de Talud de un conjunto de bancos:** Representa la inclinación con que queda un grupo de bancos sin existir entre ellos alguna diferencia geométrica importante. Este ángulo se mide desde la pata del banco más profundo hasta la cresta del banco de cota mayor.
- d) **Ángulo de Talud Overall:** Representa el ángulo de inclinación con que queda la pared final del rajo, incluyendo todas las singularidades geométricas existentes. Este ángulo se mide desde la pata del banco más profundo hasta la cresta del banco más alto de la explotación.

5.6.2. Pistas, bermas, zanjas y cunetas.

La zanja se construye con el fin de canalizar las aguas de drenaje. Al no canalizar dichas aguas se corre el riesgo de que estas dañen y corten los caminos. Las zanjas por lo general tienen un ancho de 1 metro por una profundidad de 50 centímetros, lo cual dependerá de las condiciones de drenaje de la zona (lluvias, escurrimientos superficiales o subterráneos).

Las cunetas tienen por objetivo detener o contener a los vehículos en caso de emergencia, por ello la cuneta que está hacia el rajo tendrá que ser más alta de modo

que pueda detener efectivamente a cualquier vehículo en una emergencia sin que caiga. Comúnmente se utiliza como altura de cuneta hacia el rajo la mitad del diámetro de las ruedas en los equipos que transitan en el camino (camiones). Lo ideal es definir la altura considerando la pendiente del tramo, la resistencia a la rodadura, el tamaño de los equipos y en lo posible tener de referencia una prueba empírica de la situación.

La distancia de seguridad considera el efecto visual que se produce al conducir un equipo de gran altura, lo cual hace que el conductor perciba los objetos a una distancia menor de la que en realidad se encuentran. Esta distancia de seguridad deberá ser mayor a dicha distancia de percepción.

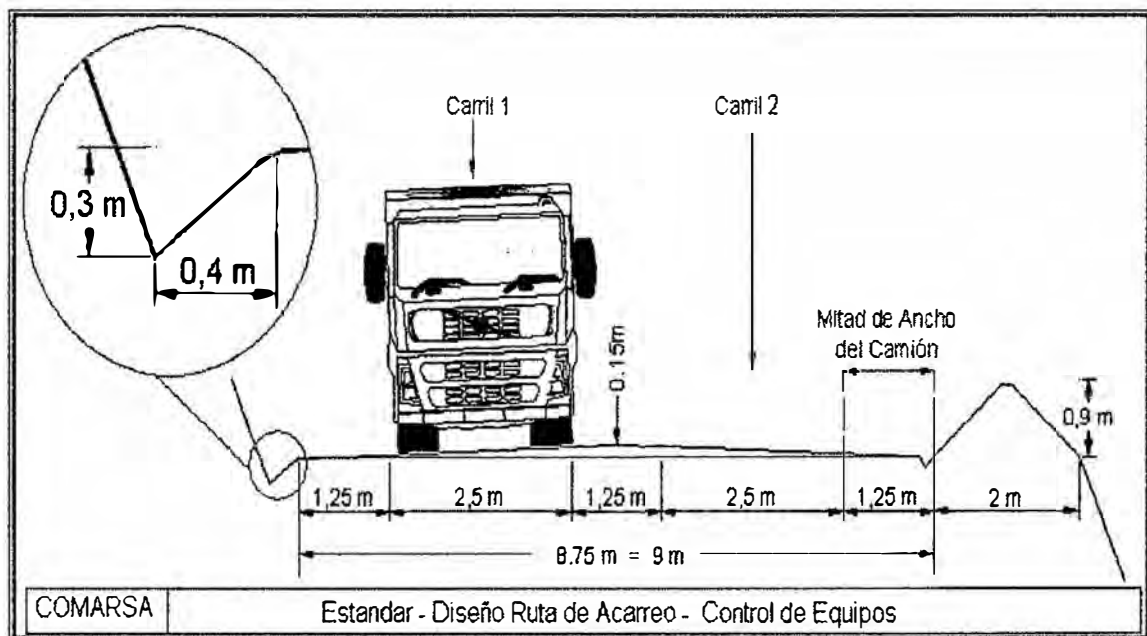


Figura 56: Diseño de vía de tránsito mina COMARSA - 2013.

Fuente: Área de control de equipos - COMARSA - 2013.

- Por seguridad, los camiones deben mantener una distancia de 1,25m entre ambos carriles, y hacia los extremos y sea hacia el talud, hacia la berma o la cuneta.
- El tránsito de camiones y demás equipos es por la derecha.

5.6.3. Ancho mínimo de operación (perforación, carguío y transporte).

Para la perforación podemos notar que el ancho mínimo de operación está dado por el área sometida a la perforación más un ancho necesario para el tránsito de los equipos ligados a la tarea de perforación y tronadura. Por lo general esta área es cubierta o satisfecha por los otros parámetros geométricos (por ejemplo el ancho mínimo de carguío).

Para el carguío se define el ancho mínimo de carguío como:

$$\text{Ancho mínimo de Carguío} = BS + DS + 0.5 \times Ac + 2 \times RGc + 0.5 \times Ac + DS + DD$$

$$\text{Ancho mínimo de Carguío} = BS + 2 \times DS + Ac + 2 \times RGc + DD$$

BS = Baranda de seguridad.

Ac = Ancho del camión.

DS = Distancia de Seguridad.

RGc = Radio de Giro del equipo de carguío o radio mínimo de operación.

DD = Derrames.

Debemos considerar que para cada caso habrá que calcular el área necesaria para que operen los equipos.

Para el transporte el área mínima de operación corresponde al área en que el camión puede realizar sus maniobras sin problemas y en forma segura. Esta área requiere disponer de las dimensiones físicas de operación del equipo.

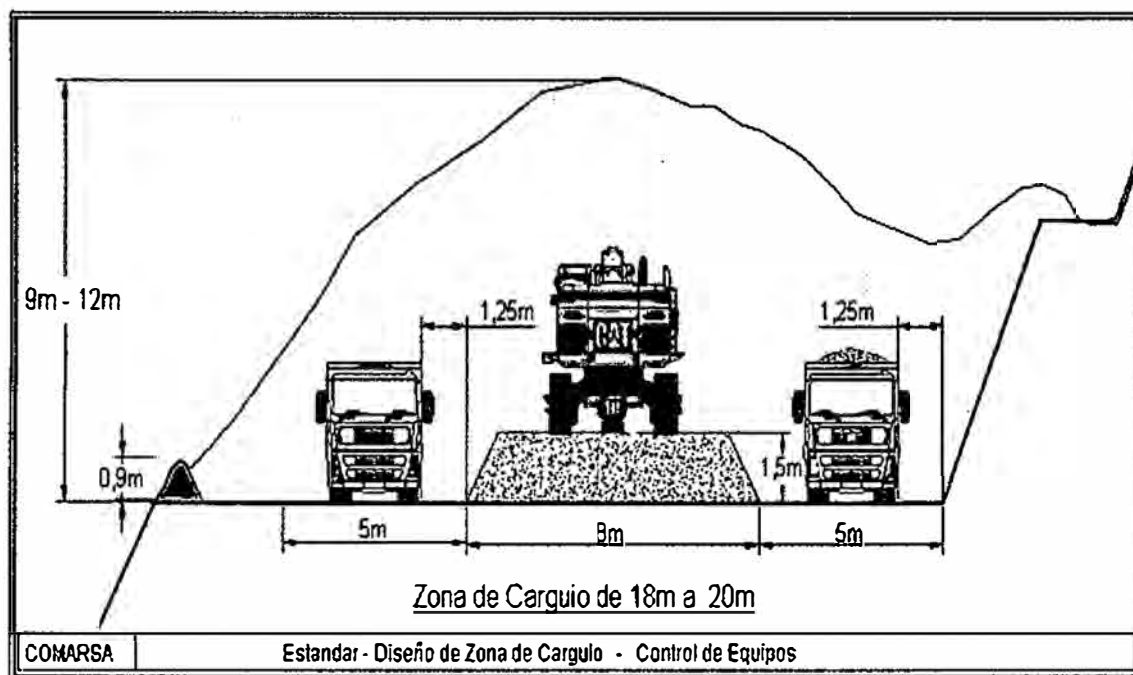


Figura 57: Diseño de zona de carguío mina COMARSA - 2013.

Fuente: Área de control de equipos - COMARSA - 2013.

- Para la buena maniobra del equipo de carguío se debe preparar una plataforma de 1,5 m de altura y de un ancho de 8 m; de acuerdo a un promedio de anchos de las excavadoras.
- Cuando el avance del frente es corte afuera, se debe dejar material para la conformación del muro de seguridad a una altura mínima de 1.2 m.
- Cuando el avance del frente es corte adentro, se debe realizar la perfilación del talud.
- El volquete debe ingresar al carril de carguío separado a 1.25 m del pie de la plataforma de la excavadora, a 1.25 m de la berma de seguridad (corte afuera) y a 1.25 m del pie del talud (corte adentro).
- EL volquete que ingresa al carguío en retroceso debe esperar su turno a 3 m antes del pie de la plataforma hasta que salga el volquete cargado del carril opuesto, y una vez que el operador de la excavadora le de aviso.

5.6.4. Ancho máximo de expansión.

En el caso que se deba realizar una expansión de un banco paralelamente con la expansión de un banco inferior, se debe considerar que los equipos puedan efectivamente operar después de la tronadura, por lo que se debe definir un ancho mínimo de expansión.

5.6.4.1. Desfase entre palas o largo mínimo de expansión.

En el caso que se deba realizar la operación de carguío en un banco paralelamente con la de un banco inferior, se debe considerar que los equipos puedan efectivamente operar después de la tronadura, por lo que se debe definir una distancia.

Para ello debemos determinar el largo de la tronadura (LT). A esta dimensión se le debe sumar la distancia de posicionamiento del equipo de carguío (palas o cargadores) del banco superior y las distancias de operación de los equipos complementarios (si así fuese necesario).

5.6.5. Talud de Banco.

Para este parámetro la línea trazada desde la cresta del banco hasta el piso o Toe hace un ángulo con la horizontal de 55° determinando un talud Mínimo de banco de 0.7: 1 para bancos de 8 metros de altura.

5.6.6. Talud de Operación.

Actualmente se está trabajando con un ángulo de operación de 42° manteniendo una relación de talud del tajo de 1.1: 1

5.6.7. Taludes Relativos de Bancos Operativos con Anchos Variables.

Son de diferentes relaciones ya que los anchos de bancos varían según el diseño a seguir en ciertas zonas del tajo; dependiendo de estas, la característica o la estructura a lo largo y ancho de los tajos.

5.6.8. Parámetros operativos de diseño.

a) Altura de banco

La altura de banco está relacionado con el alcance de las excavadoras y el diámetro de perforación, según la capacidad de esos equipos de carga la altura en metros puede estimarse con la siguiente expresión:

$$H = 10 + 0.57 (Cc - 6)$$

Donde

H = Altura de banco

Cc = Capacidad del cazo o cucharón de la excavadora (m³)

Cuadro 36

Capacidades del cucharón real y nominal de excavadoras mina COMARSA

EXCAVADORA	CAPACIDAD REAL (m ³)	CAPACIDAD NOMINAL (m ³)
365 CL-CAT	6.55	6.50
EC700BL- VOLVO	6.00	6.50
PC 600 - KOMATSU	5.65	6.00

Fuente: Elaboración propia 2013.

Reemplazando los valores de la capacidad nominal del cucharón de las excavadoras, se tienen los valores que puede tener la altura de banco.

Cuadro 37

Altura de banco mina COMARSA

Capacidad de cazo Cc (m ³)	Altura de banco H (m)	Altura de banco óptimo (m)
6.5	10.5	8
6.0	10.0	

Fuente: Elaboración propia 2013.

b) Banquetas

Bermas de Operación, quedan definidas por diseño a través del ángulo de operación. Generalmente en COMARSA son de 3.2 metros desde el pie de un banco superior a la cresta de un banco Inferior.

c) Bermas de Seguridad

Por regla general la altura de las Bermas de Seguridad deben ser las $\frac{3}{4}$ partes de la llanta, en COMARSA se ha determinado como alturas entre 0.80 a 0.90 metros.

d) Rampas

Por diseño se determinan rampas de hasta 12 metros de ancho de acuerdo al ancho máximo de los equipos de transporte de material de 2.5 metros, permitiendo el pase para tres equipos de acarreo, en cuanto a sus pendientes y gradientes pueden variar de 10% a 15%, debido al uso de volquetes de 15m^3 de capacidad los cuales representan equipos no tan pesados como en otras minas.

P_i = Pendiente del tramo i (%).

$C_{i+1} - C_i$ = Diferencia de Cota del tramo i (metros).

A_i = Ancho del tramo i (metros).

R_i = Radios de Curvatura en el tramo i (metros).

L_{ri} = Longitud real del tramo i (metros), es la que deben recorrer los equipos.

L_{ai} = Longitud aparente del tramo i (metros), es la que se ve en el

plano.

La pendientes, el ancho y los radios de curvatura de cada tramo deben ser tal que los equipos que circulen por la rampa puedan alcanzar sus rendimientos productivos sin sufrir deterioros en su funcionamiento o estructura ni riesgos en la operación.

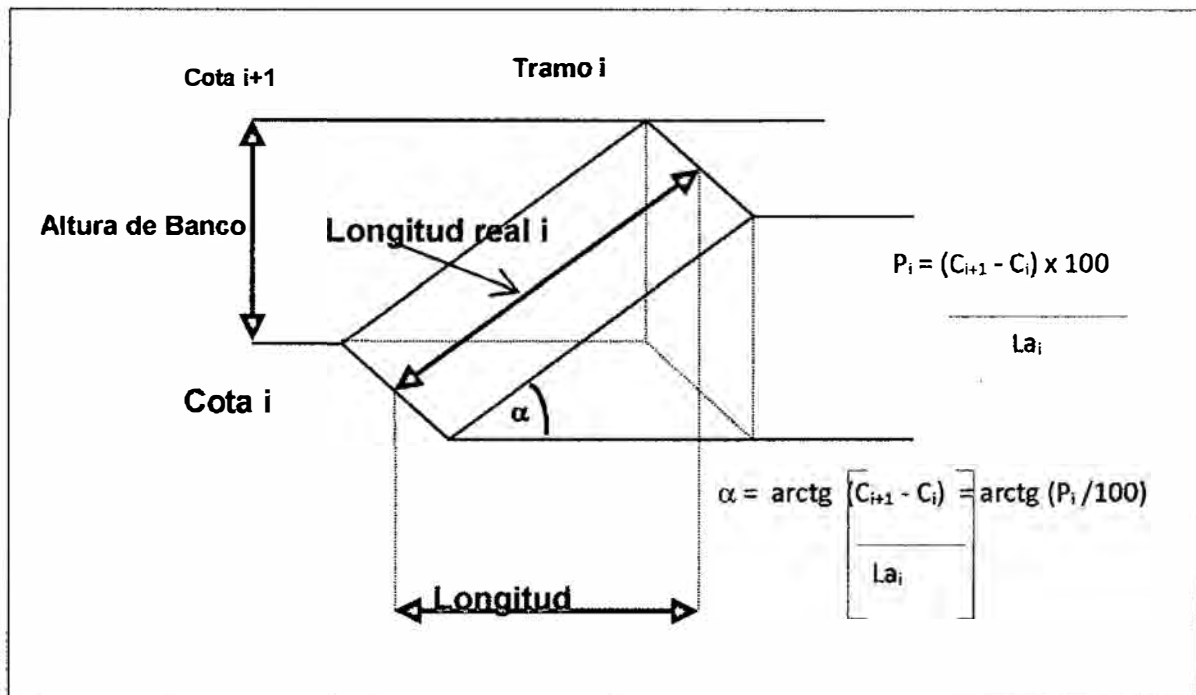


Figura 58: Diseño de rampas mina COMARSA

Fuente: Planeamiento mina - COMARSA - 2013.

Donde:

Longitud real = Longitud aparente * $\text{tg}(\alpha)$

$$Lr_i = La_i * \text{tg}(\alpha_i)$$

La longitud final de la rampa resultará de la suma de las longitudes reales de todos los tramos.

$$Lr_{TOTAL} = \sum Lr_i$$

En cuanto a los radios de curvatura de las vías y rampas en el cambio de dirección de las rutas en COMARSA, estas tienen un radio promedio de 2 veces el ancho más la cuarta parte de la misma, para una velocidad mínima de 7 km/hr.

Todo radio de curvatura que desciende de una rampa o vía debe tener un peralte que equilibre la fuerza centrífuga y gravitacional que origina la velocidad del equipo de acarreo, esta debe ser de 0.30 metros de altura, por otro lado las longitudes de las mismas dependen de a dónde queremos llegar.

Para el diseño de una rampa debemos considerar los siguientes datos, tomando en cuenta que una rampa se compone de varios tramos que no necesariamente tendrán las mismas características:

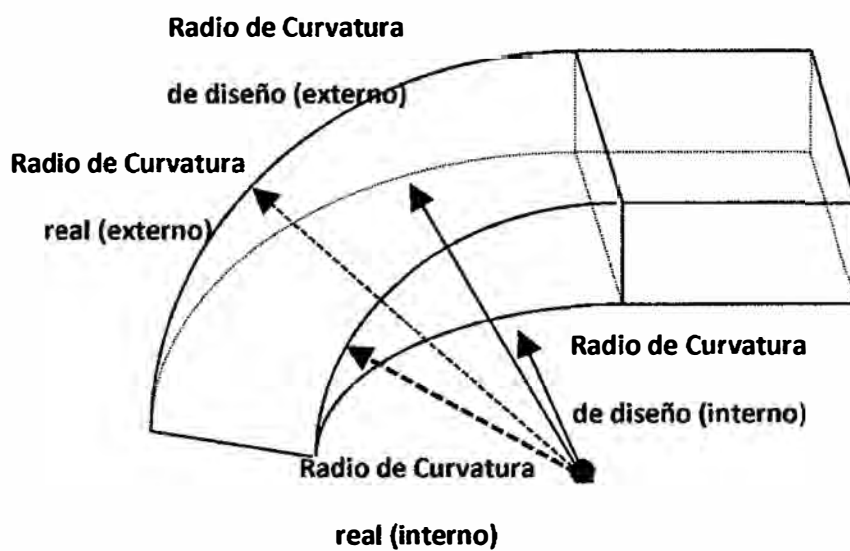


Figura 59: Diseño de radio de curvatura mina COMARSA.

Fuente: Planeamiento mina - COMARSA - 2013.

5.7. Determinación de la metodología de selección de equipo de carga

Mediante el desarrollo del proyecto de investigación, se pudo identificar que son nueve los factores que determinan una adecuada selección de un equipo de carga: como se muestra en el gráfico.

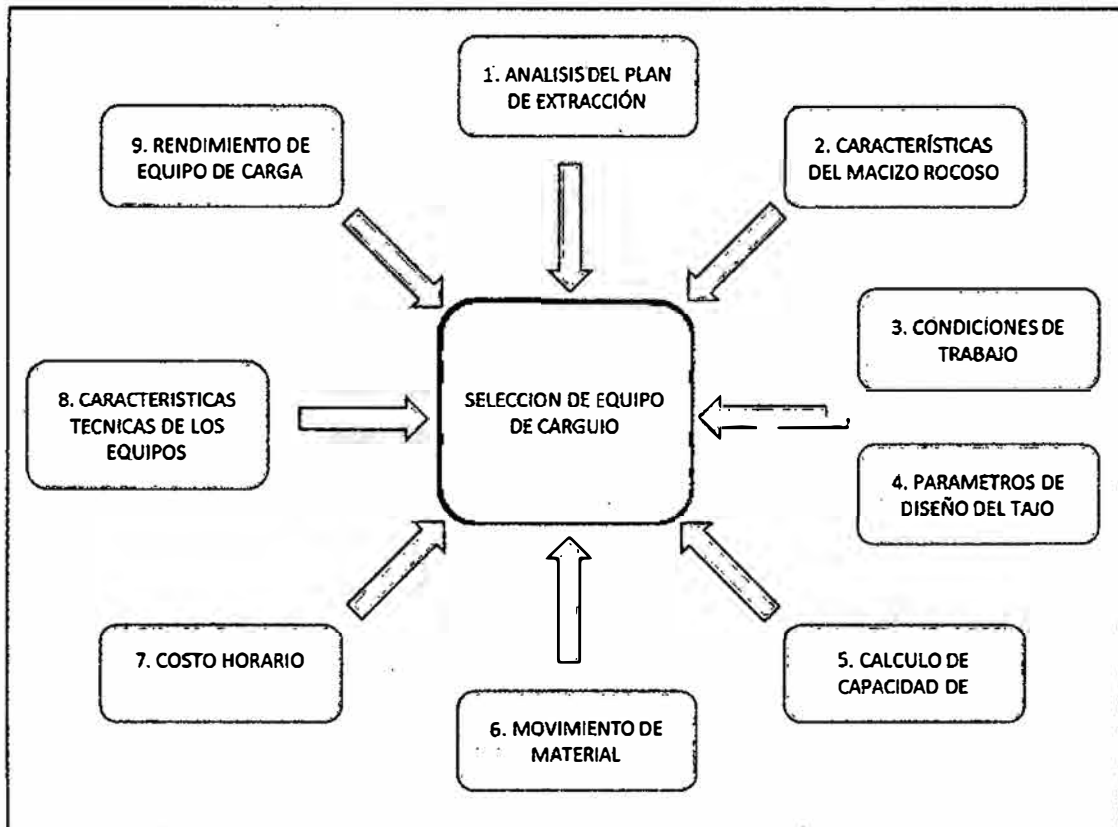


Figura 60: Método de selección de equipo de carguío mina COMARSA.

Fuente: Elaboración propia 2013.

Seguidamente se determina una tabla de cálculo, donde se relacionan cada uno de estos factores con sus respectivos parámetros.

Cuadro 38

Proceso de selección de equipo de carguío mina COMARSA

#	METODO DE SELECCIÓN	PARAMETROS	EQUIPOS DE CARGUÍO		
			VOLVO EC 700 BL	CATERPILLAR 365 CL	KOMATSU PC 600
1	ANÁLISIS DEL PLAN DE EXTRACCIÓN	Producción Diaria (Tm)	150,000	150,000	150,000
		Producción Mensual (Tm)	5,000,000	5,000,000	5,000,000
2	CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	Resistencia a la Compresión (Mpa)	>250	>250	>250
3	CONDICIONES DE TRABAJO	Condiciones de Trabajo			
4	PARAMETROS DE DISEÑO DEL TAJO	Ancho de Mirado (m)			
		Altura de Banco (m)			
5	CÁLCULO DE CAPACIDAD DE CUCHARA (m ³)	Capacidad Nominal (m ³)			
		Capacidad Real (m ³)			
6	MOVIMIENTO DE MATERIAL	Tonelaje por Vnje (Tm/vnje)			
		Ciclo de Carguío (Seg)			
7	COSTO HORARIO	Precio Unitario (\$/Hr)			
8	CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS	Potencia neta al volante (KW)			
		Longitud de la pala (m)			
		Longitud de brazo (m)			
9	RENDIMIENTO DE EQUIPO DE CARGA	Tonelaje horario (Tm/Hr)			
		Costo horario (\$/Tm)			

Fuente: Elaboración propia 2013.

5.8. Aplicación de la metodología de selección.

En el Cuadro 39, se alimenta de valores cuantitativos y cualitativos y se optime resultados que comparan a los equipos con los cuales cuenta la mina y resalta la mejor opción para un determinado frente de trabajo y realizar una adecuada distribución de los equipos en los frentes de trabajo.

Cuadro 39

Resultado de selección de equipo de carguío mina COMARSA

#	METODO DE SELECCIÓN	PARAMETROS	EQUIPOS DE CARGUIO		
			VOLVO EC 700 BL	CATERPILLAR 365 CL	KOMATSU PC 600
1	ANÁLISIS DEL PLAN DE EXTRACCIÓN	Producción Diaria (Tm)	150,000	150,000	150,000
		Producción Mensual (Tm)	5,000,000	5,000,000	5,000,000
2	CARACTERÍSTICAS DEL MACIZO ROCOSO	Resistencia a la Compresión (Mpa)	>250	>250	>250
3	CONDICIONES DE TRABAJO	Condiciones de Trabajo	óptimas	óptimas	óptimas
4	PARAMETROS DE DISEÑO DEL TAJO	Ancho de Minado (m)	18-20	18-20	18-20
		Altura de Banco (m)	8	8	8
5	CALCULO DE CAPACIDAD DE CUCHARA (m3)	Capacidad Nominal (m3)	6.50	6.50	6.00
		Capacidad Real (m3)	6.00	6.55	5.65
6	MOVIMIENTO DE MATERIAL.	Tonaje por Vinje (Tm/min)	23.80	23.80	23.00
		Ciclo de Carguío (Seg)	45.00	48.00	49.00
7	COSTO HORARIO	Precio Unitario (\$/hr)	176.00	167.00	153.00
8	CARACTERISTICAS TECNICAS DE LOS EQUIPOS	Potencia neta al volante (K W)	346	302	323
		Longitud de la pluma (m)	6.6	7.8	7.66
		Longitud de brazo (m)	2.2	4.67	3.5
9	RENDIMIENTO DE EQUIPO DE CARGA	Tonaje hornio (Tm/Hr)	1428	1428	1380
		Costo horario (\$/Tm)	0.123	0.121	0.111

Fuente: Elaboración propia 2013.

5.9. Evaluación de resultados

La Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. COMARSA, trabajo con 8 a 12 frentes de minado entre todos los tajos, perteneciendo la mayoría de ellos al Tajo Clarita con 5 frentes.

El proceso final de todo el trabajo es el monitoreo de los equipos en los frentes de minado del **TAJO CLARITA**. La recolección de datos se ha realizado de manera constante en todos los frentes de minado, con el apoyo del área de control de equipos de la mina COMARSA.

La aplicación del método de selección de equipo de carguío fue de manera progresiva, como resultado se puede apreciar en la Figura 61: muestra la evolución del rendimiento horario de la excavadora VOLVO EC700 BL, demostrando que existe un crecimiento constante de la curva de producción: La línea de tendencia presenta una pendiente positiva. Asimismo el costo de producción tiene un descenso constante lo cual es muy favorable para el área de operaciones mina.

Las principales condiciones de trabajo que afectaron negativamente al rendimiento de los equipos de carguío en el TAJO CLARITA, fueron:

- | | |
|---|------------------------------|
| 1. Acumulación de material | 6. Perfilado de talud |
| 2. Cambio de equipo y de frente | 7. Poco material |
| 3. Cambio de posición | 8. Traslado de excavadora |
| 4. Falla mecánica | 9. Vía reducida |
| 5. Mantenimiento de vía y zona de carguío | 10. Zona de carguío reducida |
| | 11. Condiciones climáticas |

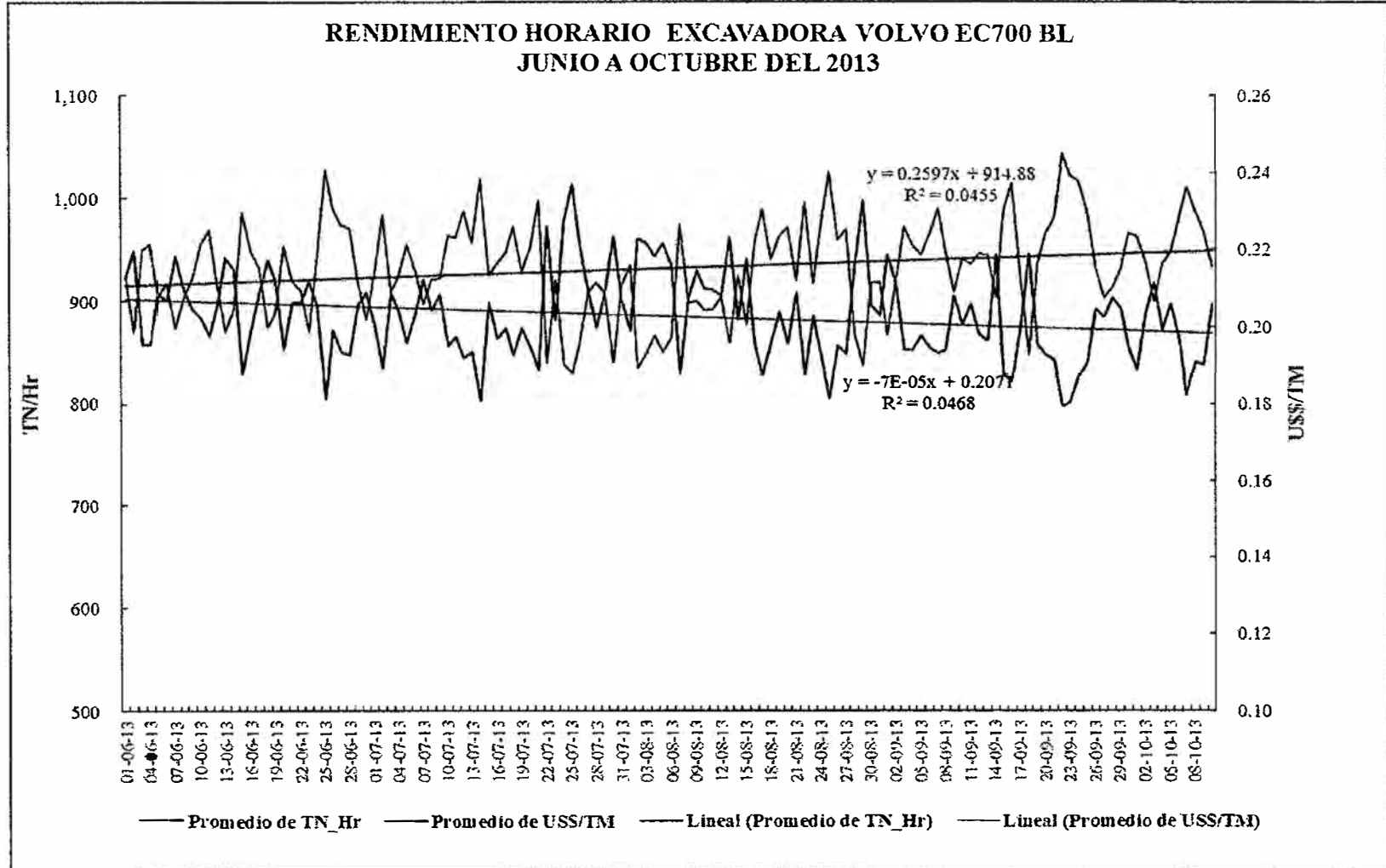


Figura 61: Rendimiento horario excavadora VOLVO EC700 BL- COMARSA.

Fuente: Elaboración propia 2013.

En la **Figura 61**, observamos la evolución del rendimiento favorable debido a que se determinó la metodología de selección, este eligió a la excavadora que es más eficiente y alcanza su máximo rendimiento horario, ahorrando tiempo (ciclo $\leq 45s$) e incrementando la producción.

La excavadora que se eligió con el modelo determinado por la investigación cumple con los diseños estructurales según que requiere el frente de minado, debido a que la excavadora VOLVO EC700 BL tiene una longitud de pluma más corta respecto a las otras dos tomadas en cuenta para el análisis (Cuadro 39).

En la **Figura 62**, observamos la evolución del rendimiento favorable aunque va en descenso debido la profundización del Tajo Clarita, los frentes de minado para la excavadora CAT 365 CL se hacen más reducidos.

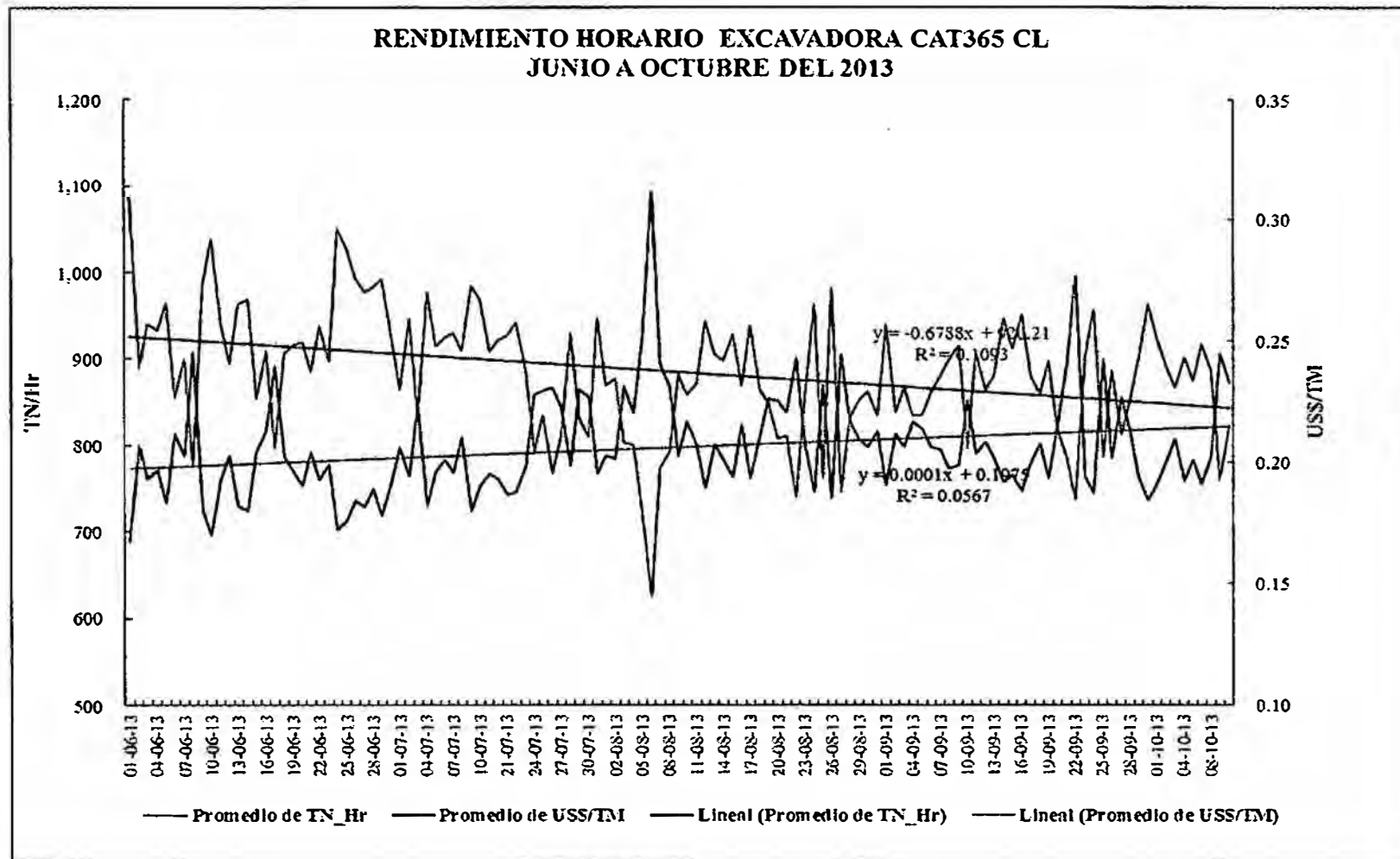


Figura 62: Rendimiento horario excavadora CATERPILLAR 365 CL mina COMARSA.

Fuente: Elaboración propia 2013

Cuadro 40
Rendimiento horario excavadoras octubre 2013-COMARSA

COMARSA	EXCAVADORAS										CARGADORES						
	PC - 600		365BL		365CL		EC700BL		345CL		345DL		980G		980H		
TM/VJE	23 Tonel		23.3 Tonel		23.8 Tonel		23.8 Tonel		22.4 Tonel		22.4 Tonel		23.8 Tonel		23.8 Tonel		
PASES/VOLQ	3 ó 3 1/2		3		3		3		4		4		3		3		
DENSIDAD	1.53		1.55		1.59		1.59		1.49		1.49		1.59		1.59		
USS/HRA	\$ 153.00		\$ 143.50		\$ 173.00		\$ 176.00		\$ 130.00		\$ 136.50		\$ 111.00		\$ 118.00		
	US \$	TM/HR	US \$	TM/HR	US \$	TM/HR	US \$	TM/HR	US \$	TM/HR	US \$	TM/HR	US \$	TM/HR	US \$	TM/HR	
VIAJES / HORA	20	0.333	460	0.308	466	0.363	476	0.370	476	0.290	448	0.305	448	0.233	476	0.248	476
	21	0.317	483	0.293	489	0.346	500	0.352	500	0.276	470	0.290	470	0.222	500	0.236	500
	22	0.302	506	0.283	513	0.330	524	0.336	524	0.264	493	0.277	493	0.212	524	0.225	524
	23	0.289	529	0.268	536	0.316	547	0.322	547	0.252	515	0.265	515	0.203	547	0.216	547
	24	0.277	552	0.257	559	0.303	571	0.308	571	0.242	538	0.254	538	0.194	571	0.207	571
	25	0.266	575	0.246	583	0.291	595	0.296	595	0.232	560	0.244	560	0.187	595	0.198	595
	26	0.256	598	0.237	606	0.280	619	0.284	619	0.223	582	0.234	582	0.179	619	0.191	619
	27	0.246	621	0.228	629	0.269	643	0.274	643	0.215	605	0.226	605	0.173	643	0.184	643
	28	0.238	644	0.220	652	0.260	666	0.264	666	0.207	627	0.218	627	0.167	666	0.177	666
	29	0.229	667	0.212	676	0.251	690	0.255	690	0.200	650	0.210	650	0.161	690	0.171	690
	30	0.222	690	0.205	699	0.242	714	0.246	714	0.193	672	0.203	672	0.155	714	0.165	714
	31	0.215	713	0.199	722	0.234	738	0.239	738	0.187	694	0.197	694	0.150	738	0.16	738
	32	0.208	736	0.192	746	0.227	762	0.231	762	0.181	717	0.190	717	0.146	762	0.155	762
	33	0.202	759	0.187	769	0.220	785	0.224	785	0.176	739	0.185	739	0.141	785	0.150	785
	34	0.196	782	0.181	792	0.214	809	0.217	809	0.171	762	0.179	762	0.137	809	0.146	809
	35	0.190	805	0.176	816	0.208	833	0.211	833	0.166	784	0.174	784	0.133	833	0.142	833
	36	0.185	828	0.171	839	0.202	857	0.205	857	0.161	806	0.169	806	0.130	857	0.138	857
	37	0.180	851	0.166	862	0.196	881	0.200	881	0.157	829	0.165	829	0.126	881	0.134	881
	38	0.175	874	0.162	885	0.191	904	0.195	904	0.153	851	0.160	851	0.123	904	0.13	904
	39	0.171	897	0.158	909	0.186	928	0.190	928	0.149	874	0.156	874	0.120	928	0.127	928
40	0.166	920	0.154	932	0.182	952	0.185	952	0.145	896	0.152	896	0.117	952	0.124	952	
41	0.162	943	0.150	955	0.177	976	0.180	976	0.142	918	0.149	918	0.114	976	0.121	976	
42	0.158	966	0.147	979	0.173	1000	0.176	1000	0.138	941	0.145	941	0.111	1000	0.118	1000	
43	0.155	989	0.143	1002	0.169	1023	0.172	1023	0.135	963	0.142	963	0.108	1023	0.115	1023	
44	0.151	1012	0.140	1025	0.165	1047	0.168	1047	0.132	986	0.138	986	0.106	1047	0.113	1047	
45	0.148	1035	0.137	1049	0.162	1071	0.164	1071	0.129	1008	0.135	1008	0.104	1071	0.11	1071	
46	0.145	1058	0.134	1072	0.158	1095	0.161	1095	0.126	1030	0.132	1030	0.101	1095	0.108	1095	
47	0.142	1081	0.131	1095	0.155	1119	0.157	1119	0.123	1053	0.130	1053	0.099	1119	0.105	1119	
48	0.139	1104	0.128	1118	0.151	1142	0.154	1142	0.121	1075	0.127	1075	0.097	1142	0.103	1142	
49	0.136	1127	0.126	1142	0.148	1166	0.151	1166	0.118	1098	0.124	1098	0.095	1166	0.101	1166	

Fuente: Control de equipos - COMARSA - 2013



CONCLUSIONES

De acuerdo a los objetivos planteados y los resultados obtenidos durante el desarrollo de los capítulos anteriores del presente trabajo de investigación, llegamos a las siguientes conclusiones:

1. Mediante la implementación de una metodología de selección de equipos de carguío, se ha logrado optimizar la producción del TAJO CLARITA, cumpliendo la mejora continua planteada por la empresa minera Santa Rosa – COMARSA. Se alcanzó este resultado gracias a los datos obtenidos como: Requerimiento diario de material mineral/desmante ($>150\ 000\ \text{TM}$), Condiciones de trabajo (25 identificadas de las cuales 11 forman parte de las que influyen de manera significativa), resistencia a la compresión del macizo rocoso ($>250\text{MPa}$), Capacidad de cuchara (5.65 hasta $6.55\ \text{m}^3$), Rendimiento horario y productividad (1 380 – 1 428 TM/Hr , 0.111 -0.121 $\$/\text{TM}$), Característica de los equipos (longitud de pluma 6.6, 7.8 y 7.66 m), y parámetro de diseño del tajo (altura de banco de 8 m, ancho de minado 18 a 20 m).
2. Se logró determinar los parámetros de diseño del tajo óptimos como la altura de banco de 8m en función de las capacidades de los equipos de carguío. y las características técnicas fundamentales de las excavadoras de marcas VOLVO, CATERPILLAR y KOMATSU: Longitud de pluma de 6.6m que fue determinado como el más adecuado para el diseño de zonas de carguío de doble carril, durante el proceso de profundización del Tajo Clarita.
3. Se logró determinar el equipo más óptimo, Excavadora Volvo EC700 BL por la mayor productividad alcanzada durante la operación. Con un costo horario calculado de 176.00 $\$/\text{Hr}$: Es el mayor coste de la unidad en cuanto a equipo de

carguío se trata, pero las ventajas que tiene en el carguío hace que el costo de operación reduzca a 0.176 \$/TM, con respecto a los costos iniciales ≥ 20 \$/TM.

La ventaja de la reducción del costo de operación en un 12% ofrece grandes resultados en el mes por que es mayor el tonelaje movido debido a que el ciclo de carguío es de 45 s.

4. Los parámetros geo mecánicos es uno de los factores que permiten seleccionar el equipo de carguío para el Tajo Clarita. Determinado los parámetros geotécnicos y operacionales de diseño de minado como son: Talud de banco 0.7:1 con 55° , talud de operación 1.1:1 con 42° , altura de banco de 8m, banquetas de 3.2 m, bermas de seguridad de 0.80-0.90 m, rampas de 10-15% con ancho de vía de 12 m: debido al uso de volquetes de 15 m^3 que son equipos no tan pesados como en otras minas y ancho de minado de 18-20 m



RECOMENDACIONES

1. La Unidad Minera Santa Rosa, requiere de manera urgente implementar un sistema de control de los equipos de carguío y de acarreo para tener información real de la cantidad de material (mineral /desmonte) que se está extrayendo de los frentes de minado.
2. Sera necesario renovar la flota equipos de carguío debido a que estos por su antigüedad tienen problemas mecánicos, siendo esta una de las condiciones de trabajo que afectan negativamente a la operación. Se debe priorizar en reemplazar los equipos que más frecuente presentan fallas mecánicas.
3. Debido a que no se cuenta con excavadoras Volvo para distribuir en todos los frentes de minado, se tendrá que manejar los criterios de selección planteados en este proyecto para optimizar la producción en la mina.
4. Deberá realizarse constantemente estudios de estabilidad de talud para brindar seguridad a la operación, debido a que el Tajo Clarita es cada día más profundo. Además se debe ejecutar un canal de coronación para captar las aguas pluviales que en la actualidad desembocan en el Tajo.

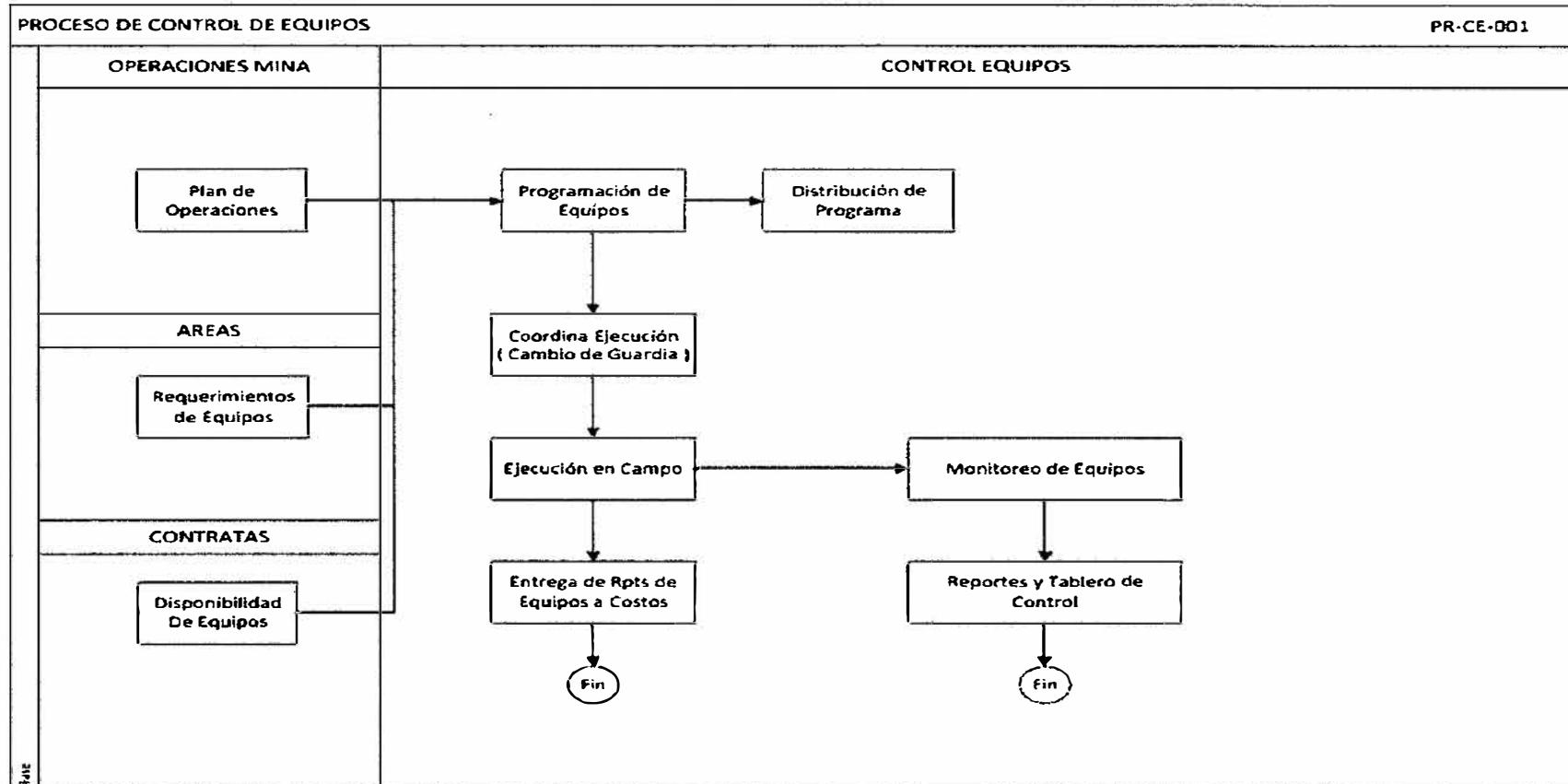
BIBLIOGRAFÍA

- ✓ ADUVIRE Osvaldo “Costos Horarios de Maquinaria Minera”. Perú, 2008
- ✓ BARRETO HUAMÁN Juan Carlos, Tesis “Criterios de selección y reemplazamiento de equipo para la construcción de accesos y plataformas en la zona de san Antonio”. Yauli-Junín, 2008.
- ✓ CAMPOS ARZAPALO Edmundo, “Concepto sistémico en la elección del métodos de explotación minera en los andes Peruanos” U.N.S.C.H.- 30 Convención Minera Arequipa, Setiembre 2011.
- ✓ CHAVARRY Linares Luis Antonio, tesis “Aplicación de sistemas de riego presurizado en el proceso de lixiviación de oro en la Mina santa rosa Comarsa”. La Libertad-Perú, 2008.
- ✓ CIA. MINERA AURIFERA SANTA ROSA S.A. Informe, “Diseño de Pad de Lixiviación 14”. Miraflores-Lima, Perú 2004.
- ✓ CESEL INGENIEROS. Resumen ejecutivo de Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto “Ampliación de la Explotación y Tratamiento de 25000 TMD a 50000 TMD” de la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa. Lima, Perú 2005.
- ✓ KARLA YULISSA ORTEGA ARICA. Tesis, “Recuperación de Oro desde Soluciones Cianuradas por Intercambio Iónico en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A. Lima, Perú 2009.
- ✓ LÓPEZ JIMENO Carlos, “Manual de perforación y voladura de rocas”. Madrid-España, 2003 Graficas Arias Montano S.A.
- ✓ MANUAL “Características Técnicas de Excavadora Hidráulica Caterpillar 365CL”. EE.UU, 2006

- ✓ MANUAL “Características Técnicas de Excavadora Hidráulica Komatsu PC600”. Madrid-España, 2010
- ✓ MANUAL “Características Técnicas de Excavadora Hidráulica VolvoBC700BLC”. España 2006.
- ✓ MINISTERIO DE VIVIENDA, “Construcción Y Saneamiento, Elementos Para La Determinación Del Costo Horario De Los Equipos Y Maquinaria Del Sector Construcción”. Lima-Perú, 2010
- ✓ ORTIZ Cesar, “Manual de inducción en Carguío y Acarreo en Comarsa”. La Libertad- Perú, 2010.
- ✓ SOLAMILLO B. Jorge –“Gerencia de equipos pesados en obras civiles y minería”.
- ✓ VIDAL LOLI Manuel Arturo, Tesis “Estudio del Cálculo de Flota de Camiones para una Operación Minera a Cielo Abierto”. Perú, 2010
- ✓ VECTOR PERÚ S.A.C. Informe, “Diseño de Pad de Lixiviación 14 en la Compañía Minera Aurífera Santa Rosa S.A”. Miraflores-Lima, Perú 2004
- ✓ ZAPATA G. Edgard, “Maquinaria Para La Construcción De Carreteras, Universidad Nacional Sede Medellín Facultad De Minas”. Colombia, 2009.



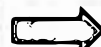


ANEXOS

Anexo 1: Diagrama de proceso



Fuente: Área de control de equipos de COMARSA

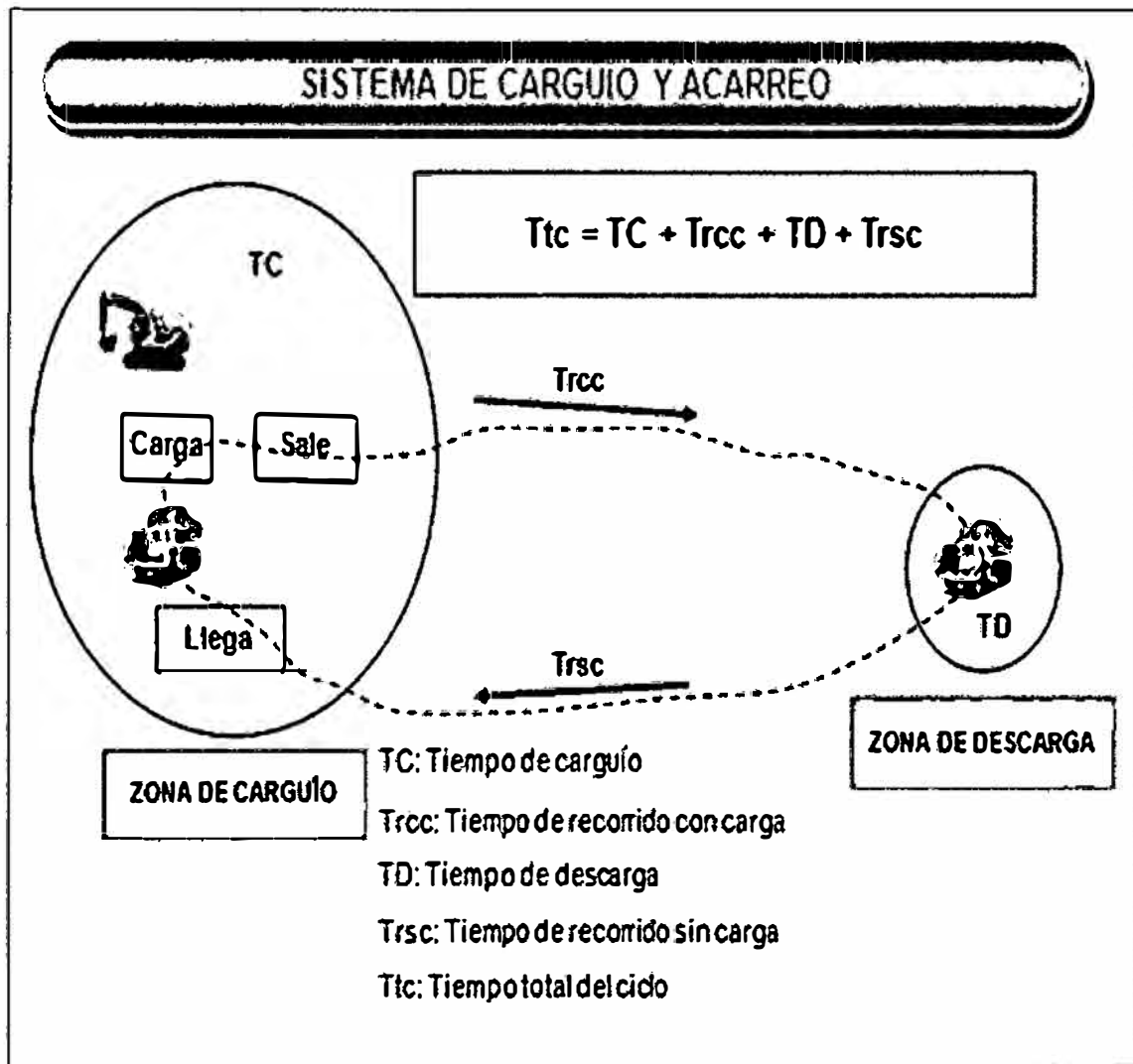
Anexo 2: Diagrama de operaciones

Paso	Actividad						Tipo de Actividad		
		 Operación	 Control	 Transporte	 Espera	 Almacenamiento	V.A.	Control	Otros
1	Recepción de Plan Mensual		③					X	
2	Recepción de disponibilidad de equipos		③					X	
3	Recepción de requerimientos de Area		③					X	
4	Programación diaria de equipos	④					X		
5	Asignación de labor a controladores	④							X
6	Registro de tiempos en campos		⑤					X	
7	Recepción de Reportes					⑥		X	
8	Consolidación de reportes					⑥			X
Total		2	4			2	1	5	2

Fuente: Área de control de equipos de COMARSA

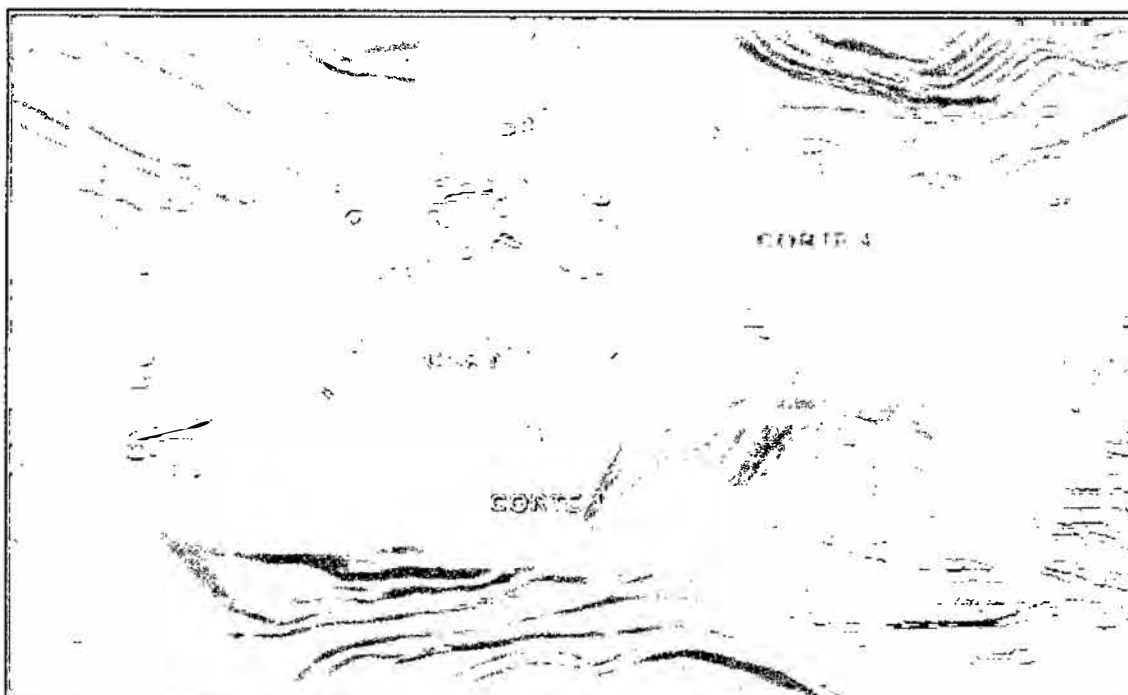


Anexo 3: Sistema de carguío y acarreo



Fuente: Área de control de equipos de COMARSA

Anexo 4: Tajo Clarita, Fases de Minado y planos del plan de minado 2013



Fuente: Planeamiento mina COMARSA.

CORTE 1: Es la primera etapa del minado del tajo Clarita en el 2013, en el cual se extraerá mineral y desmonte con una relación de desbroce de 1.5. El periodo programado será durante el primer trimestre del año 2013. Tonelaje extraído de mineral será de 4 500 000 TM.

CORTE 2: Explotación programada de Abril a Diciembre 2013, con una extracción de 11 000 000 TM de mineral con una relación de desbroce de 2.

CORTE 3 y 4: Explotación programada de Enero a Abril.

Los detalles las fases de minado se detallan en el Cuadro 19.