



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

**PROYECTO DE ESTRUCTURACIÓN Y
AMPLIACIÓN DE UN GARIMPO Y
PLANTA DE TRATAMIENTO DE
CASITERITA. REALIZACIÓN DE UNA
CAMPAÑA DE SONDEOS DE
INVESTIGACIÓN. T.M. DE COLNIZA,
BRASIL.**

Alumno: Lunna Vezaro Moreira

Tutor: Prof. D. Julián Ángel Martínez López
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Septiembre, 2021



Universidad de Jaén

Universidad de Jaén

Escuela Politécnica Superior de Linares

Departamento de Ingeniería Mecánica y Minera

Don Julián Ángel Martínez López, tutor del Trabajo Fin de Grado titulado: PROYECTO DE ESTRUCTURACIÓN Y AMPLIACIÓN DE UN GARIMPO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE CASITERITA. REALIZACIÓN DE UNA CAMPAÑA DE SONDEOS DE INVESTIGACIÓN. T.M. DE COLNIZA, BRASIL, que presenta Lunna Vezaro Moreira, autoriza su presentación para su defensa y evaluación en la Escuela Politécnica Superior de Linares.

Linares, 1 de septiembre de 2021

El alumno:

Lunna Vezaro Moreira

El tutor:

MARTINEZ

LOPEZ

JULIAN -

26191486Y

Don Julián Ángel Martínez

Firmado
digitalmente por
MARTINEZ LOPEZ
JULIAN - 26191486Y
Fecha: 2021.09.01
22:05:05 +02'00'

Contenido

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA	11
1. OBJETIVOS DEL PROYECTO	12
2. ANTECEDENTES	12
3. LEGISLACIÓN APLICADA	13
3.1. MARCO LEGAL.....	13
3.1.1. Legislación brasileña	13
3.1.2. Legislación española.....	15
4. SITUACIÓN GEOGRÁFICA.....	15
5. RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN.....	18
5.1. CUADRÍCULA MINERA	19
6. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA.....	20
6.1. HOJA SC.20-X-D RÍO GUARIBA	20
6.1.1. Suíte Plutónica <i>Vitória</i> (PP4 γ v)	22
6.1.2. Granito <i>São Pedro</i> (PP4 γ sp)	24
6.1.3. Formación <i>Palmeiral</i> (NP1p)	27
6.1.4. Suíte Intrusiva <i>Rondônia</i> (NP1 γ ro).....	29
6.1.5. Depósitos de aluviones (Q2a).....	30
6.2. EL YACIMIENTO DE LA MINA DE SÃO FRANCISCO.....	31
6.3. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS	34
6.4. MINERALOGÍA Y APLICACIONES	35
6.4.1. Casiterita (SnO ₂).....	36
6.4.2. Producción de estaño en Brasil.....	37
6.4.3. Aplicaciones del estaño.	38
6.4.4. Precios de comercialización	39
7. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO	40
7.1. CLIMA – Temperatura y pluviometría.....	40
7.2. VEGETACIÓN.....	41
8. ACTIVIDAD MINERA	43
8.1. RESERVAS	43
8.2. PROCESO DE TRABAJO ACTUAL	44
8.2.1. Arranque y transporte del material	44
8.2.2. Primera etapa de concentración.....	46

8.2.3.	Planta de tratamiento	47
8.2.4.	Disponibilidad eléctrica y combustible	49
8.2.5.	Logística y transporte	50
9.	PROPUESTA DE DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN.....	50
9.1.	ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO Y PRODUCCIÓN PREVISTA.....	51
9.2.	MAQUINARIA A SER UTILIZADA	51
9.2.1.	Maquinaria de arranque y carga	52
9.2.2.	Maquinaria de transporte	57
9.3.	PROPUESTA DE DISEÑO.....	64
9.3.1.	Altura de bancos	65
9.3.2.	Talud de banco.....	65
9.3.3.	Longitud de bancos.....	65
9.3.4.	Anchura de la plataforma de trabajo.....	65
9.3.5.	Diseño de pistas y accesos.....	67
9.3.5.1.	Accesos	68
9.3.5.2.	Pistas	69
9.3.5.3.	Pendientes	70
9.3.6.	Diseño final	73
9.3.7.	Saneamiento de los bancos	73
9.4.	RESUMEN DEL MÉTODO DE TRABAJO	73
9.4.1.	Arranque y carga	74
9.4.2.	Transporte del material	74
9.4.2.	Secuencia de explotación y recuperación del área	74
10.	PROPUESTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO.....	74
10.1.	UBICACIÓN DE LA PLANTA	75
10.2.	DIAGRAMA DE FLUJO.....	76
10.3.	PROCESO DE LA PLANTA	78
10.4.	MAQUINARIA UTILIZADA	79
10.4.1.	<i>Rotary Scrubber</i>	79
10.4.2.	Criba vibratoria	81
10.4.3.	Molino de bolas	82
10.4.4.	Separación gravimétrica	83
10.4.4.1.	Jigs.....	85
10.4.4.2.	Hidrociclones	86
10.4.4.3.	Espirales	88

10.4.4.3.1.	Espirales del circuito fino.....	89
10.4.4.3.2.	Espirales del circuito grueso	90
10.4.4.4.	Mesa vibratoria.....	91
10.4.4.4.1.	Mesa vibratoria del circuito grueso	92
10.4.4.4.2.	Mesa vibratoria del circuito fino	93
10.4.4.5.	Concentradores Falcon.....	93
10.4.4.5.1.	Concentrador Falcon del circuito fino.....	94
10.4.4.5.2.	Concentrador Falcon del circuito grueso	94
10.4.5.	Horno rotativo	95
10.4.6.	Separador magnético.....	95
10.4.7.	Almacenamiento	96
10.5.	VERTIDO DE LOS ESTÉRILES.....	96
10.6.	SUMINISTRO DE AGUA.....	97
11.	CAMPAÑA DE SONDEOS DE INVESTIGACIÓN	99
11.1.	PROPUESTA DE CAMPAÑA.....	99
11.1.1.	Sistema empleado	100
11.1.2.	Empresa a contratar.....	100
11.1.3.	Maquinaria utilizada	100
11.1.4.	Ubicación de los sondeos.....	103
11.1.5.	Perfil estratigráfico	104
11.1.6.	Medidas empleadas en la perforación.....	106
11.1.7.	Equipo técnico	106
11.1.8.	Informe final de sondeo	106
12.	Cierre de la mina.....	107
ANEXOS		108
ANEXO N°1: PLAN DE RESTAURACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES		109
1.	Plan de restauración.....	111
1.1.	Antecedentes.....	111
2.	ADECUACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO	111
2.1.	REMODELACIÓN DEL TERRENO	111
2.2.	ÁREA DE RESTAURACIÓN	112
2.3.	ADECUACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO.....	112
2.4.	RESTAURACIÓN DE LA CAPA VEGETAL	112
2.4.1.	Selección de las especies.....	113

2.4.2.	Plantación	115
2.4.3.	Acompañamiento de la plantación	115
ANEXO N° 2: SEGURIDAD Y SALUD		116
1.	OBJETIVO	118
2.	RESPONSABILIDADES DEL PROMOTOR.....	118
2.1.	Responsabilidad de los trabajadores.....	120
3.	EVALUACIÓN DE RIESGOS	120
4.	TRABAJO PREVENTIVO.....	121
4.1.	CIRCULACIÓN Y TRANSPORTE DE PERSONAS Y MATERIALES ...	121
4.2.	SUPERFICIES DE TRABAJO	122
4.3.	MÁQUINAS, EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSTALACIONES.....	122
4.4.	ESTABILIDAD DE LOS MACIZOS	123
4.5.	PROTECCIONES CONTRA EL POLVO	124
4.6.	SEÑALIZACIÓN	124
4.7.	INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	125
4.8.	PLANTA DE TRATAMIENTO	126
4.9.	DISPOSICIÓN DE ESTÉRILES.....	126
4.10.	ILUMINACIÓN.....	127
4.11.	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Y EXPLOSIONES.....	127
4.12.	PROTECCION CONTRA INUNDACIONES	127
4.13.	OPERACIONES DE EMERGENCIA.....	128
4.14.	PARALIZACIÓN Y REINICIO DE LAS ACTIVIDADES	128
4.15.	INFORMACIÓN, CALIFICACIÓN Y ENTRENAMIENTO	129
4.16.	PROTECCIONES INDIVIDUALES	129
4.17.	PROTECCIONES COLECTIVAS	130
4.18.	RECONOCIMIENTO MÉDICO	130
4.19.	PROTECCIÓN CONTRA RUIDOS.....	130
4.19.	ACCIONES GENERALES	131
5.	COMISIÓN INTERNA DE PREVENCIÓN DE ACIDENTES.....	131
6.	PROGRAMA DE GERENCIAMIENTO DE RIESGOS (PGR).....	132
7.	PROGRAMA DE CONTROL MÉDICO DE SALUD OCUPACIONAL	133

ANEXO N° 3: BILIOGRAFIA	134
1. Bibliografia.....	135
1.1. Páginas Web	136
 DOCUMENTO N°2: PLIEGO DE CONDICIONES	137
1. PLIEGO DE CONDICIONES.....	140
1.1. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	140
2. DISPOSICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN	141
2.1. DIRECCIÓN DE LA EXPLOTACIÓN	141
2.2. DEBERES Y RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA.....	142
2.2.1. OFICINA DE OBRA	144
2.3. RESPONSABILIDAD DE DAÑOS A TERCEROS	144
2.4. PREVIO A LAS OBRAS	145
2.5. REPLANTEO	145
1.7.1 Fase de replanteo inicial	145
1.7.2. Replanteo de puntos	146
1.7.3. Acta de comprobación de replanteo	146
1.7.8. Responsabilidad sobre la comprobación del replanteo.....	146
2.6. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....	147
2.7. RECEPCIÓN DE LOS TRABAJOS	148
2.8. SUSPENSIÓN DE LOS TRABAJOS	148
2.9. CONTRATACIÓN DE LA MANO DE OBRA.....	148
3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS	149
3.1. ABONO DE LOS TRABAJOS	149
3.2. MEDICIONES	149
3.2.1. Medición y abono de la explotación.....	149
3.2.2. Otras mediciones y abonos	150
3.2.3. Partida alzada.....	150
3.3. OBRAS COMPLETAS	150
3.4. OBRAS DEFECTUOSAS	151
3.5. Liquidación de los trabajos	151
4. DISPOSICIONES TÉCNICAS	151
4.1. Desbroce y limpieza	151
4.2. Escarificado y compactación	151
4.3. Carga y transporte	152

4.4.	Maquinaria móvil.....	152
4.3.	Maniobras	152
4.5.	Carga.....	153
4.6.	Vertido	153
4.7.	Tráfico y señalizaciones.....	153
4.8.	Aparcamiento	154
4.9.	Transporte del personal.....	155
4.10.	Operadores y conductores	155
4.11.	Uso de las maquinarias y vehículos	155
4.12.	Mantenimiento	156
4.13.	Remolque y transporte de equipos	157
4.14.	Circulación del personal.....	158
5.	FUNCIONAMIENTO Y CONSERVACIÓN.....	158
5.1.	Conservación y vigilancia.....	159
5.2.	Conservación del medio ambiente	159
6.	DISPOSICIONES NO ESPECIFICADAS	160
 DOCUMENTO N°3 MEDICIONES Y PRESUPUESTO		161
1.	MEDICIONES Y PRESUPUESTO	163
2.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	171
 DOCUMENTO N°4: PLANOS.....		172
1.	Plano 1: Situación y Emplazamiento;.....	173
2.	Plano 2: Topografía General;	173
3.	Plano 3: Topografía de Detalle;.....	173
4.	Plano 4: Perfil Longitudinal 01;	173
5.	Plano 5: Perfil Longitudinal 02;	173
6.	Plano 6: Perfil Longitudinal 03;	173
7.	Plano 7: Geología;	173
8.	Plano 8: Flowsheet Planta de Tratamiento;	173
9.	Plano 9: Situación y Perfil de los Sondeos;.....	173
10.	Plano 10: Equipo de Perforación;	173

Índice de Figuras

Figura 1: Antigua área de garimpo.	13
Figura 2: Término municipal de Colniza en color rojo.	16
Figura 3: Ubicación de la mina São Francisco.	16
Figura 4: (A), (B) y (C) Carreteras de acceso a la explotación. (D) Puente sobre el río Madeirinha.	17
Figura 5: Barcaza sobre el río Ji-Paraná.	18
Figura 6: Pista de aterrizaje y despegue.	18
Figura 7: Cuadrículas mineras referentes a los permisos 867.154 y 867.155/3013, respectivamente.	19
Figura 8: Ubicación de la hoja en el cratón amazónico.	20
Figura 9: Geología regional.	21
Figura 10: Clasificación del tiempo geológico de formación de las unidades.	22
Figura 11: (A) Aspecto textural de la tonalita. (B) Tonalita con enclaves máficos. (C) Gneises tonalíticos.	23
Figura 12: Diagrama QAPF a partir de muestras de rocas de la Suite Plutónica Vitória.	23
Figura 13: Afloramiento del granito São Pedro.	24
Figura 14: Aspecto textural macroscópico de la roca.	25
Figura 15: (A) Enclave de anfíbol. (B) Dique aplítico. (C) Afloramiento de un bloque de diorita.	25
Figura 16: Diagrama QAP del granito São Pedro.	26
Figura 17: Mapa de respuesta magnética.	26
Figura 18: Mapa magnetométrico correspondiente a la formación Palmeiral.	27
Figura 19: Arenisca de la formación Palmeiral en el frente de explotación.	28
Figura 20: (A) Conglomerado con granos anguloso. (B) Arenisca rica en óxido de hierro.	28
Figura 21: (A) Afloramiento en la mina. (B) Aspecto textural del granito mineralizado.	29
Figura 22: Venas características del tipo stockwork en la explotación.	30
Figura 23: Diagrama QAP para las muestras de la suite intrusiva de Rondônia.	30
Figura 24: Antiguo rente de explotación en depósito de planicie de inundación.	31
Figura 25: Esquema típico de formación del yacimiento.	32
Figura 26: Vena con mayor concentración de casiterita.	32
Figura 27: Indicios de minerales pesados en la superficie.	33
Figura 28: Perfil estratigráfico característico de la capa.	34
Figura 29: Ubicación de la explotación en el mapa hidrogeológica hoja SC.20.	35
Figura 30: Tamaños granulométricos de casiterita encontrados en la mina.	37
Figura 31: Producción de estaño en Brasil (2019).	38
Figura 32: Principales aplicaciones del estaño según la International Tin Association.	39
Figura 33: Gráfica de precios del estaño en el período de un mes referente a los meses de julio y agosto de 2021.	39
Figura 34: Mapa de dominios climáticos de la región.	40
Figura 35: Gráfica del balance hídrico en la región de la explotación.	41
Figura 36: Mapa de vegetación de la región de la explotación.	42

Figura 37: Ejemplar de una Castanheira-do-Brasil.	42
Figura 38: Ubicaciones de interés en la mina.	44
Figura 39: Frente de explotación.	45
Figura 40: Proceso de arranque secundario mediante monitores hidráulicos.	45
Figura 41: Croquis del sistema de arranque con monitores hidráulicos.	46
Figura 42: Ejemplo de un jig del tipo Pan-American.	46
Figura 43: (A) Jig primario de seis celdas. (B) jig secundario de dos celdas.	47
Figura 44: Separación de los minerales en la mesa Wilfley de la empresa.	48
Figura 45: Horno rotativo empleado en el secado del concentrado.	48
Figura 46: Separador magnético utilizado.	49
Figura 47: Tanque de almacenamiento de combustible.	50
Figura 48: Excavadora hidráulica 320 D2.	52
Figura 49; Dimensiones de la excavadora.	53
Figura 50: Rango dimensional de acción de la excavadora.	54
Figura 51: Ecuaciones para definir el tamaño de cazo.	55
Figura 52: Relación entre la capacidad del volquete y el peso de la excavadora.	56
Figura 53: Ejemplar del camión elegido.	58
Figura 54: Características dimensionales del camión.	59
Figura 55: Ejemplar de la carrocería.	60
Figura 56: Relación de la capacidad de cazo y tipo de material.	60
Figura 57: Ejemplar de la pala cargadora de ruedas elegida.	62
Figura 58: Características dimensionales de la pala cargadora.	62
Figura 59: Características del cazo seleccionado para la pala cargadora.	64
Figura 60: Perfil de la anchura de la plataforma de trabajo.	67
Figura 61: Sección empleada.	68
Figura 62: Perfil seleccionado.	69
Figura 63: Perfil de las pistas.	70
Figura 64: Perfil longitudinal.	72
Figura 65: Ubicación de la planta de tratamiento.	75
Figura 66: Diagrama de flujo de la planta de tratamiento.	77
Figura 67; Rotary Scrubber.	80
Figura 68: Criba vibratoria.	82
Figura 69: Molino de bolas.	83
Figura 70; Funcionamiento de los jigs.	85
Figura 71: Modelo del jig.	86
Figura 72: Ejemplo de funcionamiento del hidrociclón.	87
Figura 73: Ejemplar del hidrociclón.	88
Figura 74: Separación en las espirales.	88
Figura 75: Espirales de circuito fino,	90
Figura 76: Espirales del circuito grueso.	91
Figura 77: Ejemplo de la separación en una mesa vibratoria.	91
Figura 78: Mesa vibratoria del circuito grueso.	92
Figura 79: Ejemplar de la mesa vibratoria del circuito fino.	93
Figura 80: Ejemplo del concentrador Falcon	94
Figura 81: Ejemplar de un horno rotativo.	95
Figura 82: Separador magnético.	96
Figura 83; Zonas de inundación.	97

Figura 84: Perfil de elevación de la zona.	98
Figura 85: Ejemplo de la bomba elegida.	98
Figura 86: Ejemplo de la sarta con corona de diamantes.	99
Figura 87: Ejemplar de la perforadora Boyles.	101
Figura 88: Características dimensionales de la perforadora.	102
Figura 89: Ángulo de trabajo de la perforadora.	103
Figura 90: Coordenadas de los puntos de perforación.	104
Figura 91: Posible perfil estratigráfico.	105

Índice de tablas

Tabla 1: Coordenadas de los puntos -SIRGAS2000.	19
Tabla 2: Características de la casiterita.	36
Tabla 3: Precio de comercialización para el estaño y casiterita. Precios basados en la cotización del día de referencia.	40
Tabla 4: Características climáticas de la unidad I A1.	40
Tabla 5: Reserva medida.	43
Tabla 6: Reserva indicada.....	43
Tabla 7: Reserva inferida.....	44
Tabla 8: Organización del trabajo y producción esperada.	51
Tabla 9: Resumen de la maquinaria a ser utilizada.	52
Tabla 10: Características técnicas de la excavadora.....	53
Tabla 11: Características dimensionales de la excavadora.....	53
Tabla 12: Dimensiones del rango de acción de trabajo de la excavadora.	54
Tabla 13: Producción de la excavadora.	57
Tabla 14: Características técnicas del camión basculante.	58
Tabla 15: Características dimensionales del camión basculante.	59
Tabla 16: Producción del camión basculante.	61
Tabla 17: Características técnicas de la pala cargadora.	62
Tabla 18: Características dimensionales de la pala cargadora.	63
Tabla 19: Peraltes máximos.....	72
Tabla 20: Peraltes empleados.	72
Tabla 21: Características del rotary scrubber.	80
Tabla 22: Características de la criba vibratoria.	82
Tabla 23: Características del molino de bolas.	83
Tabla 24: Criterio de concentración.	84
Tabla 25: Características técnicas del jig.	86
Tabla 26: Características técnicas del hidrociclón.	87
Tabla 27: Clasificación del grado de separación.	89
Tabla 28: Características técnicas de las espirales de circuito fino.	90
Tabla 29: Características de las espirales de circuito grueso.....	90
Tabla 30: Características técnicas de la mesa vibratoria del circuito grueso.	92
Tabla 31: Características técnicas de la mesa vibratoria del circuito fino.....	93
Tabla 32: Características técnicas del concentrador de circuito fino.	94
Tabla 33: Características técnicas del concentrador del circuito grueso.	95
Tabla 34: Características del horno rotativo.....	95
Tabla 35: Característica de la bomba.	98
Tabla 36: Características de la perforadora.	102
Tabla 37: Coordenadas de los sondeos.....	104
Tabla 38; Principales familias de especies encontradas en la región.	114

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) tiene por finalidad establecer una propuesta de ampliación y estructuración de una explotación de casiterita, la optimización de su planta de tratamiento y la realización de una campaña de sondeos de investigación en la zona.

Ubicada en el término municipal de *Colniza*, en el estado de *Mato Grosso*, en Brasil, la explotación denominada *Mina de São Francisco* y las investigaciones geológicas realizadas reflejan su potencial minero, tal hecho, asociado al aumento del precio del estaño en los últimos años, evidencian un futuro lleno de esperanza al crecimiento de la empresa. El presente proyecto se va a desarrollar de acuerdo con las siguientes fases:

- Definición de la legislación aplicada/Marco Legal
- Recopilación de informaciones generales
- Análisis de la geología local.
- Determinación de la estructura y diseño de la explotación con el objetivo de:
 - Estructurar el frente de explotación y vías de acceso
 - Definir la maquinaria empleada.
 - Mejorar las condiciones de seguridad en la explotación
 - Aumentar la producción
- Optimización de la planta de tratamiento con el objetivo de alcanzar un mejor aprovechamiento del mineral y disminuir las pérdidas.
- Realización de una campaña de sondeos de investigación
- Realización de una campaña de sondeos de investigación

El proceso de estructuración y optimización abordado en este proyecto conllevaría a la necesidad de significativas inversiones en equipos y maquinarias, bien como el aumento de personal especializado.

2. ANTECEDENTES

La región donde se encuentra la mina de *São Francisco* es conocida por los numerosos yacimientos superficiales de casiterita, donde los trabajos de exploración minera en la región se vienen desarrollando desde hace más de 40 años, en ocasiones de manera que se puede considerar de rapiña.

Durante mucho tiempo, los trabajos denominados de *Garimpo* se realizaban de manera ilegal, sin condiciones de seguridad y sin preocupación con el medio ambiente. Estos trabajos consistían en el arranque del material mediante excavadoras hidráulicas buscando las zonas con mayores concentraciones de casiterita sin investigaciones geológicas previas, únicamente por tentativa y error.

El material arrancado era procesado a través de métodos de concentración sencillos y maquinarias fabricadas en la región que no conseguían el correcto aprovechamiento del mineral, cuando la producción del concentrado disminuía, el área era abandonada en búsqueda de zonas con mayores concentraciones. Además de las afecciones al medio

ambiente, este tipo de trabajo han generado estériles con significativas concentraciones de minerales que pueden ser reaprovechados empleándose métodos eficaces. En la figura 1, se puede visualizar un ejemplo de área donde se han desarrollado estos tipos de actividades.



Figura 1: Antigua área de garimpo.

En la actualidad, la empresa disfruta de un permiso de exploración aprobado de 2.000 hectáreas, ajustándose a la legislación brasileña, trabajando de manera estructurada a fin de optimizar las labores mineras aumentando gradualmente el rendimiento de la explotación, estableciendo las debidas condiciones de seguridad y consciencia ambiental.

3. LEGISLACIÓN APLICADA

El presente proyecto se va a desarrollar bajo la legislación minera brasileña, también se van a adoptar parámetros condicionados por la legislación minera española siempre y cuando concuerden con el dispuesto en la legislación brasileña. Se basará, principalmente, en el decreto de ley número 227 de 28 de febrero de 1967, a través de la presidencia de la república federal de Brasil, por el que se aprueba el código de la minería - *CÓDIGO DE MINERAÇÃO* y en la Ley de Minas del 21 de julio de 1973.

3.1. MARCO LEGAL

3.1.1. Legislación brasileña

- DNPM número 237 del 18/01/2001 por lo que se aprueba las normas reglamentarias de la minería, *Normas Reguladoras da Mineração NRM*.
 - *NRM-01 Normas Gerais* (Normas generales)
 - *NRM-02 Lavra a Céu Aberto* (Explotaciones a cielo abierto)
 - *NRM-03 Lavras Especiais* (Explotaciones especiales)
 - *NRM-04 Aberturas Subterrâneas* (Aperturas subterráneas)

- *NRM-05 Sistemas de Suporte e Tratamentos* (Sistemas de soporte y tratamientos)
 - *NRM-06 Ventilação* (Ventilación)
 - *NRM-07 Vias e Saídas de Emergência* (Vías y salidas de emergencia)
 - *NRM-08 Prevenção contra Incêndios, Explosões e Inundações* (Prevención contra incendios, explosiones e inundaciones)
 - *NRM-09 Prevenção contra Poeiras* (Prevención contra el polvo)
 - *NRM-10 Sistemas de Comunicação* (Sistemas de comunicación)
 - *NRM-11 Iluminação* (Iluminación)
 - *NRM-12 Sinalização de Áreas de Trabalho e de Circulação* (Señalización de áreas de trabajo y de circulación)
 - *NRM-13 Circulação e Transporte de Pessoas e Materiais* (Circulación y transporte de personas y materiales)
 - *NRM-14 Máquinas, Equipamentos e Ferramentas* (Máquinas, equipos y herramientas)
 - *NRM-15 Instalações* (Instalaciones)
 - *NRM-16 Operações com Explosivos e Acessórios* (Operaciones con explosiones y accesorios)
 - *NRM-17 Topografia de Minas* (Topografía en minas)
 - *NRM-18 Beneficiamento* (Beneficio)
 - *NRM-19 Disposição de Estéril, Rejeitos e Produtos* (Disposición de estéril, rechazos y productos)
 - *NRM-20 Suspensão, Fechamento de Mina e Retomada das Operações Mineiras* (Suspensión, cierre de mina y reinicio de operaciones mineras)
 - *NRM-21 Reabilitação de Áreas Pesquisadas, Mineradas e Impactadas* (Rehabilitación de áreas investigadas, exploradas e impactadas)
 - *NRM-22 Proteção ao Trabalhador* (Protección al trabajador)
- *Decreto-lei número 7.841 de 8 de agosto de 1945 Código de Águas Minerais* (decreto por el que se aprueba el código de aguas minerales)
 - *Lei número 7.805 de 18 de julho de 1989 sobre a criação do regime de permissão de lavra garimpeira* (permiso de explotación garimpeira)
 - *Decreto número 98.8812 de 9 de Janeiro de 1990*
 - *Lei número 12.334 de 20 de setembro de 2010 que estabelece a Política Nacional de Segurança de Barragens destinadas a acumulação de água para quaisquer uso* (sobre la política nacional de seguridad em balsas de acumulación de agua para cualquier uso).
 - *Lei federal número 6.567/1978 sobre regímenes especiales para exploración y aprovechamiento de sustancias minerales.*
 - *Decreto federal número 97.632/1989 sobre el plan de recuperación de áreas degradadas*
 - *Resolução Conama número 1/1990 sobre criterios de emisión de ruidos de actividades industriales.*
 - *Lei federal número 6.938 de 31 de agosto de 1981 sobre a Política Nacional do Meio Ambiente seus fins e mecanismos de formulação e aplicação.* (sobre la política nacional del medio ambiente).
 - *Decreto número 97.632 de 10 de abril de 1989 sobre a regulamentação do artigo 2ª da lei federal número 6.938 de 31 de agosto de 1981.*
 - *Resolução CONAMA número 001-A de 23 de Janeiro de 1986.*

3.1.2. Legislación española

- Ley número 22/1973 de 32 de junio, de Minas.
- Real Decreto número 2857/1978 de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el régimen de la minería.
- Real Decreto número 863/1985 de 2 de abril por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera y sus respectivas Instrucciones técnicas complementarias.
- Real Decreto número 1627/1997 de 24 de octubre por el que se aprueban las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ley número 32/1995 de 8 de noviembre sobre Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto número 1389/1997 de 5 de septiembre por el que se aprueban las disposiciones mínimas destinadas a proteger la seguridad y la salud de los trabajadores en las actividades mineras.
- Real Decreto número 2060/2008 de 12 de diciembre por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión.
- Real Decreto número 513/2017 de 22 de mayo por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.
- Real Decreto número 1215/1997 de 18 de julio por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto número 39/1997 de 17 de enero por el que se aprueba el Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto número 486/1997 de 14 de abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto número 614/2001 de 8 de junio sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.
- Ley número 21/2013 de 9 de diciembre de evaluación ambiental.
- Ley número 6/2010 de 24 de marzo de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos.
- Ley número 7/2007 de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.

4. SITUACIÓN GEOGRÁFICA

El término municipal de *Colniza* está ubicado en el extremo noreste del estado de *Mato Grosso*, se caracteriza por tener una extensa área y una localización estratégica en el centro oeste del país, de manera que, al norte hace frontera con el estado del Amazonas y al oeste con el estado de Rondônia.

En la figura abajo se puede visualizar el área del término municipal de *Colniza* en color rojo y su ubicación en el extremo noreste del estado.

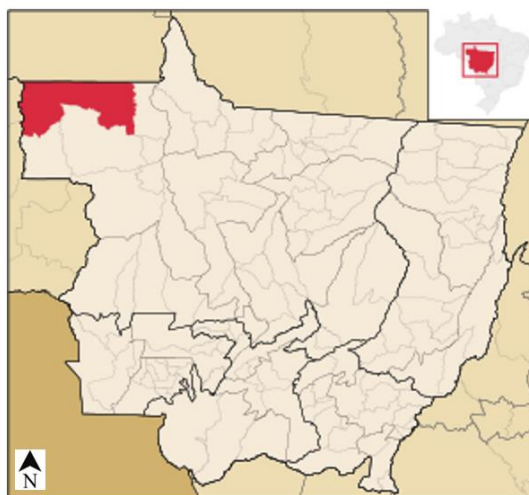


Figura 2: Término municipal de Colniza en color rojo.

Dentro del término municipal de *Colniza*, la explotación se encuentra en un área remota a aproximadamente 300 km al oeste de dicho municipio, en dirección al estado de *Rondônia*, como se puede observar en la figura abajo.

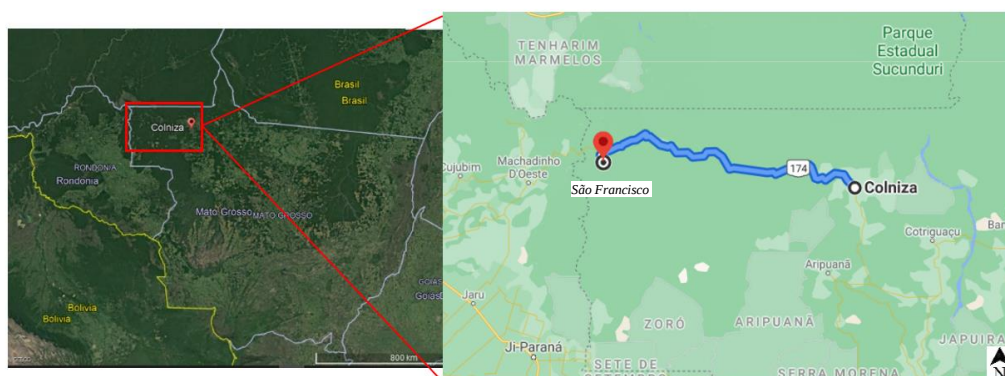


Figura 3: Ubicación de la mina São Francisco.

El trayecto a la mina San Francisco, se puede realizar desde el municipio de *Colniza* en aproximadamente seis horas a través de la autovía *BR - 174/MT - 206* durante 292 km, tomando seguidamente la carretera *MT - 198* durante 8 km hasta llegar a la explotación, Indicar que el acceso por dicha carretera se hace extremadamente largo y oneroso debido al hecho de que el sistema viario de esta zona del país no está bien desarrollado, teniendo todavía gran parte de sus autovías y carreteras no pavimentadas y en malas condiciones principalmente en épocas de lluvia.

El transporte del mineral desde el municipio de *Colniza* hacia cualquier puerto de exportación es inviable debido a su longitud y los problemas mencionados anteriormente. Por motivos como este, la central administrativa de la empresa está ubicada en el municipio de *Ariquemes*, en el estado de *Rondônia*, a aproximadamente 270 km al oeste de la explotación. El trayecto desde la mina hacia la central se hace en aproximadamente

cinco horas a través de la carretera *MT-198* con dirección a *MT-206* durante algo más de 42 km y seguidamente por la carretera *RO-205* cerca de 228 km.

A pesar de que gran parte de estas carreteras no estén pavimentadas, se encuentran en mejores condiciones que las mencionadas anteriormente. En las figuras abajo se pueden visualizar algunas fotografías tomadas de las carreteras desde la mina hacia el municipio de *Ariquemes*.



Figura 4: (A), (B) y (C) Carreteras de acceso a la explotación. (D) Puente sobre el río Madeirinha.

El trayecto por la carretera *RO-205* hacia *Ariquemes* también incluye la travesía del río Ji-Paraná en una barcaza, como puede verse en la figura 5.



Figura 5: Barcaza sobre el río Ji-Paraná.

La última alternativa de acceso es con avionetas, la mina posee una pista de aterrizaje y despegue proyectada para recibir pequeños aviones. Es una alternativa viable en épocas de lluvia puesto que, algunas veces, las carreteras pueden encontrarse intransitables debido al gran volumen de lluvia en la región. En la figura 6 se puede visualizar la imagen aérea de la pista.



Figura 6: Pista de aterrizaje y despegue.

5. RÉGIMEN DE EXPLOTACIÓN

La empresa realiza la explotación bajo el permiso de exploración denominado *Permissão de Lavra Garimpeira* que, que por definición, consiste en un régimen de

extracción de sustancias minerales con inmediato aprovechamiento del yacimiento debido a que sus características geológicas, en muchas ocasiones no justifican la inversión en trabajos de investigaciones.

5.1. CUADRÍCULA MINERA

La empresa posee de dos permisos de explotación, cada uno con 1000 hectáreas conformando dos cuadrículas mineras. A través de una consulta pública en el sistema de gestión online de la agencia nacional de minería brasileña (ANM – Agência Nacional de Mineração) se ha obtenido las informaciones de las cuadrículas correspondientes a los expedientes actuales de número 867.154/2013 y 867.155/2013 (Figura 7).

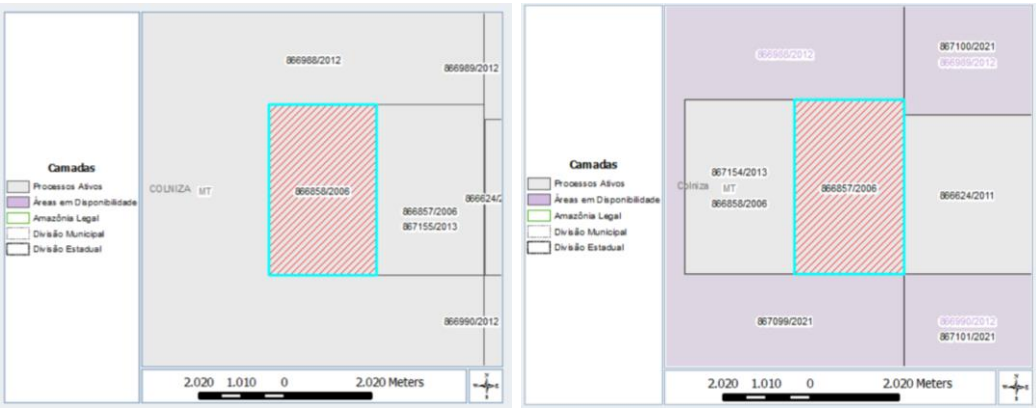


Figura 7: Cuadrículas mineras referentes a los permisos 867.154 y 867.155/2013, respectivamente.

Las coordenadas correspondientes a los expedientes, según el *Sirgas2000 – Sistema de Referencia Geocéntrico de las Américas*, son:

Expediente	Puntos	Latitud	Longitud
867.154/2013	1	09°14'08"613	61°22'08"276
	2	09°16'18"809	61°22'08"276
	3	09°16'18"806	61°23'30"187
	4	09°14'08"610	61°23'30"187
	1	09°14'08"613	61°22'08"276
Expediente	Puntos	Latitud	Longitud
867.155/2013	1	09°16'18"809	61°22'08"276
	2	09°14'08"613	61°22'08"276
	3	09°14'08"610	61°20'46"372
	4	09°16'18"806	61°20'46"364
	1	09°16'18"809	61°22'08"276

Tabla 1: Coordenadas de los puntos -SIRGAS2000.

6. GEOLOGÍA E HIDROGEOLOGÍA

El área correspondiente a la explotación se sitúa al suroeste del cratón amazónico que cubre un área de más de cuatro millones de kilómetros cuadrados en territorio brasileño, extendiéndose a países vecinos del norte como Venezuela y Guyana por ejemplo. Según investigaciones geocronológicas, el cratón ha sido dividido en provincias y dominios como se puede visualizar en la figura abajo, la cuadrícula A representa la hoja en la que se encuentra la explotación y el punto rojo la correspondiente ubicación de la mina.

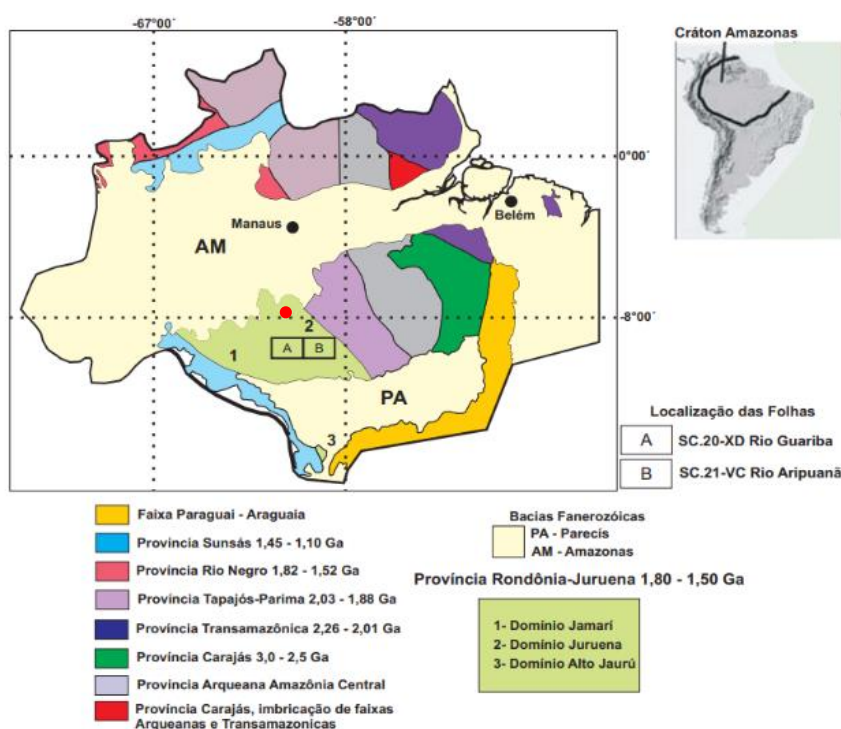


Figura 8: Ubicación de la hoja en el cratón amazónico.

6.1. HOJA SC.20-X-D RÍO GUARIBA

Según la memoria correspondiente a la hoja SC-20-XD que engloba el área correspondiente a la explotación, aporta información geológica, geoquímica, litológica y geofísica que permite reconocer áreas prometedoras para la exploración minera. Los principales metalotectos son los granitos de la unidad denominada *Suíte Intrusiva de Rondônia*, para depósitos de estaño de origen magmático en greisens y stockworks asociados a las cúpulas graníticas y post magmáticos en exograisens en sedimentos de la formación denominada *Palmeiral*.

Según la propuesta estratigráfica del órgano competente responsable por la realización de la carta y denominado *CPRM – Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais*, el área donde se encuentra la explotación y el área circundante engloban un contacto de cinco unidades geológicas distintas como puede verse en siguiente figura, adaptada de la carta geológica 1:250.000 correspondiente a la hoja SC.20-X-D.

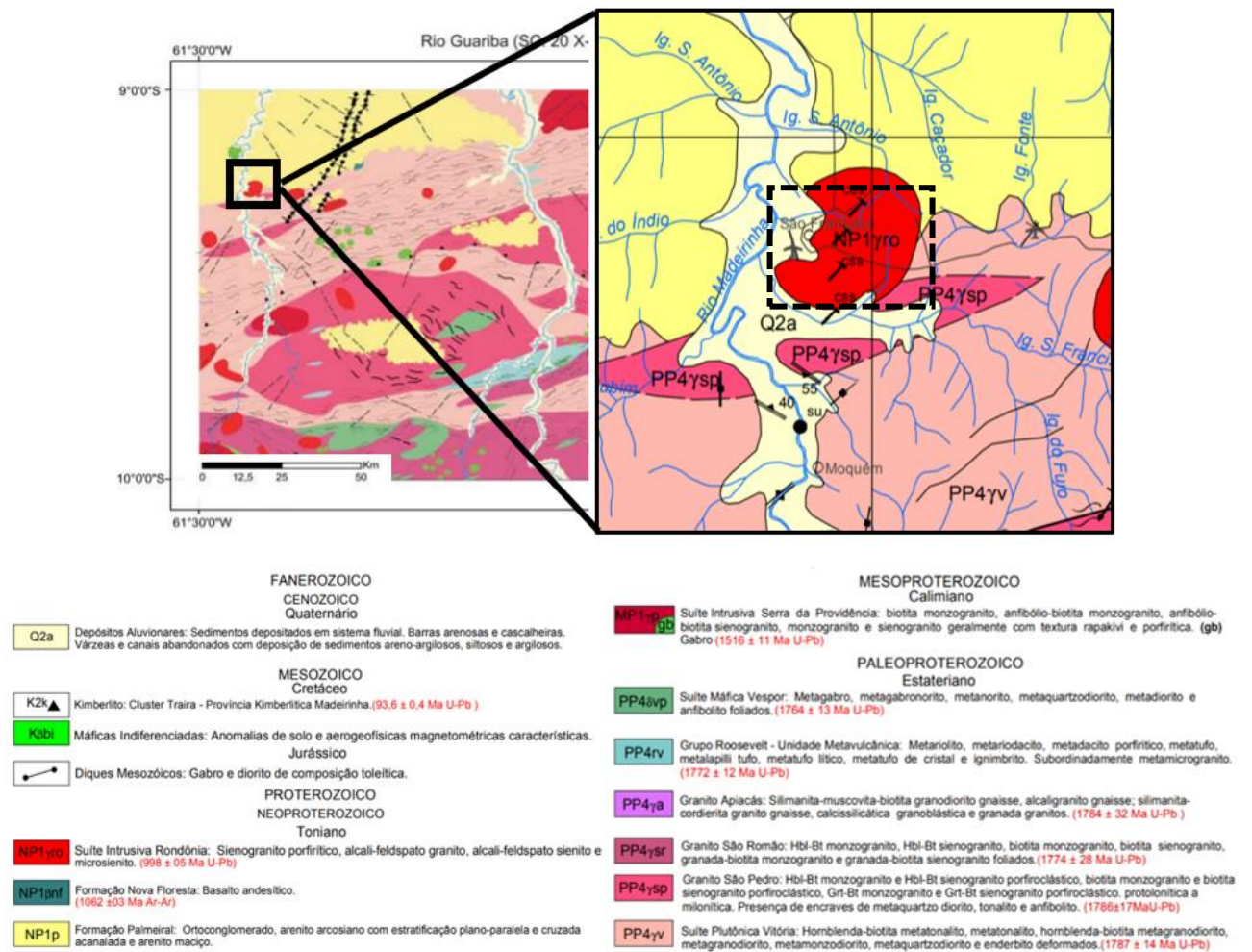


Figura 9: Geologia regional.

En la figura 10 se puede observar la clasificación del tiempo geológico de la formación de las unidades.

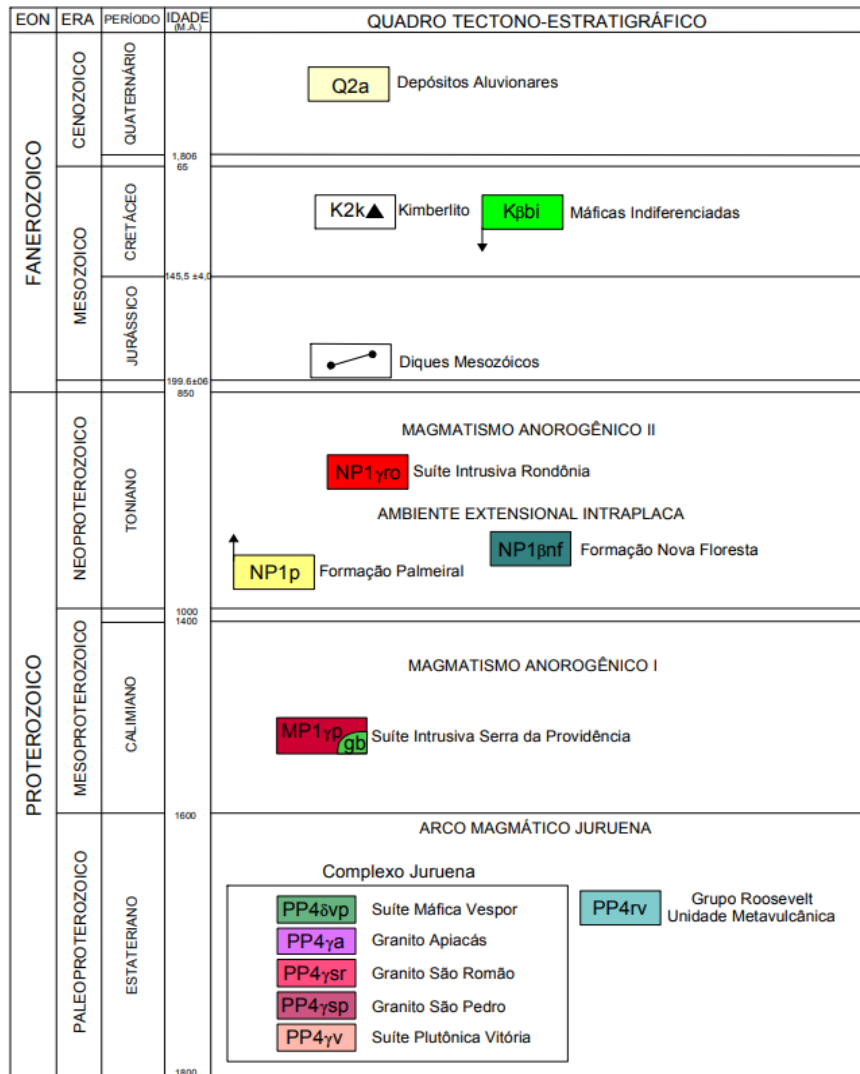


Figura 10: Clasificación del tiempo geológico de formación de las unidades.

6.1.1. Suíte Plutónica Vitória (PP4γv)

Esta unidad, que puede llegar a tener un espesor de más de 230 m, se refiere a un conjunto de rocas ígneas plutónicas que ocurren en formas sigmoidales deformadas en un régimen dúctil y de características químicas compatibles con rocas referentes a ambientes de formación de arco magmático. Las características de la formación son:

- Ambiente tectónico: Orogénese.
- Subambiente: Arco magmático.
- Linotipo: Diorito, granodiorito, tonalito, metatonalito, metadiorito.
- Eon: Proterozoica.
- Era: Paleoproterozoico.
- Período: Estatérico
- Época: Inferior.

En las figuras abajo se puede visualizar el aspecto textural del tonalito (A), tonalito con enclaves máficos indicando la mezcla de magmas (B) y un gneis de composición tonalítica con cuarzos y feldespatos doblados (C).



Figura 11: (A) Aspecto textural de la tonalita. (B) Tonalita con enclaves máficos. (C) Gneises tonalíticos.

Las investigaciones con muestras de campo han demostrado una composición granodiorítica (47%) y tonalita (40%) y otros asociados conforme se puede ver en el diagrama QAPF de la figura 12.

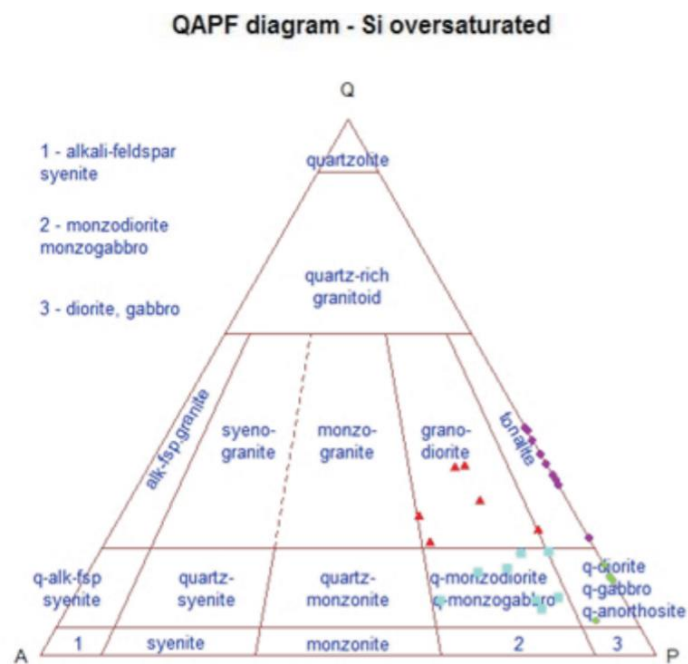


Figura 12: Diagrama QAPF a partir de muestras de rocas de la Suite Plutónica Vitória.

Se determina que la formación de las rocas de la *Suite Plutônica Vitória* se han dado por sucesivos eventos donde se pueden resaltar las siguientes características:

- Generación de magmas de distintas composiciones, de origen crustal y de plumas mantélicas;
- Asimilación crustal con ocurrencia de líquidos híbridos (mezclas);
- Procesos de diferenciación magmática evidenciando el orden de cristalización inicialmente formada por minerales máficos y posteriormente ácidos;

De esa manera, se concluye que la unidad ha sido generada en un ambiente de subducción por fusión del manto metasomatizado y la interacción cristal.

6.1.2. Granito São Pedro (PP4_{ysp})

Esta unidad granítica, que puede llegar a tener un espesor de más de 200 m, desarrolla relaciones de contactos complejos con otras unidades, siendo la mayoría contactos tectónicos. Se destaca por su relieve positivo en forma de sierras, aflorando en grandes bloques de rocas sueltas (ver figura 13).



Figura 13: Afloramiento del granito São Pedro.

En esta unidad, macroscópicamente, las rocas son leucócratas con colores que pueden variar desde un gris rosado a anaranjado. Se pueden visualizar tramos metamórficos de milonitas resultantes de la recrystalización de los minerales, además, presentan una estructura foliada y una textura porfiroclástica donde se pueden diferenciar los cristales a simple vista, es decir, de matriz fanerítica. Los porfiroclastos, que son feldespatos alcalinos, no suelen sobrepasar los 1,5 cm.

En cuanto a la mineralogía, la composición básica es:

- Cuarzo;
- Plagioclasa;
- Feldespato Alcalino;
- Biotita;
- Anfíbol;
- Titanita;
- Granate;
- Apatita;
- Opacos;

En la figura abajo se puede ver el aspecto textural de la roca.



Figura 14: Aspecto textural macroscópico de la roca.

La unidad también se caracteriza por la presencia de grandes enclaves de minerales máficos conforme se puede visualizar en la figura (A) abajo, diques aplíticos (B) y el afloramiento de rocas ígneas intrusivas como la diorita (C).



Figura 15: (A) Enclave de anfíbol. (B) Dique aplítico. (C) Afloramiento de un bloque de diorita.

En la figura siguiente se representa el diagrama QAP formado a partir de los análisis de las muestras de campo indicando la clasificación modal de las rocas, de manera que se observa la predominancia del monzogranito.

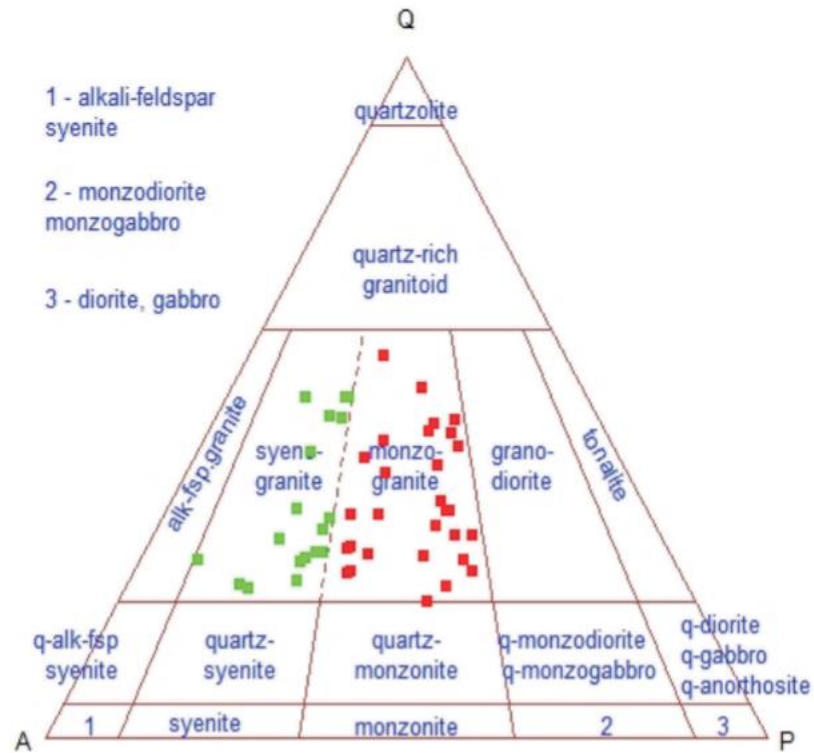


Figura 16: Diagrama QAP del granito São Pedro.

En la figura 17 se representa el mapa de magnetometría de la región de estudio, donde las formaciones rocosas adyacentes al granito de São Pedro suelen ser más magnéticas.

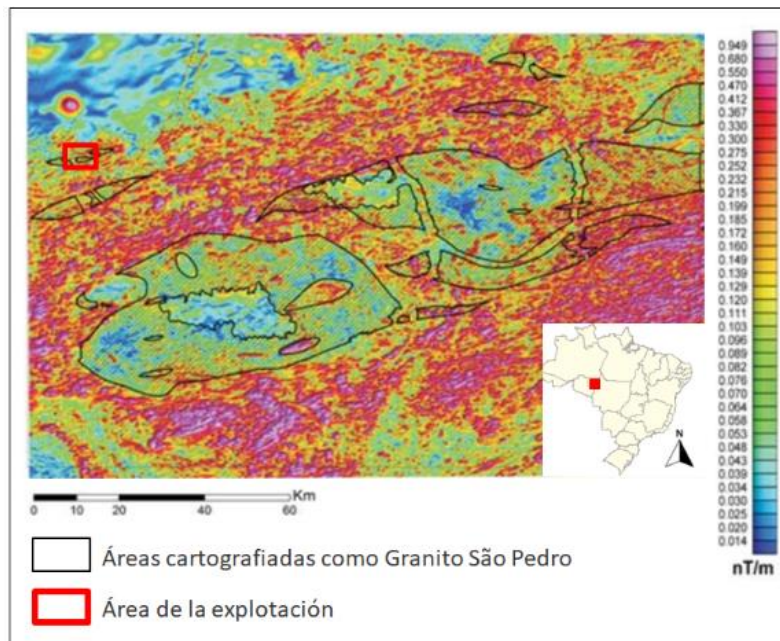


Figura 17: Mapa de respuesta magnética.

6.1.3. Formación *Palmeiral* (NP1p)

La formación agrupa un conjunto de areniscas y paraconglomerados con matriz arenosa o arcósica que afloran en pequeñas sierras sustentadas por areniscas. De acuerdo con el mapa magnetométrico, a partir de la amplitud de la señal analítica se puede observar cierto aumento en la intensidad magnética ocasionada probablemente por un aumento en la cantidad de magnetita asociada a la arenisca, y por la laterización.

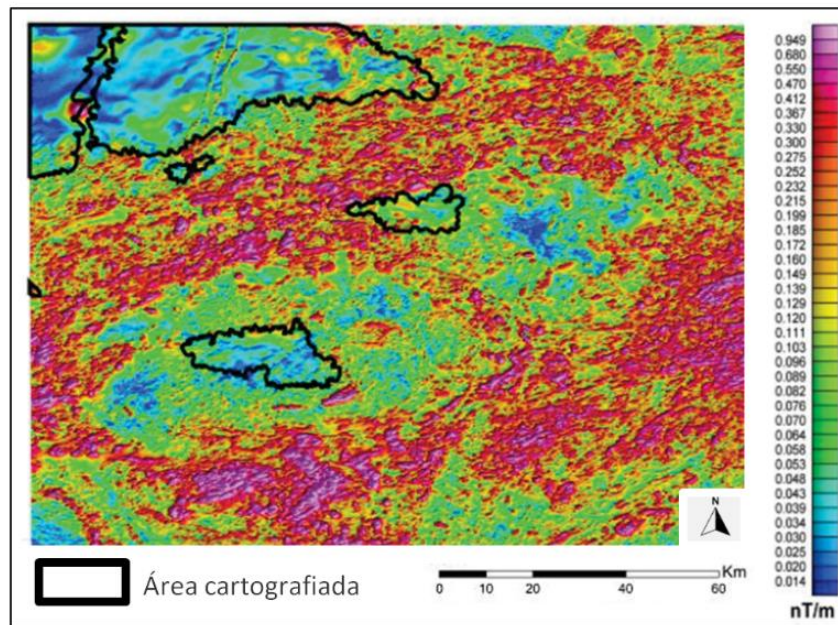


Figura 18: Mapa magnetométrico correspondiente a la formación *Palmeiral*.

Esta unidad es de extrema importancia pues aflora directamente en el área de la explotación, en ella se encuentran greisen estanníferos que son un importante metalotecto para la exploración del estaño y otros minerales asociados.

En la base de la secuencia sedimentaria en el área de la explotación, en la base aparece un paraconglomerado con granos de cuarzo y gneises dispersos en una matriz formada por arenisca. Sobre estos, hay una formación con intercalaciones de areniscas rojas y amarillentas presentando estratificación plano paralela.

También se observan afloramientos de areniscas rojizas de granulometría muy fina, con estratificación cruzada y niveles de feldespatos. Además, debido a la cantidad de óxidos de hierro presentes en la formación, se observa un importante proceso de laterización. En la figura siguiente se puede visualizar el afloramiento de la arenisca de la formación *Palmeiral* en el frente de explotación de la mina.



Figura 19: Arenisca de la formación Palmeiral en el frente de explotación.

En la figura 20, se puede visualizar en (A) el conglomerado con granos angulosos dispersos en la matriz arcósica y en (B) la arenisca rica en óxido de hierro.

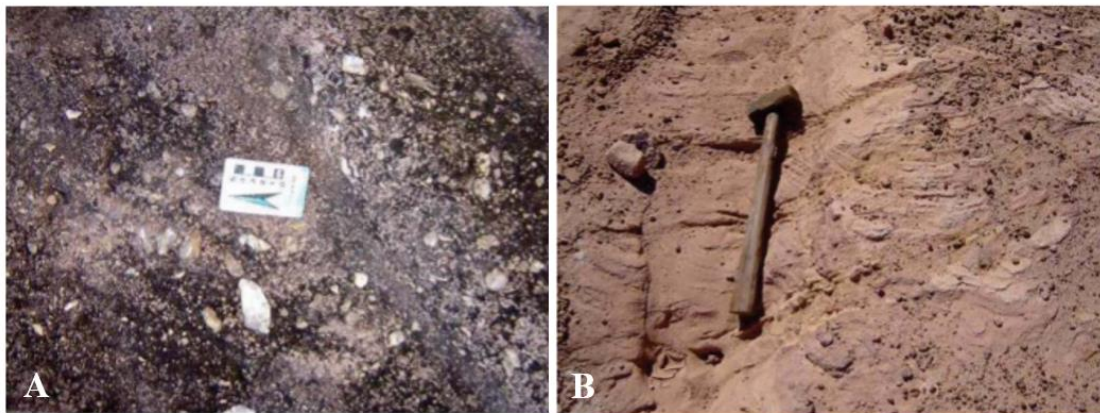


Figura 20:(A) Conglomerado con granos anguloso. (B) Arenisca rica en óxido de hierro.

La predominancia de areniscas en comparación a los conglomerados y las características granulométricas indican la deposición en un ambiente fluvial de baja energía presentando variaciones moderadas de intensidad y dirección de flujo que serían los responsables de generar la alternancia de las areniscas y conglomerados (con un máximo de 5 cm). Además, las características granulométricas mencionadas anteriormente sumadas a la cantidad de feldespato, sugieren la proximidad a lo que sería el área fuente.

Por lo tanto, según la proposición de *BAHIA (1997)*, el ambiente de formación de esta unidad se debe a un gran sistema fluvial, donde, después de la formación de un *graben* en la región, se han depositado los sedimentos.

6.1.4. Suíte Intrusiva *Rondônia* (NP1γro)

Esta unidad, donde se ubica la explotación, viene siendo estudiada desde los años 60 debido su importancia metalogenética en el estado de Rondônia y en la que se han descubierto numerosos yacimientos de estaño. La unidad es muy extensa abarcando parte del estado del Amazonas y del Mato Grosso. Esta formación constituye uno de los principales metalotectos para el estaño y asociados en la región.

Se trata de un conjunto de batolitos y stocks de características semicirculares de dimensiones que pueden variar desde 2,5 a 10 km de diámetro. Los afloramientos de esta unidad son muy escasos, pero pueden ser visualizados en la región de la explotación de la mina de *São Francisco*. Se tratan de rocas leucocráticas de color blanco a rosado, inequigranulares y textura fanerítica. En la figura siguiente, se puede ver (A) el afloramiento de dicha unidad en aluviones en la mina *São Francisco* y en la (B) el aspecto de la textura del granito mineralizado.

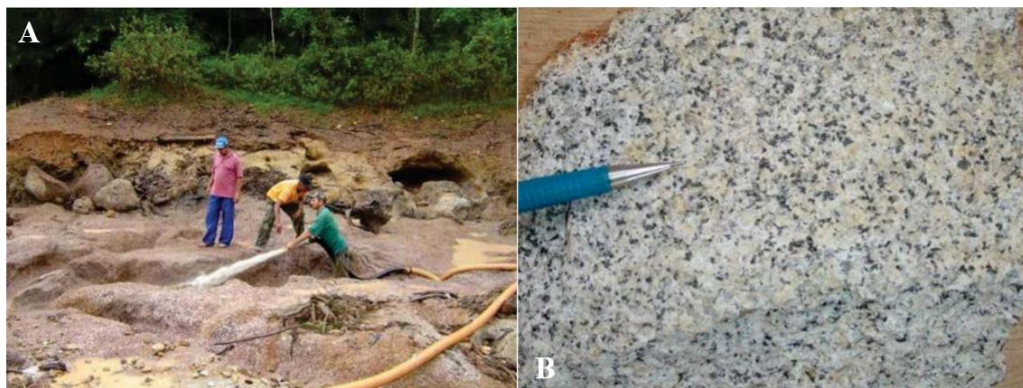


Figura 21: (A) Afloramiento en la mina. (B) Aspecto textural del granito mineralizado.

También puede ocurrir en algunas zonas de la explotación venas multidireccionales del tipo de yacimiento de stockwork conforme puede observarse en la figura siguiente.

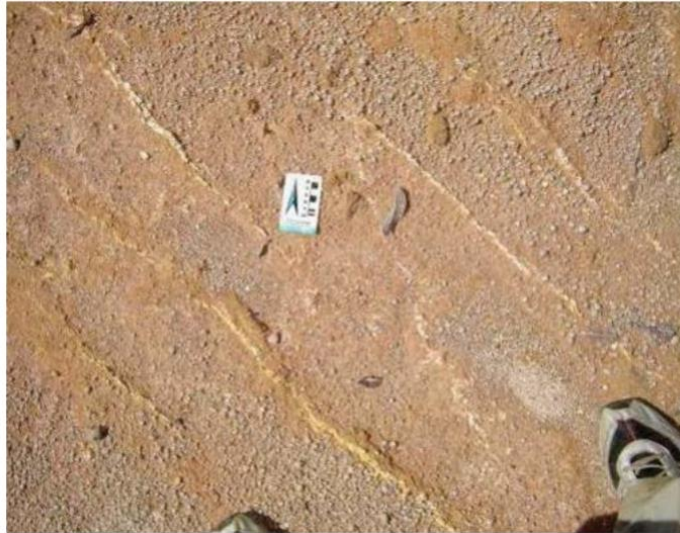


Figura 22: Venas características del tipo stockwork en la explotación.

En la figura 23 se presenta el diagrama QAP obtenido a partir de los análisis de las muestras de campo indicando la clasificación modal de las rocas de manera que se observa la predominancia del monzogranito y sienogranito.

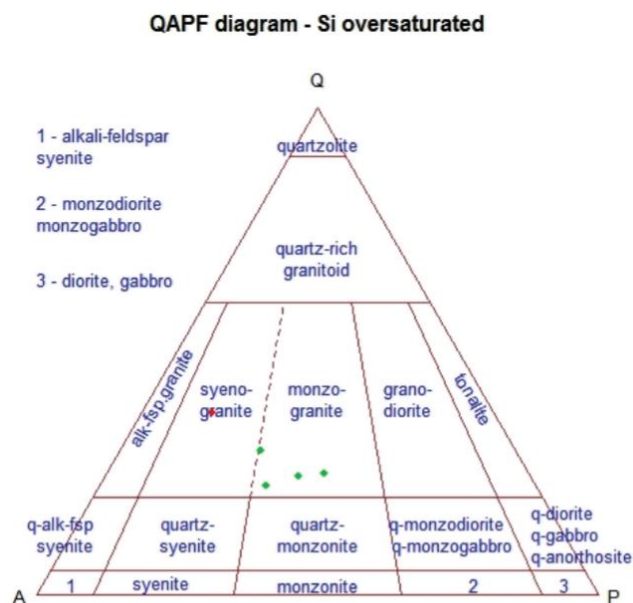


Figura 23: Diagrama QAP para las muestras de la suite intrusiva de Rondônia.

6.1.5. Depósitos de aluviones (Q2a)

Se tratan de sedimentos no consolidados compuestos básicamente por áridos, arenas, limos y arcillas asociados a lechos de drenaje. En la región todos los lechos tienen sentido

de escorrentía desde el sur hacia el norte, característico de los ríos de la cuenca hidrográfica del Amazonas.

Los depósitos están compuestos por sedimentos conglomeráticos de granulometría gruesa depositados en las partes más hondas de ríos de manera que, ocurre el ambiente de deposición en planicie de inundación incluyendo principalmente los sedimentos de granulometría más fina. Por lo tanto, los depósitos son característicos de granulometría fina en los márgenes de los ríos y presentan potencial económico como depósitos secundarios. En la figura 24 se ve un frente de explotación de una antigua mina de arcilla en un depósito de esta naturaleza en una llanura de inundación.



Figura 24: Antiguo rente de explotación en depósito de planicie de inundación.

6.2. EL YACIMIENTO DE LA MINA DE SÃO FRANCISCO

Los depósitos en la mina de *São Francisco* ocurren en:

- Depósitos secundarios aluviales
- Depósitos secundarios coluviales
- Granitos alterados / Greisen

La roca que engloba la mineralización principal de estaño es el granito alcalino alterado, es decir, el greisen que pertenece a la unidad suite intrusiva *Rondônia* descrita anteriormente. La formación tiene una edad entre 1,5 y 1,3 millones de años haciendo parte de una de las unidades geotectónicas más joven dentro del cratón amazónico.

Se entiende que el granito/greisen ha sido formado por una intrusión con formato ovalado y con aproximadamente 5 km de diámetro, la composición final se debe a las distintas pulsaciones magmáticas con diferentes metalogénesis. En estos tipos de yacimientos, la mineralización se disemina en las rocas alteradas en las cúpulas de intrusiones del granito, relacionándose con el sistema de venas de stockwork. En la figura 25 se representa un ejemplo del proceso de alteración hidrotermal por fluidos mineralizados, principalmente en la cúpula.

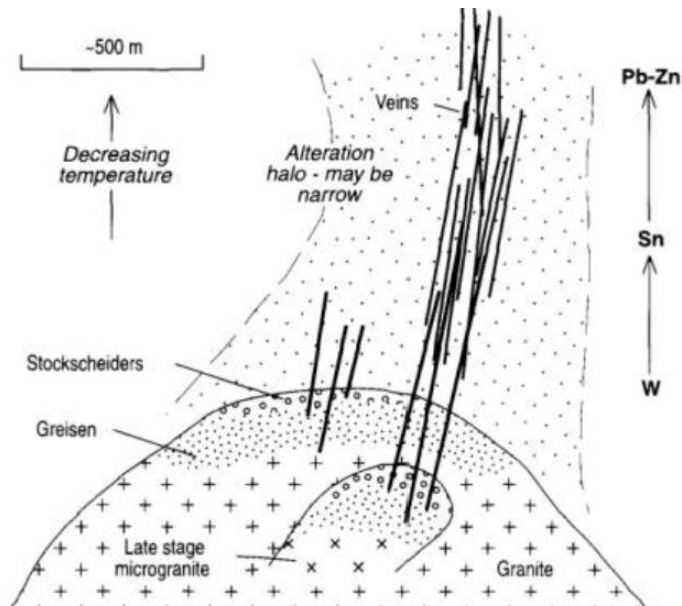


Figura 25: Esquema típico de formación del yacimiento.

En el yacimiento, las estrechas venas tienen visiblemente mayores concentraciones de casiterita, pueden presentarse con dirección N-S y E-O y con tamaños que varían entre 1 y 5 m conforme se puede visualizar en la siguiente fotografía.



Figura 26: Vena con mayor concentración de casiterita.

El proceso de alteración de la cobertura original de la roca ha provocado la alteración y descomposición fisicoquímica de la cúpula granítica de manera que la erosión provocó el enriquecimiento de minerales pesados como la casiterita. Además de casiterita, en la metalogénesis general de la formación, se encuentran minerales tales como la ilmenita, tantalita/columbita (coltán) y la monacita, entre otros.

Por lo tanto, los depósitos primarios de casiterita se dan por la presencia del greisen, directamente relacionado a las venas de rocas ácidas, los depósitos secundarios ocurren a

través del proceso de sedimentación química y fragmentación del greisen/granito, por ser resistente a la meteorización, una vez fragmentada la casiterita y otros minerales resistentes son transportados formando los depósitos de aluviones y coluviones. En la figura abajo se puede visualizar indicios de minerales pesados en la superficie de agua de escorrentía.



Figura 27: Indicios de minerales pesados en la superficie.

Por todo ello, el depósito objeto de la explotación es, es principalmente, de origen secundario debido a las alteraciones y movilizaciones mencionadas anteriormente, formando ricos depósitos tipo placer aluviales y coluviales. El perfil de esta capa es bastante irregular, el espesor puede variar desde 1 m pudiendo llegar en determinadas zonas hasta los 30 m. La granulometría de dicha capa es bastante variado, constituido por materiales de tamaños grava, arena, limo y arcilla. En la figura 28 se puede visualizar un ejemplo del perfil estratigráfico de la capa.

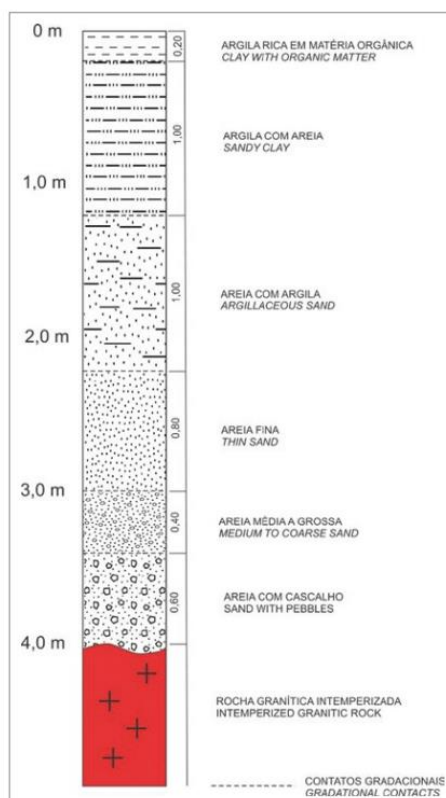


Figura 28: Perfil estratigráfico característico de la capa.

Las investigaciones realizadas en la roca primaria aún no se han efectuado por completo, por lo tanto, no se tienen aún informaciones prácticas y geoeconómicas sobre la misma, pretendiéndose realizar más investigación en futuros proyectos.

6.3. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

Para el estudio de las características hidrogeológicas referentes al área de la explotación se va a utilizar la hoja SC.20 de *Porto Velho* con escala 1:1000.000. El área se localiza en la cuenca hidrográfica del *Amazonas* más específicamente en la subcuenca del río *Roosevelt*, con un área de poco más de 51.000 km², en toda el área, se tiene apenas un pozo de investigación que ha dado lugar a la determinación de las características hidrogeológicas de la zona, por eso, los datos son muy generales al abarcar un territorio tan extenso. En la figura de abajo, adaptada del mapa hidrogeológico hoja SC.20 de *Porto Velho*, se puede visualizar el dominio en que esta el área de la explotación.

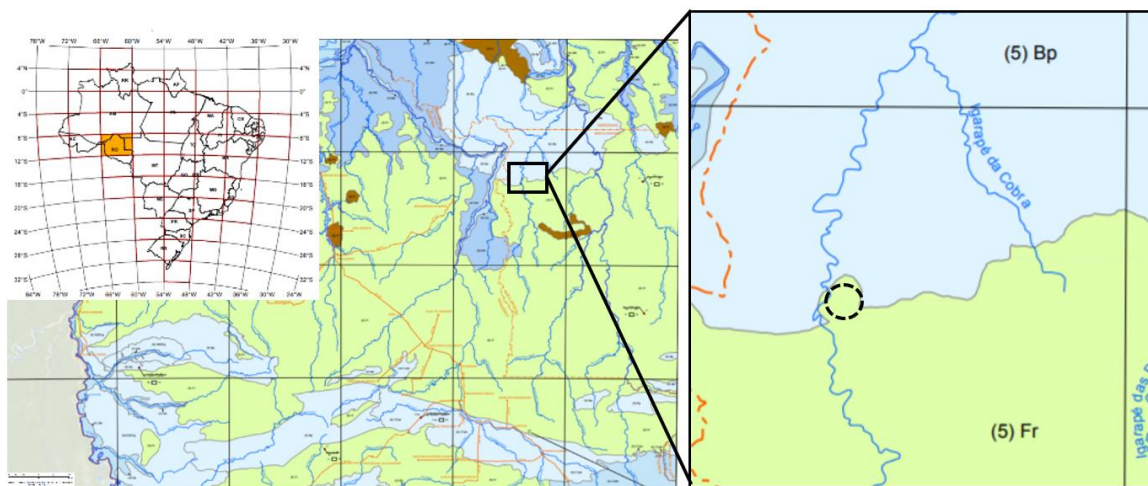


Figura 29: Ubicación de la explotación en el mapa hidrogeológica hoja SC.20.

La zona se localiza en la unidad denominada Fracturada Indiferenciada (Fr), esta unidad es la predominante en la región con un área total de 155.669 km². La unidad engloba diversas litologías como la granodiorita, granulita, orto y paragneis, esquisto, volcánicas, metasedimentos, migmatita entre otras. Se configura como un medio discontinuo caracterizado por la ocurrencia de acuíferos que en conjunto forman una unidad hidrogeológica. Es común que este sistema acuífero sea ampliado por la ocurrencia de coberturas de sedimentos coluviales constituidos por materiales detríticos arcillosos con espesores que pueden llegar a más de 40 m. Esta cobertura provoca la alimentación del acuífero subyacente formando el sistema acuífero.

El caudal suele estar entre valores alrededor de 10 m³/h, en algunas regiones específicas, como en la región del municipio de *Ariquemes* puede llegar a los 20 m³/h, el máximo caudal observado en este acuífero ha sido de 113 m³/h. El aprovechamiento del agua se da a través de pozos con profundidades medias de 150 m. En cuanto a la calidad, se tratan de aguas en general bicarbonatadas, ácidas a neutras con pH medio de 6,4 y conductividad eléctrica varía desde 69,50 a 658 µS/cm.

6.4. MINERALOGÍA Y APLICACIONES

El mineral de interés explotado por la empresa es la casiterita, entretanto, como ya se ha visto anteriormente la metalogénesis de la formación, aunque en pequeñas cantidades, presenta otros minerales de alto valor agregado como el caso de la tantalita/columbita (coltán) y la monacita, además de otros minerales de interés como la ilmenita. Actualmente, la empresa beneficia solamente la casiterita de manera que los otros minerales mencionados no son aprovechados. Se recomienda, en futuros proyectos, la optimización de los procesos de concentración de tal manera que se pueda realizar el correcto aprovechamiento de los minerales presentes en el yacimiento promoviendo los principios de gestión referentes a una minería circular.

6.4.1. Casiterita (SnO₂)

La casiterita, cuya fórmula SnO₂ tiene 78,7% de estaño y 21,3% de oxígeno, es un mineral de la clase de los óxidos, constituye la principal mena de estaño siendo el mineral de estaño más explorado en el mundo. El estaño es obtenido metalúrgicamente a través de la casiterita en temperaturas que pueden variar desde 1100 a 1300 C.

Su utilización tuvo inicio en la edad de los metales y su principal finalidad era para la producción del bronce, una aleación metálica formada básicamente por cobre y estaño. A lo largo de los años, se ha incrementado su utilización debido al mejor conocimiento de sus propiedades permitiendo una amplia gama de aplicaciones. Sus principales características es la maleabilidad, la resistencia a la corrosión provocada por agentes naturales, baja ductilidad, temperatura de fusión relativamente baja (232 °C) y la no toxicidad. En la tabla abajo se puede visualizar las características de la casiterita.

Características de la Casiterita - SnO ₂	
Clase	Óxidos e Hidróxidos.
Grupo	Rutilo
Composición	78,7% Sn y 21,3% O.
Sistema cristalográfico	Tetragonal
Propiedades ópticas	Uniaxial positivo.
Relieve	Positivo, muy alto.
Color	Castaña o negra, raramente amarilla o blanca.
Dureza	6 a 7
Densidad	6.8 - 7,1 g/cm ³
Raya	Blanca
Brillo	Pardo a negro, adamantino a submetálico y mate.
Hábito	Bipirámide tetragonal, prisma, maclas en forma de codo, masiva y masas reniformes fibrosa radiante.
Asociaciones	Wolframita, molibdenita y arsenopirita. Venas con minerales de flúor y boro: topacio, turmalina, fluorita y apatita.
Paragénesis	Granito, granitos pegmatitas, greisen y venas de alta temperatura.

Tabla 2: Características de la casiterita.

En el yacimiento en cuestión, las características granulométricas de la casiterita pueden variar desde micras hasta más de 1 cm. En las figuras abajo se pueden visualizar las diferencias granulométricas encontradas en la mina.



Figura 30: Tamaños granulométricos de casiterita encontrados en la mina.

6.4.2. Producción de estaño en Brasil

Según el anuario mineral brasileño de las principales sustancias metálicas de 2020 de la agencia nacional de minería (ANM-Agência Nacional de Mineração), en el año de 2019 el estaño supuso un valor de 0,5% de participación en la producción mineral comercializada en el país como se puede visualizar en la figura abajo.

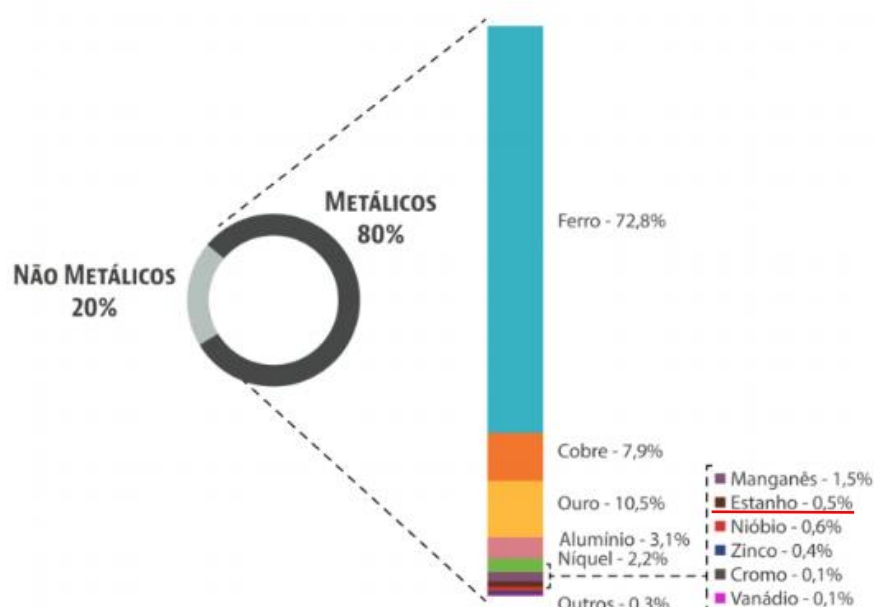


Figura 31: Produção de estaño en Brasil (2019).

Es importante resaltar que el valor se refiere al estaño y no a la casiterita propiamente dicha, el valor puede sufrir alteraciones debido al gran volumen de casiterita exportada por el país. Las exportaciones del estaño realizadas por Brasil pueden suponer más del 50% de la producción, aún así, gran parte del consumo y demanda interna del estaño en Brasil es fruto de importaciones debido a las condiciones fiscales que favorecen la adquisición del producto importado a menores precios, es decir, el estaño importado es comercializado en el país con menores precios que el producto nacional. Este es uno de los factores que inviabilizan las grandes inversiones en obtención del estaño a partir de la casiterita favoreciendo la exportación del mineral.

6.4.3. Aplicaciones del estaño.

Las principales aplicaciones del estaño se dan para componentes de soldadura en la industria electro-electrónica, para la industria química, para la siderurgia con la producción de aleaciones metálicas, como revestimientos de protección y embalajes anticorrosivos, por ejemplo. Conforme puede observarse en la figura 32, según el informe *Tin for the Future* del *International Tin Association*, las principales aplicaciones industriales del estaño en el año de 2020 han sido para soldaduras metálicas (49%), químicos (18%), hojalata (12%), baterías (7%) y etc.



Figura 32: Principales aplicaciones del estaño según la International Tin Association.

6.4.4. Precios de comercialización

Actualmente, el precio del estaño por tonelada es de aproximadamente 33.000 US\$ (valor aproximado para la cotización del día de referencia), los valores han sido basados en los datos de la Bolsa de los Metales de Londres, *London Metal Exchange-LME*. En la gráfica abajo, según el LME, se puede visualizar el histórico del precio del estaño actual de un período de un mes.

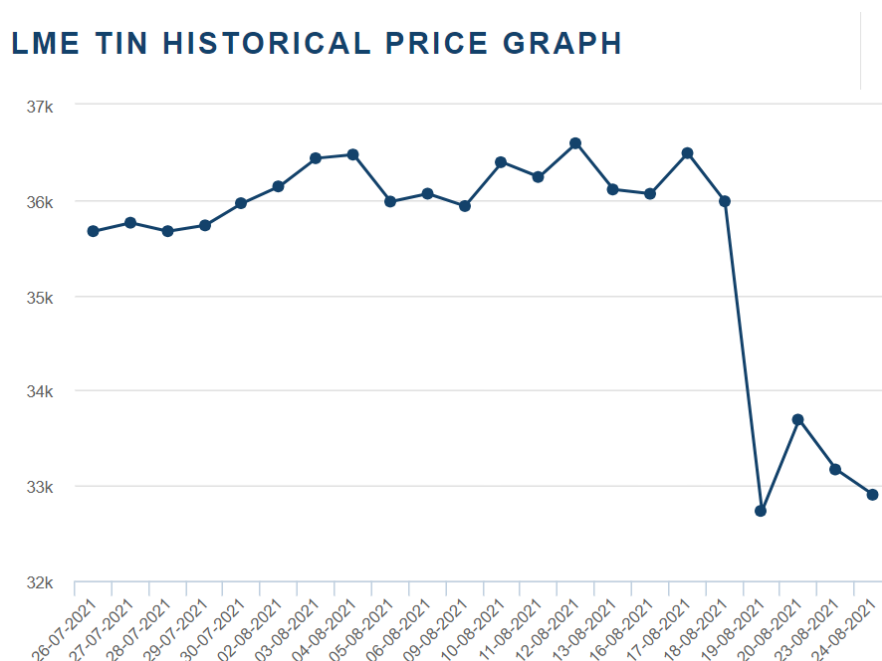


Figura 33: Gráfica de precios del estaño en el período de un mes referente a los meses de julio y agosto de 2021.

Los valores son referentes al estaño, por lo tanto, para el calcular el precio de comercialización de la casiterita con concentración mínima de 60% de acuerdo con la cotización del día, se tiene la siguiente relación:

Descripción	Valores		
	Dolár (US\$)	Euro (€)	Real (R\$)
Precio del estaño por tonelada (t)	33.000,00	28.050,00	172.590,00
Precio por tonelada de casiterita a 60 % (t)	19.800,00	16.830,00	103.554,00

Tabla 3: Precio de comercialización para el estaño y casiterita. Precios basados en la cotización del día de referencia.

7. CARACTERÍSTICAS DEL MEDIO FÍSICO

7.1. CLIMA – Temperatura y pluviometría

De acuerdo con la secretaria de planeamiento y gestión del estado, *SEPLAG*, el extremo norte del estado de Mato Grosso donde se encuentra ubicada la explotación, presenta un clima del tipo ecuatorial continental húmedo y está dentro de la unidad *IA1*. En la figura abajo se puede visualizar el mapa de dominio climático de la región bien como la ubicación de la explotación.

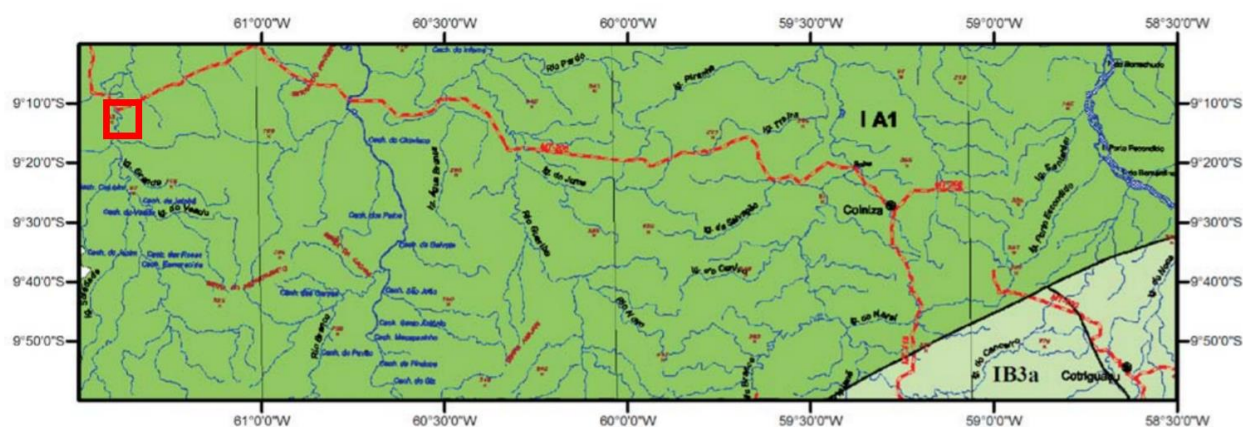


Figura 34: Mapa de dominios climáticos de la región.

Las características sobre el clima y la pluviosidad de la unidad *IA1* son:

Atributos climáticos de la unidad <i>IA1</i>		
Descripción	Valor	Unidad
Temperatura mínima	19 -21	°C
Temperatura máxima	32 - 33	°C
Temperatura media	20,7 a 25,7	°C
Pluviosidad media anual	2.000 a 2.500	Mm
Meses de sequía	4	meses

Tabla 4: Características climáticas de la unidad *IA1*.

La clasificación del clima según Köppen & Geiger (1928) destaca una relación de la vegetación con el clima de una determinada región utilizando parámetros como la precipitación media de la zona, por ejemplo.

De los grupos descritos por el autor, el predominante en la zona de estudio del presente proyecto es la Am que se caracteriza por temperaturas cálidas durante todo el año donde se observa una estación seca de corta duración entre los meses de junio a septiembre, una estación húmeda presentando fuertes lluvias entre los meses de noviembre hasta abril y un periodo de transición en el mes de mayo y octubre.

De acuerdo con el instituto nacional de meteorología brasileño, el *INMET*, el balance hídrico de la región de explotación basado en valores históricos puede ser visualizado en la figura abajo, el área presenta un excedente hídrico que puede llegar a durar hasta 7 meses.

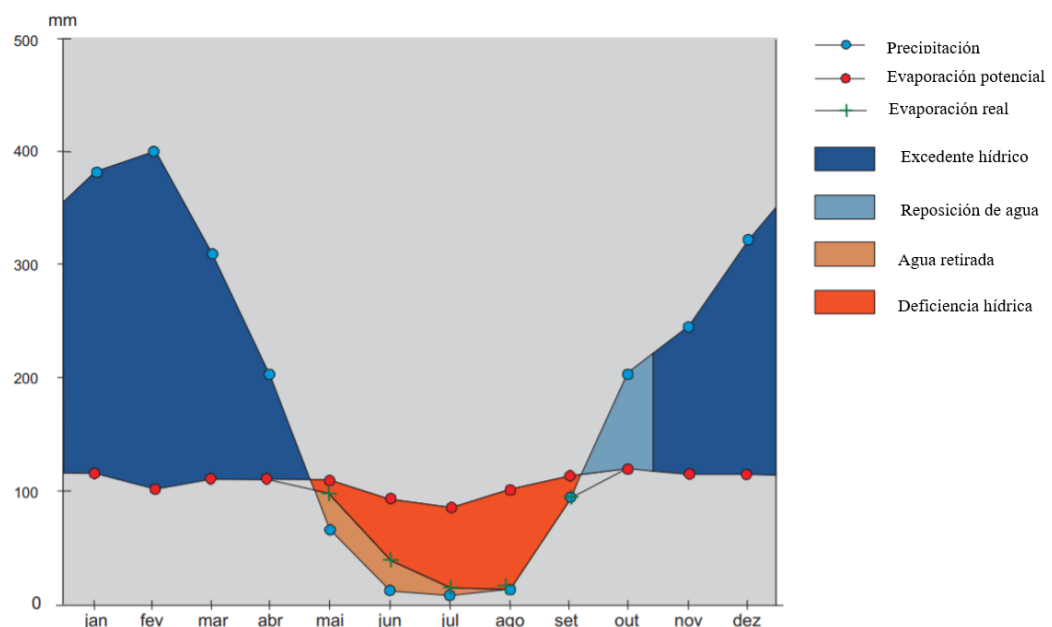


Figura 35; Gráfica del balance hídrico en la región de la explotación.

7.2. VEGETACIÓN

Según el instituto brasileño de geografía y estadística, el *IBGE*, el área de la explotación señalada en rojo está dentro del dominio denominado *Floresta Ómbrofila* y en la zona de contacto con la *Floresta Estacional*. (Figura 36).

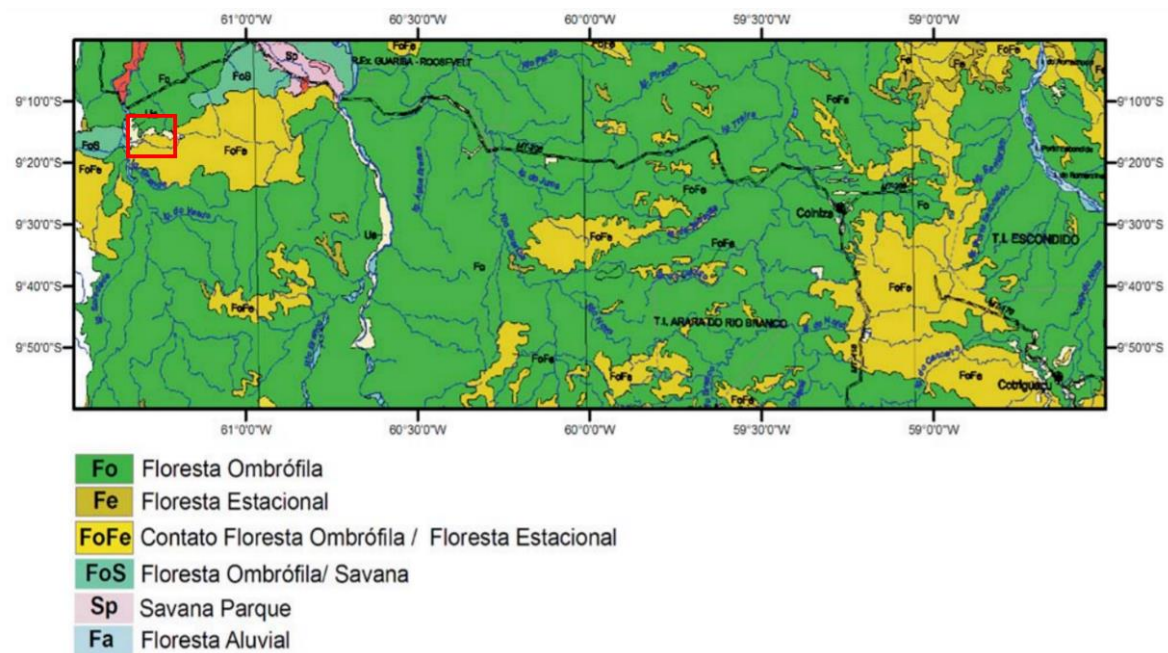


Figura 36: Mapa de vegetación de la región de la explotación.

La unidad denominada *Floresta Ómbrofila*, que cubre casi la totalidad de floresta de la depresión amazónica, se caracteriza por suelos profundos y húmedos de buena a media fertilidad presentando una vegetación densa y de grandes tamaños con árboles que pueden sobrepasar los 40 m de altura.

Dentro las inúmeras especies protegidas más conocidas de esta unidad se destaca la *Castanheira-do-Brasil*, una especie amenazada que se encuentra protegida por la unión, se trata de un árbol de gran tamaño que puede alcanzar los 50 m de altura y más de 5 m de diámetro. En la región pueden encontrarse varios ejemplares de dicho árbol, en la figura abajo puede observarse un ejemplar en la carretera de acceso a la mina.



Figura 37: Ejemplar de una *Castanheira-do-Brasil*.

La unidad denominada *Floresta Estacional* se da en altitudes más elevadas que la unidad mencionada anteriormente, también se caracteriza por suelos de media a buena fertilidad presentando una vegetación densa que varía entre los 25 y 30 m de altura. Esta unidad presenta extensas áreas de afloramientos rocosos y con menor disponibilidad de agua.

En esta región, donde se hay varios sistemas de explotación de *garimpo*, se puede visualizar claramente el cambio en la vegetación, generándose una vegetación secundaria fruto de la intensa deforestación ocasionadas por las actividades antrópicas.

8. ACTIVIDAD MINERA

El área de la explotación tiene un pasado de intensas actividades extractivas en busca del mineral de casiterita, en la actualidad, la empresa que posee el permiso de explotación tiene por objetivo la exploración en profundidad del yacimiento existente y el aprovechamiento del mineral existente en los estériles de trabajos anteriores. Se pretende conseguir la optimización de los trabajos y maquinarias necesarias para el mejor aprovechamiento de los minerales existentes en el área con el fin último de conseguir también la implementación de los principios de una minería circular.

8.1. RESERVAS

Las reservas determinadas por la empresa en el área objeto de estudio son:

Reserva medida para SnO ₂		
Descripción	Valor	Unidad
Volumen	1.180.000,00	m ³
Densidad	1,60	t/m ³
Masa	1.888.000,00	t
Teor médio	1,11	kg/m ³
Reserva medida	1.305,08	t

Tabla 5: Reserva medida.

Reserva indicada para SnO ₂		
Descripción	Valor	Unidad
Volumen	1.475.000,00	m ³
Densidad	1,60	t/m ³
Masa	2.360.000,00	t
Teor médio	1,11	kg/m ³
Reserva medida	1.631,35	t

Tabla 6: Reserva indicada.

Reserva inferida para SnO ₂		
Descripción	Valor	Unidad
Volumen	2.065.000,00	m ³
Densidad	1,60	t/m ³
Masa	3.304.000,00	t
Teor médio	1,11	kg/m ³
Reserva medida	2.283,89	t

Tabla 7: Reserva inferida.

8.2. PROCESO DE TRABAJO ACTUAL

Para entender mejor la distribución de los trabajos realizados actualmente en la mina así como de la infraestructura que se dispone, en la siguiente figura se pueden visualizar donde están ubicados los principales puntos de trabajo.

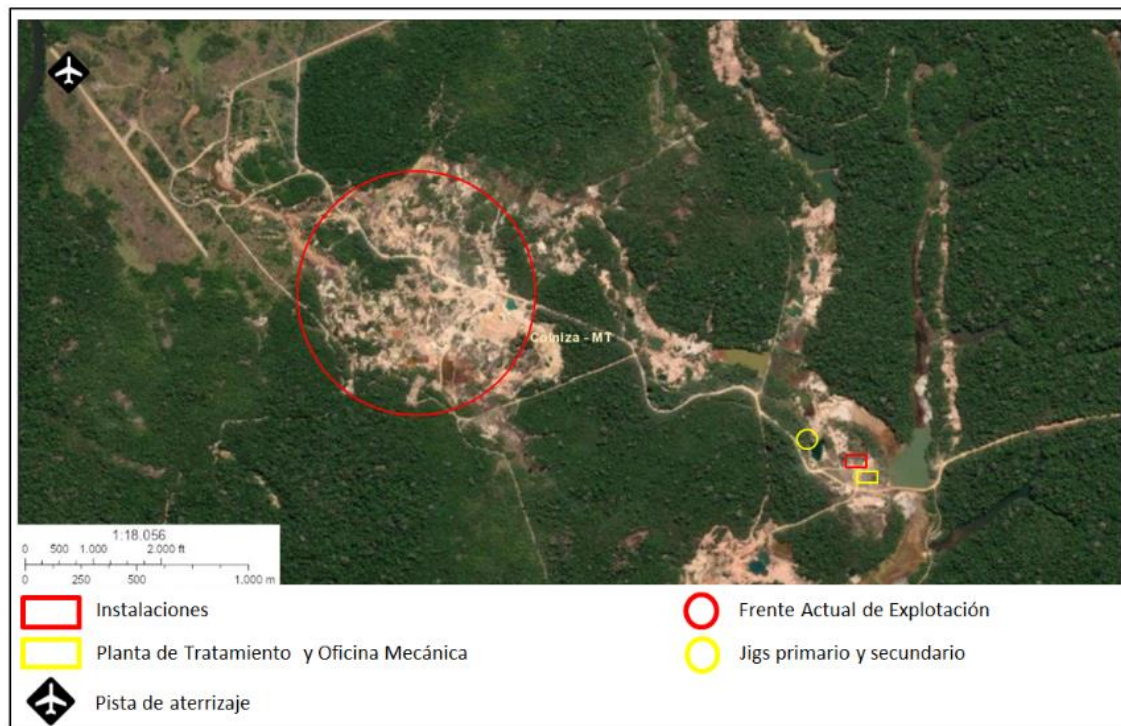


Figura 38: Ubicaciones de interés en la mina.

8.2.1. Arranque y transporte del material

El arranque del material se realiza de manera directa mediante sistema mecánico utilizando una excavadora hidráulica. La carga se hace sobre camiones de mina. En la figura siguiente se puede visualizar el frente de explotación.



Figura 39: Frente de explotación.

Desde el frente de explotación, los camiones transportan el todo uno arrancado por aproximadamente 1,7 km hasta la zona donde están ubicados los jigs primario y secundario. En esta zona, previamente se procede la descarga del todo-uno en un hueco para que mediante unos monitores hidráulicos conseguir una segunda fragmentación del material formando una pulpa que fluye por un canal y que es bombeada hasta los jigs. Dicho canal es una zanja excavada con la retroexcavadora. En la figura 40 se aprecia el proceso de trabajo mencionado.



Figura 40: Proceso de arranque secundario mediante monitores hidráulicos.

La propuesta de la nueva planta de tratamiento se plantea la sustitución de este método de arranque, mientras eso, se recomienda la disposición de casetas prefabricadas para la protección de los trabajadores y para la mejora de las condiciones de trabajo conforme se puede visualizar en el croquis disponible abajo.

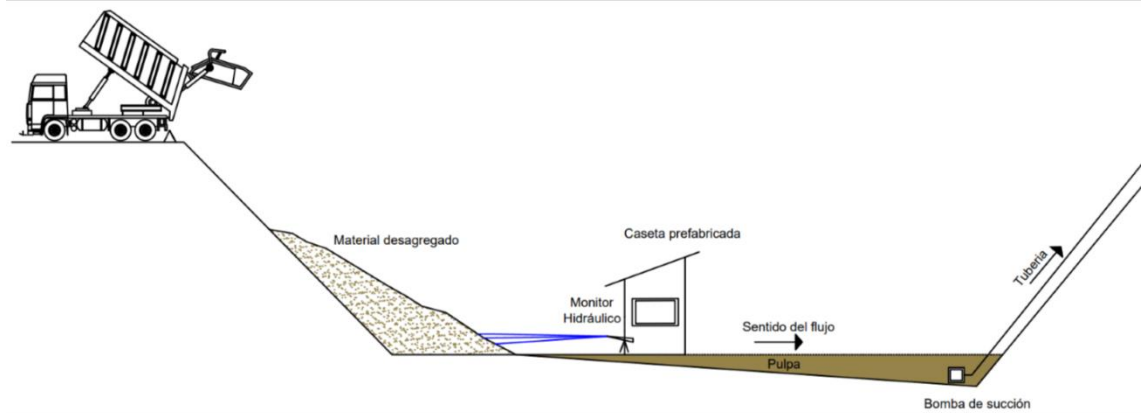


Figura 41: Croquis del sistema de arranque con monitores hidráulicos.

8.2.2. Primera etapa de concentración

La pulpa formada por la mezcla del agua proveniente de los monitores con el material previamente arrancado y disgregado es bombeada hacia un circuito de concentración gravimétrico tipo jigs. Los jigs utilizados son del tipo Pan-American fabricados por pequeñas empresas de la zona, donde las pulsaciones se producen por el movimiento de una biela que generan un movimiento de subida y bajada por debajo del diafragma ubicado en el compartimento inferior de la máquina, produciendo un movimiento más uniforme. En la imagen 42 se puede visualizar un ejemplo de estas máquinas.

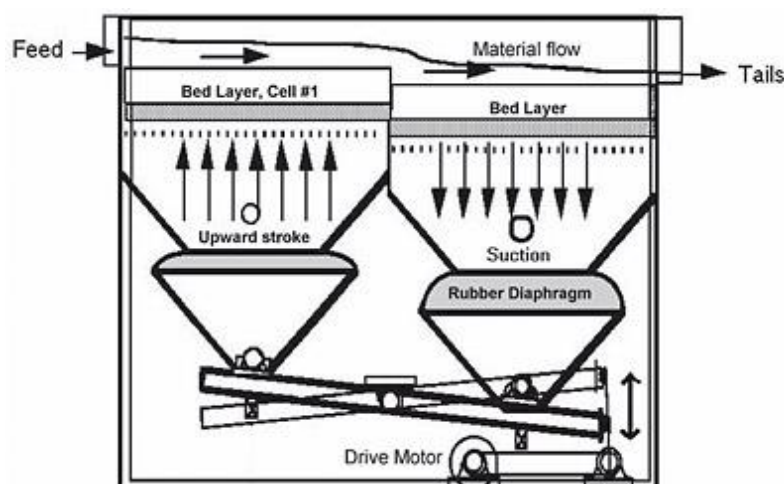


Figura 42: Ejemplo de un jig del tipo Pan-American.

La pulpa pasa por un jig primario donde el material más fino es arrastrado por el flujo superior directamente a la balsa de estéril, mientras que el preconcentrado obtenido es

llevado a un segundo jig. En el segundo jig (secundario) se descarta el pasante estéril y se obtiene otro preconcentrado de mayor ley que se almacena en bags. En las imágenes se puede visualizar los jigs mencionados.



Figura 43: (A) Jig primario de seis celdas. (B) jig secundario de dos celdas.

8.2.3. Planta de tratamiento

El material preconcentrado por los jigs y almacenado en bags es transportado por una pala cargadora de ruedas a más de 400 m hasta la planta de tratamiento. En la planta el material es descargado en una mini tolva de recepción para someter el material a una nueva concentración gravimétrica mediante el uso de una mesa vibratoria de tipo Wilflley.

En esta máquina, el material menos denso es arrastrado por el flujo de agua descendente superior mientras que los concentrados y mixtos son preparados para la siguiente etapa. En la figura 44 se puede visualizar claramente la separación entre los materiales más densos y los menos densos, así como los materiales mixtos.



Figura 44: Separación de los minerales en la mesa Wilfley de la empresa.

Con el concentrado obtenido de la mesa se procede al secado utilizando un horno rotativo de carbón como se puede apreciar en la imagen.



Figura 45: Horno rotativo empleado en el secado del concentrado.

Una vez que el material se encuentra seco, se procede a la separación mediante un separador magnético (3er proceso etapa), con el objetivo de separar los materiales

magnéticos de los no magnéticos, obteniendo de esta manera un concentrado final de casiterita. En la imagen siguiente se puede visualizar dicho separador.



Figura 46: Separador magnético utilizado.

El producto final es almacenado en bags y preparado para la venta. Es importante resaltar que la alimentación y el caudal utilizado en el proceso de tratamiento no son controlados, por lo que no se conoce realmente la efectividad y producción de la planta.

No obstante, el proceso de tratamiento descrito se considera efectivo teniendo en cuenta las condiciones empleadas, alcanzando una concentración final de más del 60% de casiterita, si bien, se produce una gran pérdida mineral en los finos. Estas concentraciones pueden ser aprovechables mediante el empleo de una planta optimizada diseñada para beneficiar los materiales finos y gruesos, por este motivo, se procederá a la propuesta de una nueva planta de tratamiento visando la recuperación de la casiterita de ambas fracciones.

8.2.4. Disponibilidad eléctrica y combustible

Toda la electricidad utilizada en la explotación es producida por grupos generadores diésel de 40 KVA. Existen proyectos de electrificación rural en la zona aún por desarrollar.

El combustible es almacenado en tanques como se puede ver en la fotografía.



Figura 47: Tanque de almacenamiento de combustible.

8.2.5. Logística y transporte

Una vez obtenido el concentrado de casiterita, se realiza el transporte hasta el puerto de exportación de la ciudad de *Porto Velho*, desde se procede al transporte fluvial en contenedores por más de 2.000 km hasta el puerto de Santana en el estado de Amapá donde, a partir de ahí, se procede a la exportación.

9. PROPUESTA DE DISEÑO DE LA EXPLOTACIÓN

De acuerdo con las instrucciones vigentes en la normativa brasileña, específicamente en la norma *NRM - 02 de Lavra a Céu Aberto*, en el planteamiento y desarrollo de una explotación a cielo abierto se tiene que tener en consideración las condiciones geológicas, ambientales y topográficas del área del proyecto. Los proyectos mineros no deben mirar solamente por el beneficio económico sino, que deben cumplir con los requisitos de seguridad, de control ambiental y rehabilitación del área afectada. Para la definición y diseño de los siguientes parámetros abordados en esta sección se ha cumplido y basado en todos los requisitos dispuestos en la normativa.

Según la norma *NMR - 02 - Lavra a Céu Aberto*, al definirse bancadas y taludes para la explotación es necesario tener en cuenta los siguientes factores:

- Características de las maquinarias utilizadas en el desmonte y transporte;
- Estabilidad de los macizos;
- Condiciones geomecánicas;
- Condiciones de seguridad generales;

- Posterior rehabilitación del área;

Para la elaboración de la propuesta de diseño también se utilizó los dispuestos en la ITC 07.1.3 Desarrollo de las labores siempre que concuerden con las características especificadas en la normativa brasileña.

9.1. ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO Y PRODUCCIÓN PREVISTA

La normativa brasileña fija un máximo de 220 horas de trabajo al mes, partiendo de ese requisito, se ha organizado el trabajo de manera a alcanzar el objetivo de producción de 23.000 m³ procesados por mes en la planta de tratamiento. En la tabla abajo se puede visualizar las condiciones determinadas.

Organización del trabajo y producción		
Descripción	Valor	Unidad
Producción deseada mes	23.000,00	m ³
Producción deseada mes	25.438,00	t
Días de trabajo mes	27	días
Horas de trabajo día	8,15	h
Producción deseada día	851,85	m ³
Producción deseada día	942,15	t
Producción deseada hora	104,55	m ³

Tabla 8: Organización del trabajo y producción esperada.

Con base en la reserva indicada y de acuerdo con la producción prevista, se estima una vida útil de la explotación seis años.

9.2. MAQUINARIA A SER UTILIZADA

Para la definición de la maquinaria que se va a necesitar en la explotación se va a tener en cuenta el máximo posible las máquinas ya existentes en la mina. Para eso, se fijan las siguientes necesidades:

- Análisis de cada proceso empleado con la finalidad de objetivar y determinar el trabajo que va a realizar cada máquina.
- Definir la organización de los trabajos.
- Definir las características técnicas de cada una de las máquinas empleadas.

Las maquinarias utilizadas serán tales conforme se puede visualizar en la tabla 9.

Resumen de la maquinaria a ser utilizada				
Tipo de maquina	Fabricante	Modelo	Unidades	Función
Excavadora hidráulica	Caterpillar	320 D2	2	Arranque y carga
Camión basculante	Mercedes-Benz	Axor 3344	3	Transporte
Pala cargadora	Caterpillar	938 K	1	Trabajos adicionales

Tabla 9: Resumen de la maquinaria a ser utilizada.

Conforme puede observarse en la tabla anterior, el arranque y carga del material se hará utilizando la excavadora hidráulica. Los camiones basculantes se encargarán de realizar el transporte del material hasta la planta de tratamiento y la pala cargadora se encargará de realizar tareas adicionales de mantenimiento, apoyo, acopio, carga de los materiales resultantes de la planta de tratamiento y carga del concentrado para venta.

9.2.1. Maquinaria de arranque y carga

El arranque y carga del material se seguirá haciendo de manera directa a través de excavadoras hidráulicas. Estos equipos disponen de gran movilidad y adaptación al tipo de terreno exigiendo poco espacio de operación y elevada velocidad de rotación que permite ciclos de carga pequeños.

Excavadora hidráulica Caterpillar 320 D2

Para elegir la maquinaria se han tenido en cuenta las necesidades de producción en la mina y la demanda de la empresa. La máquina que se va a utilizar será la excavadora hidráulica a diésel Caterpillar 320 D2 sobre orugas, tipo retro, con capacidad de cazo de 1 m³, en la figura abajo se puede visualizar dicha maquinaria.



Figura 48: Excavadora hidráulica 320 D2.

Las principales ventajas del chasis de orugas es que genera una menor presión sobre el terreno en relación a los neumáticos, mayor estabilidad y necesita un menor radio

de giro. En la tabla abajo se disponen las principales características técnicas de dicha excavadora.

Excavadora hidráulica Caterpillar 320D2		
Descripción	Valor	Unidad
Modelo del motor	Cat C 7.1	-
Potencia del motor	112,5 kW	kW
Cilindradas	7,01 mm	mm
Peso mínimo operacional	21,200 kg	kg
Peso máximo operacional	21,700 kg	kg
Velocidad máxima de percurso	5,4 km/h	km/h
Fuerza máxima barra de tracción	205 kN	kN
Capacidad de depósito	410 l	l
Fuerza de excavación	140 Kn	kN

Tabla 10: Características técnicas de la excavadora.

En la figura 49 y en la tabla 11 se indican las dimensiones de la máquina.

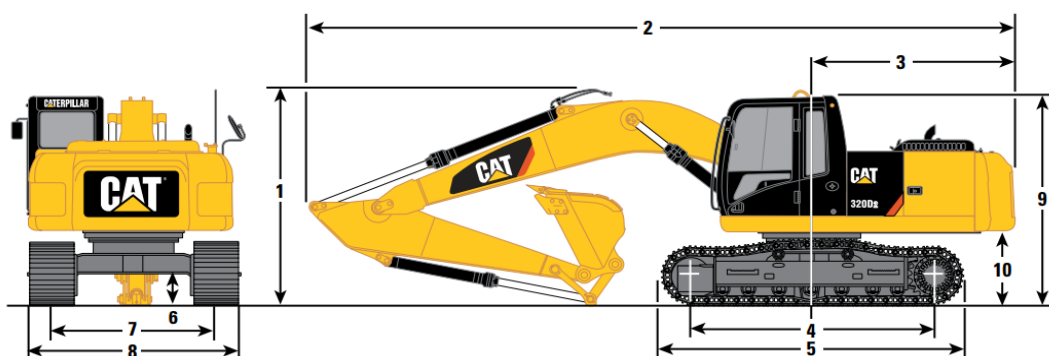


Figura 49; Dimensiones de la excavadora.

Dimensiones excavadora hidráulica Caterpillar 320D2			
Número	Descripción	Medida	Unidad
1	Altura de transporte	3.050,00	mm
2	Longitud de transporte	12.680,00	mm
3	Radio de oscilación de la cola	2.750,00	mm
4	Distancia entre ejes	3.650,00	mm
5	Longitud de la cadena	4.460,00	mm
6	Distancia libre del suelo	450,00	mm
7	Anchura de vía	2.380,00	mm
8	Anchura total	2.990,00	mm
9	Altura de la cabina	2.950,00	mm
10	Altura del contrapeso	1.020,00	mm

Tabla 11: Características dimensionales de la excavadora.

Las características del rango de alcance de una excavadora es uno de los principales factores que determinan las dimensiones del talud empleado. En la siguiente figura y en la tabla 12 se pueden observar dichas características.

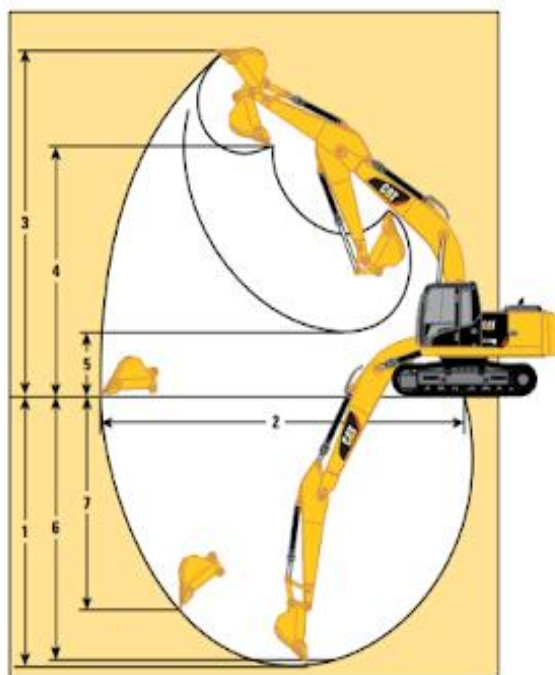


Figura 50: Rango dimensional de acción de la excavadora.

Las dimensiones son:

Dimensiones de trabajo excavadora hidráulica Caterpillar 320D2			
Número	Descripción	Medida	Unidad
1	Máxima profundidad de excavación	6.720,00	mm
2	Alcance máximo en el nivel del suelo	9.890,00	mm
3	Altura máxima de corte	9.490,00	mm
4	Máxima altura de carga	6.490,00	mm
5	Mínima altura de carga	2.170,00	mm
6	Máxima profundidad de corte (nivelado 2.240mm)	6.380,00	mm
7	Máxima profundidad de excavación de pared vertical	5.690,00	mm

Tabla 12: Dimensiones del rango de acción de trabajo de la excavadora.

El correcto empleo de la maquinaria en una mina es uno de los principales factores que condicionan la viabilidad de la misma, por eso, es necesaria la realización de un estudio para dimensionar la flota, que en nuestro caso serán necesarias dos unidades de la excavadora hidráulica.

Según el Manual de Arranque Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto del Instituto Tecnológico GeoMinero de España, el proceso para seleccionar el tipo de excavadora hidráulica que se pretende utilizar en la explotación se desarrolla en tres fases, son ellas:

- 1- Definición de las características básicas.
- 2- Elección del sistema de trabajo.
- 3- Selección del modelo.

En lo que se refiere a la definición de las características básicas es necesario tener en consideración los siguientes datos de partida:

- La producción horaria: 104,54 m³/h.
- El tipo de material: Blando.
- La densidad de la roca: 1,60 t/m³.

Según el autor, a partir de los datos mencionados es posible definir los siguientes parámetros para determinar las características básicas de la excavadora como son: el tamaño del cazo a ser utilizado, el tipo de camión de transporte más adecuado para adaptarse a las condiciones de trabajo y el peso de la excavadora. En los siguientes apartados, se definirá cada una de ellas de acuerdo con los datos y necesidades del presente proyecto. El cálculo se centrará en dimensionar una unidad de dicha maquinaria puesto que en el proceso de arranque y carga solo se utilizará una unidad, teniendo la otra unidad como auxiliar en diferentes trabajos o como sustituta en caso de avería.

1) Capacidad del Cazo

Para la determinación del tamaño de cazo ideal el autor indica distintas ecuaciones donde se relaciona el tipo de roca a ser excavada y la producción deseada. En este proyecto el material a excavar presenta una dureza blanda y la producción deseada es de 104,54 m³/h (P), por lo tanto, se utilizará la primera ecuación.

TIPO DE MATERIAL	BLANDO	MEDIO	DURO	MUY DURO
TAMAÑO DEL CAZO (m ³)	$\left(\frac{P}{117}\right)^{1.33}$	$\left(\frac{P}{71}\right)^{1.23}$	$\left(\frac{P}{50}\right)^{1.15}$	$\left(\frac{P}{31}\right)^{1.18}$

Figura 51: Ecuaciones para definir el tamaño de cazo.

Por lo tanto, se tiene que:

$$\text{Tamaño de cazo} = \left(\frac{P}{117}\right)^{1.33} \quad (1)$$

$$\text{Tamaño de cazo} = \left(\frac{104,54}{117}\right)^{1.33}$$

$$\text{Tamaño de cazo} = 0,86 \text{ m}^3$$

Por lo que el tamaño de cazo elegido de 1 m³ se ajusta perfectamente al tamaño necesario.

2) Tipo de Volquete

Para la determinación de la capacidad del volquete ideal que se ajuste a la excavadora el autor dispone una tabla donde se relaciona el peso de la excavadora y del volquete (Figura 52):

PESO DE EXCAVADORA HIDRAULICA (t) \ CAPACIDAD DEL VOLQUETE (t)	25	35	40	50	55/60	75	85	100	120	130	170
55											
70											
90											
120											
200											
280											

	MUY ADECUADO
	ADECUADO

Figura 52: Relación entre la capacidad del volquete y el peso de la excavadora.

Analizando el peso de la excavadora y del camión seleccionado, cuyas características se verán más adelante, se concluye que hay una relación muy adecuada entre ambos.

3) Potencia y peso de la excavadora

Según el autor, el tamaño del cazo determinado puede correlacionarse con el peso en servicio de la máquina a través de la siguiente expresión, donde C es el tamaño de cazo:

$$W(t) = 17 \times C(t) \quad (2)$$

$$w = 17 \times 1 \text{ m}^3 \times 1.60 \frac{t}{\text{m}^3}$$

$$w = 27,2 \text{ t}$$

Para calcular la potencia media de la excavadora también se tiene en cuenta la capacidad del cazo a través de la siguiente fórmula:

$$P_w = 59 \times C(\text{m}^3) \quad (3)$$

$$P_w = 59 \times 1(\text{m}^3)$$

$$P_w = 59 \text{ kW}$$

Como se puede observar, la potencia de la excavadora elegida (112,5 kW) es mayor que la necesaria, por lo que el trabajo se realizará holgadamente, aunque suponga un sobrecoste energético.

Empleando la siguiente fórmula se puede estimar los valores relacionados a la producción de la excavadora.

$$Porducción \left(\frac{t}{h} \right) = \left(\frac{Capacidad \text{ del camión (t)} \times Eficiencia (\%) \times Disponibilidad \text{ mecánica} (\%)}{Ciclo \text{ total (h)}} \right) \quad (4)$$

A continuación, se ha calculado la capacidad de producción de la excavadora conforme se puede ver en la siguiente tabla:

Parámetros de producción de la excavadora		
Descripción	Valor	Unidad
Capacidad del cazo	1,00	m3
Densidad del material	1,60	ton/m3
Disponibilidad mecánica	90,00	%
Eficiencia	90,00	%
Ciclo por cazo	0,01	h
Produccion horaria	133,30	ton/h
Produccion dia	1066,42	ton
Produccion mensual	26660,57	ton

Tabla 13: Producción de la excavadora.

Por lo tanto, se emplearán dos unidades de la excavadora Caterpillar 320 D2 que cubren con holgura las necesidades requeridas.

9.2.2. Maquinaria de transporte

Se emplearán dos tipos de maquinaria para ese tipo de trabajo, un camión basculante y una pala cargadora de ruedas.

Camión basculante Mercedes-Benz Axor 3344 6x4

Se trata de un camión de tracción 6x4, con un peso bruto total de 33,5 toneladas y capacidad para 12 m³ que ha sido diseñado especialmente para trabajos en el segmento minero y que se encargará de realizar el transporte del material desde en frente de explotación hasta la planta de tratamiento. En la figura abajo se puede ver el modelo de camión seleccionado.



Figura 53: Ejemplar del camión elegido.

Las principales características técnicas del camión se pueden ver en la tabla:

Camión Basculante Mercedes-Benz Axor 3344 6x4		
Descripción	Medida	Unidad
Peso bruto total	33.500,00	kg
Capacidad máxima de tracción	123.00	kg
Potencia del motor	439,00	cv
Torque maximo	2.200,00	Nm
Capacidad tanque combustible	300,00	l
Capacidad en subida - 33.500 kg	80	%
Capacidad de subidad - 123.000 kg	18	%

Tabla 14: Características técnicas del camión basculante.

A continuación, en la figura 54 y en la tabla 15 se indican las dimensiones del equipo:



Figura 54:Características dimensionales del camión.

Las descripciones y medidas son tales como se puede observar en la tabla abajo.

Camión Basculante Mercedes-Benz Axor 3344 6x4			
Identificación	Descripción	Medida	Unidad
a	Distancia entre los ejes	3.300,00	mm
b	Longitud total del camión	6.982,00	mm
c	Anchura total del camión	2.576,00	mm
d	Altura total sin carga	3.187,00	mm
e	Eje delantero	2.037,00	mm
e	Eje trasero	1.803,00	mm
f	Voladizo delantero	1.440,00	mm
f	Voladizo trasero	747,00	mm
g	Ángulo de entrada cargado	24°	grados
h	Ángulo de salida cargado	63°	grados
I	Altura desde el chassi hasta la cabina	2.053,00	mm
j	Distancia del centro del eje a la carrocería	790,00	mm
-	Círculo de giro	16.000,00	mm
-	Diámetro de neumático	538,00	mm

Tabla 15: Características dimensionales del camión basculante.

Las especificaciones relacionadas a los tipos de carrocería vienen recogidas en el manual de implementación del vehículo. De acuerdo con el manual, el ángulo de descarga no debe superar los 35° pues incrementa el riesgo de vuelco del camión. Se utilizará una carrocería basculante Rossetti de 12 m³ conforme se puede visualizar en la imagen abajo.



Figura 55: Ejemplar de la carrocería.

Según el Manual de Arranque Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto del Instituto Tecnológico GeoMinero de España, se puede determinar la capacidad de la carrocería del camión en relación al tamaño del cazo del equipo que va a realizar la carga, en ese caso de la excavadora hidráulica, a partir de la siguiente relación:

Tipo de material	Blando	Medio	Duro	Muy duro
Capacidad caja (m ³)	3,3-5,5C	3-5C	2,5-4C	2-3,5C

Figura 56: Relación de la capacidad de cazo y tipo de material.

De esa manera, al trabajar con un material blando, se tiene que:

- 1) Capacidad de cazo de la excavadora: 1 m³
- 2) Capacidad mínima de la caja del camión: 3,3 m³
- 3) Capacidad máxima de la caja del camión: 5,5 m³

Conforme visto anteriormente, la carrocería elegida tiene capacidad de 12 m³ por lo que se ajusta sobradamente a la capacidad de excavadora hidráulica.

Empleando la siguiente fórmula se puede estimar los valores relacionados a la producción del camión elegido.

$$Producción \left(\frac{t}{h} \right) = \left(\frac{Capacidad\ del\ camión\ (t) \times Eficiencia\ (\%) \times Disponibilidad\ mecánica\ (\%)}{Ciclo\ total\ (h)} \right) \quad (5)$$

Por lo tanto, la producción horaria del camión basculante será:

Parámetros de producción del camión basculante		
Descripción	Valor	Unidad
Distancia media de transporte	2,00	km
Velocidad média de transporte ida	20,00	km/h
Tiempo de transporte ida	0,10	h
Tiempo de maniobra + vaciado	0,03	h
Velocidad media de transporte vuelta	25,00	km/h
Tiempo de transporte vuelta	0,08	h
Densidad del material	1,60	t/m ³
Capacidad de la caja	12,00	m ³
Capacidad de la caja	19,20	t
Tiempo total del ciclo	0,21	h
Ciclos por hora	4,88	ciclos/hora
Disponibilidad mecanica	85,00	%
Eficiencia	85,00	%
Producción horaria	67,67	t/h
Producción horaria	42,29	m ³ /h
Produccion diaria	541,35	t/dia
Producción mensual	13.533,66	t/mes
Produccion necesaria dia excavadora	1.066,42	t/dia
Número de camiones necesarios	1,97	Aprox. 2

Tabla 16: Producción del camión basculante.

Como se puede ver, para la necesidad de producción de la excavadora serán necesarios dos unidades del camión basculante, aunque se dispondrá de una unidad más para trabajos adicionales como el transporte del concentrado para venta, transporte de consumos básicos necesarios para la mina y etc.

Pala cargadora de ruedas Caterpillar 938 K

La pala cargadora empleada en la explotación se dedicará, principalmente, a labores de limpieza y mantenimiento del frente de explotación, de vías y rampas de acceso. Esta máquina no realizará el proceso de carga en los camiones ni el arranque en el frente de explotación por lo que no se tiene en cuenta en los cálculos productividad de la excavadora o de los camiones. Si realizará el trabajo de carga del todo-uno en la planta de tratamiento, por lo tanto, se determinarán las características del cazo y factores de llenado. En la figura siguiente se puede visualizar dicha máquina.



Figura 57: Ejemplar de la pala cargadora de ruedas elegida.

Se trata de una pala cargadora de pequeño tamaño, en la tabla se pueden ver algunas especificaciones técnicas de la máquina.

Características de la pala cargadora		
Descripción	Medida	Unidad
Potencia bruta máxima	140	kW
Capacidad máxima del cucharón	2,70	m3
Peso en orden de trabajo	15.481,00	Kg
Profundidad de excavación	93,00	mm
Radio de giro cucharón en acarreo	6.169,00	mm

Tabla 17: Características técnicas de la pala cargadora.

En la siguiente figura y en la tabla 18 se especifican las dimensiones de dicha máquina.

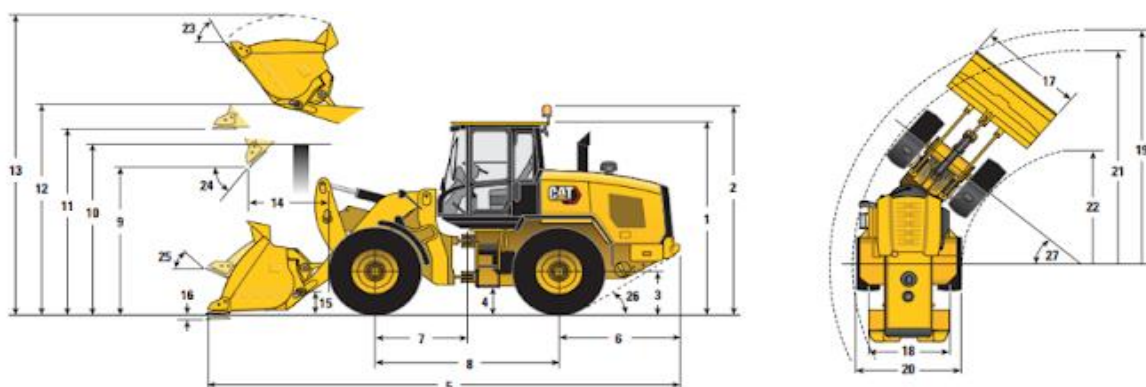


Figura 58: Características dimensionales de la pala cargadora.

Las características son tales conforme se puede visualizar en la tabla abajo.

Características dimensionales de la pala cargadora			
Identificación	Descripción	Medida	Unidad
1	Altura desde el suelo hasta la cabina	3.340,00	mm
2	Altura desde el suelo hasta baliza	3.669,00	mm
3	Centro de eje del suelo	685,00	mm
4	Espacio libre del suelo	386,00	mm
5	Longitud total	8.334,00	mm
6	Longitud desde el eje trasero hasta el parachoqu	1.968,00	mm
7	Longitud desde el enganche hasta el eje delantero	1.525,00	mm
8	Distancia entre ejes	3.050,00	mm
9	Espacio libre del cucharón a 45°	3.450,00	mm
10	Carga por la altura	3.561,00	mm
11	Espacio libre del cucharón de nivel	4.223,00	mm
12	Altura del pasador del cucharón	4.550,00	mm
13	Altura total	5.823,00	mm
14	Alcance del cucharón a 45°	1.374,00	mm
15	Altura de acarreo	686,00	mm
16	Profundidad de excavación	135,00	mm
17	Ancho del cucharón	2.750,00	mm
18	Ancho del centro de rodadura	2.065,00	mm
19	Radio de giro	6.472,00	mm
20	Ancho sobre los neumáticos	2.675,00	mm
21	Radio de giro fuera de los neumáticos	5.537,00	mm
22	Radio de giro dentro de los nuemáticos	2.852,00	mm
23	Angulo de inclinación altura máxima	53,00	grados (°)
24	Angulo de descarga a altura máxima	47,00	grados (°)
25	Angulo de inclinación en acarreo	50,00	grados (°)
26	Angulo de salida	33,00	grados (°)
27	Angulo de articulación	40,00	grados (°)
-	Peso	15.395,00	Kg

Tabla 18: Características dimensionales de la pala cargadora.

Teniendo en cuenta la densidad del material y el factor de llenado de la máquina que es de 110% se selecciona un modelo con cazo con capacidad mínima de 2,7 m³, con las características que dispone el fabricante (Figura 59).

Especificação de Operação da 938K com Caçambas

		Propósito Geral									Levantamento Alto ***
											
		Pinado			Fusion			ISO 23727			
Capacidade - Nominal	m³	2,5	2,7	2,9	2,5	2,7	2,9	2,7	2,9	—	
	yd³	3,3	3,5	3,8	3,3	3,5	3,8	3,5	3,8	—	
Capacidade - Nominal no Fator de Enchimento de 110%	m³	2,8	3,0	3,2	2,8	3,0	3,2	3,0	3,2	—	
	yd³	3,6	3,9	4,2	3,6	3,9	4,2	3,9	4,2	—	
17 Largura: Caçamba	mm	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	2.750	—	
	pés/pol	90"	90"	90"	90"	90"	90"	90"	90"	—	
Densidade Nominal do Material, Fator de Enchimento de 110%	kg/m³	1.832	1.681	1.554	1.744	1.600	1.479	1.536	1.419	—	
	lb/yd³	3.084	2.822	2.601	2.936	2.686	2.475	2.577	2.376	—	
9 Folga: Levantamento Total, Despejo a 45°	mm	2.869	2.822	2.786	2.834	2.787	2.751	2.691	2.654	+581	
	pés/pol	94"	93"	91"	93"	91"	90"	89"	88"	+1 pés 10 pol	
14 Alcance: Levantamento Total, Despejo a 45°	mm	1.108	1.146	1.178	1.146	1.185	1.216	1.302	1.332	+267	
	pés/pol	3'7"	3'9"	3'10"	3'9"	3'10"	3'11"	4'3"	4'4"	+11 pol	
Alcance: Folga de 2.130 mm (7 pol), Despejo a 45°	mm	1.637	1.652	1.664	1.658	1.672	1.684	1.736	1.744	+666	
	pés/pol	5'4"	5'5"	5'5"	5'5"	5'5"	5'6"	5'8"	5'8"	+2 pés 2 pol	
Alcance: Braço Nivelado, Caçamba Nivelada	mm	2.452	2.514	2.563	2.504	2.566	2.615	2.717	2.766	+607	
	pés/pol	8'0"	8'2"	8'4"	8'2"	8'5"	8'6"	8'10"	9'0"	+1 pé 11 pol	
16 Profundidade de Escavação	mm	100	100	100	101	101	101	94	94	+35	
	pol	3,9 pol	3,9 pol	3,9 pol	4 pol	4 pol	4 pol	3,7 pol	3,7 pol	+1,4 pol	
5 Comprimento: Total	mm	7.604	7.666	7.715	7.656	7.718	7.767	7.864	7.913	+740	
	pés/pol	24'11"	25'1"	25'3"	25'1"	25'3"	25'5"	25'9"	25'11"	+2 pés 5 pol	
13 Altura: Total	mm	5.242	5.301	5.348	5.273	5.332	5.379	5.434	5.481	+581	
	pés/pol	17'2"	17'4"	17'6"	17'3"	17'5"	17'7"	17'9"	17'11"	+1 pés 10 pol	
19 Raio de Giro: Caçamba no Transporte	mm	6.117	6.136	6.150	6.134	6.152	6.167	6.180	6.196	+357	
	pés/pol	20'0"	20'1"	20'2"	20'1"	20'2"	20'2"	20'3"	20'3"	+1 pé 2 pol	
Carga de Tombamento - Reta, ISO 14397-1*	kg	11.831	11.733	11.651	11.314	11.218	11.139	10.763	10.690	-3.497	
	lb	26.074	25.860	25.679	24.935	24.723	24.549	23.721	23.561	-7.708	
Carga de Tombamento - Reta, Pneu Rígido**	kg	12.323	12.222	12.137	11.785	11.685	11.603	11.211	11.136	-3.643	
	lb	27.160	26.937	26.749	25.974	25.753	25.572	24.709	24.542	-8.029	
Carga de Tombamento - Giro Total, ISO 14397-1*	kg	10.076	9.986	9.912	9.593	9.505	9.433	9.121	9.055	-3.031	
	lb	22.206	22.010	21.845	21.142	20.948	20.790	20.103	19.957	-6.680	
Carga de Tombamento - Giro Total, Pneu Rígido**	kg	10.719	10.624	10.544	10.205	10.112	10.035	9.704	9.633	-3.224	
	lb	23.624	23.414	23.239	22.492	22.285	22.117	21.386	21.230	-7.106	
Força de Desagregação	kg	13.813	13.082	12.552	13.170	12.498	12.009	11.039	10.643	-502	
	lb	30.442	28.833	27.665	29.027	27.546	26.467	24.330	23.456	-1.106	
Peso Operacional	kg	15.465	15.510	15.547	15.892	15.936	15.972	15.831	15.865	-102	
	lb	34.085	34.184	34.264	35.025	35.122	35.202	34.892	34.967	-225	

Figura 59: Características del cazo seleccionado para la pala cargadora.

9.3. PROPUESTA DE DISEÑO

Actualmente, la empresa utiliza el método de explotación a cielo abierto mediante el régimen de *lavra garimpeira*, excavando “huecos” sin definir las características básicas de diseño como altura de banco, talud de banco o anchura de la plataforma de trabajo, por ejemplo. No se realiza un frente de explotación continuo o lineal, el material es arrancado por zonas generando los “huecos” de distintas alturas de banco y plataformas de trabajo, en algunos casos no se procede la construcción de vías de acceso acondicionadas a los camiones de transporte. Por eso, la presente propuesta tiene por finalidad la determinación de las características básicas de diseño garantizando la optimización de los trabajos y las condiciones de seguridad.

9.3.1. Altura de bancos

Según las instrucciones en la normativa vigente mencionada en apartados anteriores, las características de los bancos quedan condicionadas, además de las características de la roca, por el rango de características de las máquinas de arranque y transporte que van a ser utilizadas.

En el caso de la altura de bancos, el parámetro queda condicionado por el rango de alcance del brazo de la excavadora hidráulica. La máxima profundidad de excavación que alcanza la excavadora es de 5,69 m, por lo tanto, se define una altura de banco de 5 m.

9.3.2. Talud de banco

De acuerdo con las características geotécnicas del terreno fijadas por la empresa, el material presenta alta estabilidad lo que se permite emplear un talud de trabajo con pendiente 1:1.

9.3.3. Longitud de bancos

Se va a emplear una longitud de banco inicial de 600 m hasta que se concluya el banqueo de la explotación con una profundidad total de 30 m. Una vez que se alcance dicha profundidad, se procederá al aumento de la longitud de los bancos perimetrales (ya que el yacimiento tiene forma elíptica) hasta que se alcance nuevamente la profundidad de 30 m.

9.3.4. Anchura de la plataforma de trabajo

Según la norma *NMR - 02 - Lavra a céu aberto* mencionada en apartados anteriores, la anchura de la plataforma de trabajo debe ser la necesaria para garantizar la circulación y maniobrabilidad de la maquinaria que ha de emplearse teniendo en cuenta la seguridad de los trabajadores y evitando que la maquinaria se acerque al borde del banco en cuestión.

De esa manera, la anchura del banco será definida por la suma de la anchura correspondiente a la maquinaria de carga, la anchura correspondiente a la circulación de la máquina con mayor dimensión y una anchura de seguridad de trabajo.

Anchura correspondiente a la maquinaria de carga (C)

Para la carga del material se utilizará la excavadora hidráulica, por lo tanto, la anchura (C) quedará determinada por una relación de 1,5 veces la longitud total de dicha maquinaria como se puede observar a continuación:

$$C = L (m) \times 1,5 \quad (6)$$

$$C = 12,68 \times 1,5$$

$$C = 19,02$$

Anchura correspondiente a la circulación de la maquinaria más ancha (T)

Para dimensionar la anchura necesaria correspondiente a la circulación de la maquinaria es importante tener en cuenta la anchura máxima del vehículo más ancho que va a emplearse en la explotación. Se empleará únicamente un carril debido a la baja cantidad de maquinaria utilizada en el frente de explotación. Para eso, se utilizará la siguiente relación:

$$T = a(0,5 + 1,5 n) \quad (7)$$

Donde:

a: anchura máxima de la maquinaria (m)

n = número de carriles

La maquinaria más ancha que va a circular por las pistas no será el camión basculante sino la excavadora hidráulica con un ancho total de 2.990 mm, por lo tanto, tenemos que:

$$T = 2,99 (0,5 + 1,5 \times 1) \quad (8)$$

$$T = 5,98 m$$

Anchura de seguridad de trabajo (S)

Para garantizar la seguridad en la plataforma de trabajo evitando el acercamiento de la maquinaria al borde del banco se define una anchura mínima de seguridad de 1,5 m.

Por lo tanto, la anchura mínima total de la plataforma de trabajo será:

$$T_t = C + T + S \quad (9)$$

$$T_t = 19,02 m + 5,98 m + 1,05 m$$

$$T_t = 26,05 \text{ m}$$

En resumen, la plataforma de trabajo tendrá el perfil conforme se puede visualizar en la imagen:

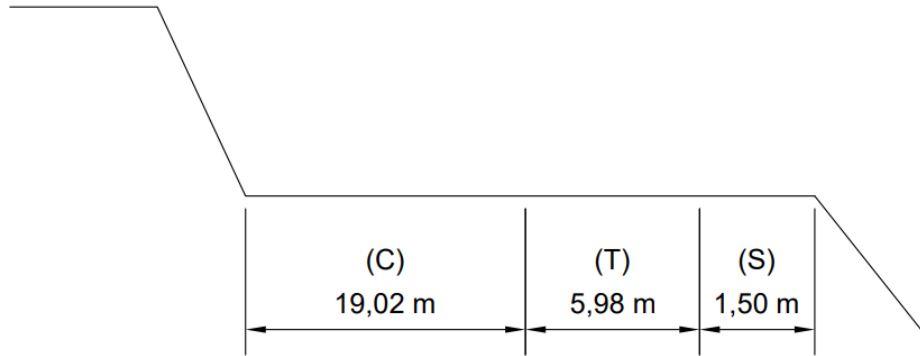


Figura 60: Perfil de la anchura de la plataforma de trabajo.

Se prestará una atención especial con el cuidado y mantenimiento de la superficie de la plataforma de trabajo. Además, se dispondrá una barrera infranqueable en el borde de la plataforma.

9.3.5. Diseño de pistas y accesos

El proceso de adquisición, operación y mantenimiento de la maquinaria minera es uno de los procesos más onerosos en una explotación, por eso, es imprescindible la realización de un correcto dimensionamiento de las vías y accesos para garantizar las mejores condiciones de trabajo para dichas maquinarias.

De acuerdo con la norma *NRM-13 Circulação e Transporte de Pessoas e Materiais*, los requisitos mínimos que el transporte en minas a cielo abierto debe cumplir son:

- Los límites externos de las bancadas deben estar demarcados y señalizados durante el día y la noche.
- La anchura mínima de las pistas de tránsito debe ser dos veces mayor que el ancho de la máquina más ancha empleada, en el caso de definición de un carril.
- Donde haya riesgo de caídas en las laterales de los bancos deben ser construidos topes o barreras de protección con una altura mínima correspondiente a la mitad del diámetro del mayor neumático del vehículo que por ella va a circular.

Atendiendo a las exigencias de la normativa brasileña se van a definir las características que deben tener las vías y accesos. Para eso, también se utilizarán las instrucciones recogidas en la I.T.C 07.1.03 del RGNBSM, siempre que concuerden con las instrucciones correspondientes a la normativa brasileña. El correcto mantenimiento de las pistas y accesos se garantizarán mediante una disposición interna de seguridad.

9.3.5.1. Accesos

En los accesos la circulación de maquinaria no es habitual o continua y las velocidades permitidas deben ser menores que la de las pistas. De acuerdo con la NRM-13, conforme mencionado anteriormente, la anchura mínima de los accesos será definida estableciendo una relación de dos veces el ancho que la maquina más ancha empleada, por lo tanto, se tiene:

$$A_a = a \times 2 \quad (10)$$

Siendo:

A= Anchura correspondiente a la excavadora hidráulica.

$$A_a = 2,99 \text{ m} \times 2$$

$$A_a = 5,98 \text{ m}$$

Se adoptará una anchura aproximada de 6 m.

Se empleará una sección sin arcén personal y con dos metros a cada lado, como se puede visualizar en la figura abajo.

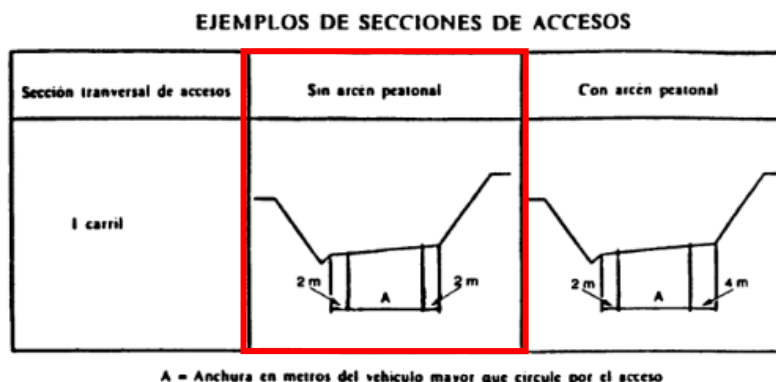


Figura 61: Sección empleada.

Se emplearán barreras no franqueables en los taludes donde hay riesgo de caída con una altura correspondiente a la mitad del diámetro del mayor neumático utilizado en

la explotación. En este caso, el mayor diámetro de neumático utilizado será de 538, 00 mm del camión de transporte, por lo tanto, la altura mínima de la barrera franqueable debe ser:

$$B_f = \frac{0,538 \text{ m}}{2} \quad (11)$$

$$B_f = 0,269 \text{ m}$$

Se emplearán barreras no franqueables de 0,300 m.

9.3.5.2. Pistas

Como mencionado anteriormente, según la legislación vigente, la anchura mínima de las pistas de tránsito debe ser dos veces mayor que el ancho de la máquina más ancha empleada, en el caso de definición de un carril. El acceso al frente quedará restringido apenas a las maquinarias de trabajo, por lo tanto, utilizando como base los perfiles recogidos en la I.T.C 07.1.03 del RGNBSM, se definirá una pista de un carril, con barrera franqueable sin arcén de seguridad conforme puede observarse en la figura abajo.

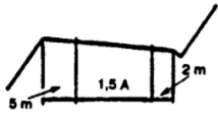
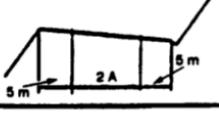
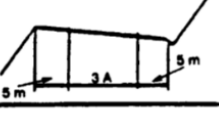
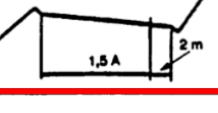
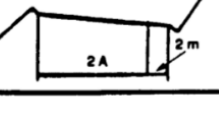
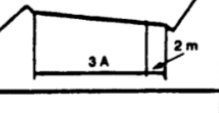
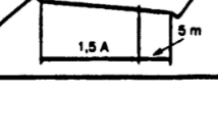
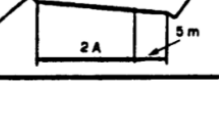
SECC Sección transversal de pistas		1 CARRIL		Dos carriles
		Tráfico normal	Tráfico intenso y pesado	
Sin barrera no franqueable	Sin arcén de seguridad			
	Con arcén de seguridad			
Con barrera no franqueable	Sin arcén de seguridad			
	Con arcén de seguridad			

Figura 62: Perfil seleccionado.

De esa manera, la anchura de la pista será calcula mediante la siguiente fórmula:

$$A_p = 2 \times a + 2 \quad (12)$$

Siendo:

a = Ancho de la máquina más ancha empleada, en ese caso, de la excavadora hidráulica.

Por lo tanto, la anchura mínima de la pista será:

$$A_p = 2 \times 2,99 + 2$$

$$A_p = 7,98 \text{ m}$$

Se adoptará una anchura mínima de 8 m.

9.3.5.3. Pendientes

Se adoptará una pendiente mínima de 3% necesaria para garantizar el transporte de agua de escorrentía hacia las cunetas. Las pendientes longitudinales tanto de las pistas como de los accesos no deberán sobrepasar el 10% o en algunos casos puntuales el 15%. Se adoptará una pendiente media del 3% teniendo siempre en cuenta los límites citados anteriormente.

En la imagen abajo se puede visualizar el perfil final.

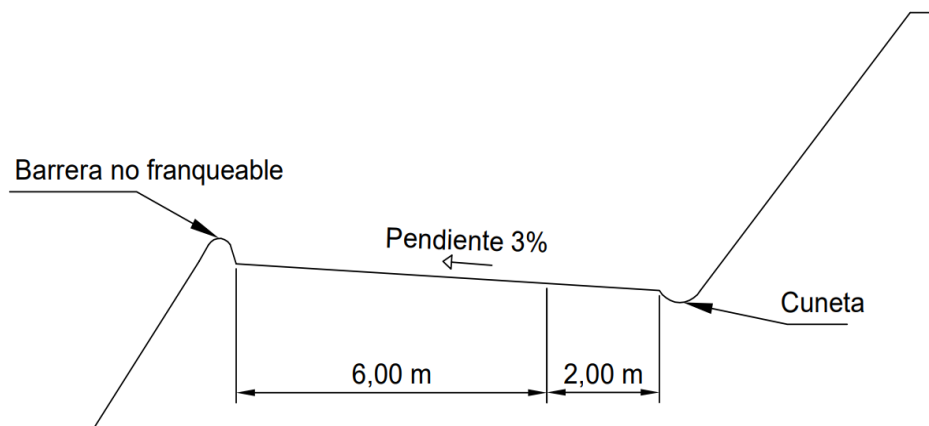


Figura 63: Perfil de las pistas.

9.3.5.4. Curvas

Las curvas deberán tener un radio mínimo que permitan que los vehículos realicen un giro con total seguridad sin la necesidad de realizar maniobras. Para eso, a la hora de dimensionar las curvas, con base en la I.T.C 07.1.03 del RGNBSM, se tendrá en cuenta un sobreebancho mínimo de seguridad calculado de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$S = \frac{I^2}{2R} \quad (13)$$

Donde: S = Sobreebancho de cada carril en metros

I = Longitud del vehículo que se va a utilizar

R = Radio de la curva en metros (en función del tipo de vehículo empleado)

El mayor radio de giro de maquinaria que se va a utilizar en las vías es el radio de giro de 8 m del camión basculante, por lo tanto, se empleará un radio mínimo admisible de 16 m. Sobredimensionando el cálculo se adoptará un rango de valores de radios comprendido entre 20 y 30 m, por lo tanto, se calculará el sobreebancho necesario para el valor mínimo y el máximo.

Para un radio mínimo de 20 m el sobreebancho será:

$$S = \frac{6,98^2 m}{2 \times 20 m}$$

$$S = 1,21 m$$

Para un radio mínimo de 30 m el sobreebancho será:

$$S = \frac{6,98^2 m}{2 \times 30 m}$$

$$S = 0,81 m$$

Se empleará un sobreebancho mínimo de 1,21 m.

9.3.5.5. Peralte

El peralte se aplica con la intención de contrarrestar la fuerza centrífuga originada en las curvas. Teniendo como base las relaciones recomendadas entre radio, peralte y velocidad dispuestas en la tabla abajo, se calculará el peralte necesario.

Radio (m)	12	25	50	75	100	150
Peralte máximo (%)	6,5	6	5,5	5	4,5	4
Velocidad (Km/h)	10	15	20	22	25	30

Tabla 19: Peraltes máximos.

Por lo tanto, conforme la siguiente tabla, en relación a los radios empleados, los peraltes máximos y las velocidades serán:

Radio (m)	16	20	30
Peralte máximo (%)	6,34	6,19	5,9
Velocidad (Km/h)	11,5	13,07	16

Tabla 20: Peraltes empleados.

9.3.5.6. Visibilidad

La zona no presenta cambios de rasante ni grandes altitudes, en la figura abajo se puede visualizar el perfil longitudinal de un trazado ejemplo.



Figura 64: Perfil longitudinal.

Aunque la zona tenga buenas condiciones de visibilidad y no presenta cambios bruscos de rasante se garantizará que la distancia de frenado de la maquinaria utilizada en las vías no sean superior a la distancia de visibilidad.

9.3.5.7. Conservación de las pistas

Según las normas 09 de las *Normas Reguladoras de Mineração*, en toda mina debe haber suficiente agua disponible con la finalidad de controlar la generación de polvo en los puestos de trabajo donde se realicen trabajos como carga, transporte y descarga. Las superficies de las máquinas, las plataformas de trabajo y los equipos deben ser humidificados de forma periódica con el objetivo de impedir el levantamiento de polvo en el ambiente de trabajo.

Por lo tanto, se realizarán riegos periódicos en los tiempos de sequía para garantizar las condiciones descritas anteriormente. El correcto mantenimiento de las pistas y accesos se garantizarán mediante una disposición interna de seguridad desde la fase inicial de diseño.

9.3.6. Diseño final

La explotación se va a desarrollar mediante el descenso de bancos desde la superficie inicial con una cota aproximada de 155 m.s.n.m hasta una profundidad de 30 m desde la superficie inicial, inicialmente el diseño inicial propuesto en este proyecto abarcará un área de aproximadamente 3,00 hectáreas representado solamente una parte de la zona mineralizada. Una vez que se consiga el desarrollo del diseño propuesto se seguirá avanzando la explotación, principalmente, hacia las direcciones suroeste, sureste y nordeste.

9.3.7. Saneamiento de los bancos

Se llevarán a cabo los correctos trabajos de inspección y mantenimientos garantizando la subsanación de los bancos.

9.4. RESUMEN DEL MÉTODO DE TRABAJO

La profundidad de explotación fijada inicialmente será de 30 metros que se alcanzarán con un banqueo descendente con un total de 6 bancos de 5 metros de altura, según la información obtenida sobre la mineralización superficial de la zona, que deberá ser confirmada una vez que se realice la campaña de sondeos de investigación.

De acuerdo con todas las características descritas anteriormente, queda definido el siguiente método de trabajo.

9.4.1. Arranque y carga

Se mantiene el proceso de arranque y carga del material mediante el uso de las excavadoras hidráulicas.

9.4.2. Transporte del material

Una vez que el material es cargado sobre el camión se procederá el desplazamiento hasta la planta de tratamiento donde se efectuará la descarga. La distancia del transporte quedará definida por la ubicación del frente de explotación que se esté trabajando, pudiendo ser de uno más frentes. Una vez descargado, el camión volverá al frente de explotación y se repetirá el ciclo.

9.4.2. Secuencia de explotación y recuperación del área

El objetivo es realizar la explotación obteniendo una producción mínima de 23.000 m³ por mes de material arrancado y procesado por la planta. El desarrollo de la explotación se hará, inicialmente, por banqueo hasta una profundidad de 30 m, al alcanzar el objetivo se procederá al aumento del área superficial y se repetirá el proceso. Una vez finalizadas las labores de explotación, se realizará la recuperación del área. Las labores de recuperación estarán condicionadas con las investigaciones geológicas realizadas y la modelización completa del yacimiento.

10. PROPUESTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO

Como ya se ha mencionado anteriormente, el proceso de tratamiento utilizado por la empresa para la obtención de la casiterita se basa en la combinación de separadores gravimétricos y magnéticos comúnmente utilizados en explotaciones de la región. Las velocidades de flujos, alimentación y caudales no son controladas por lo que no se conoce el rendimiento real de la planta de tratamiento. Se estima que la cantidad de recuperación de partículas gruesas de hasta 0,5 mm es alta, mientras que, se tiene una gran pérdida de minerales en los materiales más finos, es decir, menores de 0,5 mm. Por lo tanto, la propuesta del presente proyecto se centrará en rediseñar y optimizar la planta de tratamiento con la finalidad de conseguir un mejor aprovechamiento de las partículas más finas, de esa manera, también se podrá procesar los antiguos estériles puesto que contienen significativas concentraciones de estos materiales finos enriquecidos.

Para la realización de la propuesta de la nueva planta se ha basado principalmente en los procesos utilizados por las empresas mineras de la zona y teniendo en cuenta el tipo de maquinaria existente y disponible en la región, así como en referencias bibliográficas de diferentes plantas de tratamiento de casiterita.

Es importante resaltar que gran parte de las plantas de tratamiento de la región se desarrollan por tentativa y error, por lo tanto, la planta diseñada en este proyecto tiene carácter conceptual, se necesita y se recomienda en futuros proyectos un estudio práctico detallado de cada proceso, maquinaria utilizada en la planta, caudales, granulometría y concentraciones obtenidas con la finalidad de comprobar su efectividad.

10.1. UBICACIÓN DE LA PLANTA

La propuesta de la ubicación de la planta de tratamiento consiste en un área que se encuentra a aproximadamente 2 km al este del frente de explotación actual. Al definirse una planta fija, se ha elegido esta ubicación por el hecho de estar entre la región de la balsa de captación y la balsa de estériles ya que la planta exigirá un caudal abundante y constante de agua. En la imagen se puede visualizar la ubicación propuesta.



Figura 65: Ubicación de la planta de tratamiento.

10.2. DIAGRAMA DE FLUJO

La planta se dividirá en una etapa de concentración por vía húmeda y otra por vía seca. La etapa húmeda se dividirá en un circuito de concentración de materiales finos menores de 0,5 mm y un circuito de concentración de granulometrías gruesas mayores de 0,5 mm. En la imagen se puede visualizar el diagrama de flujo propuesto:

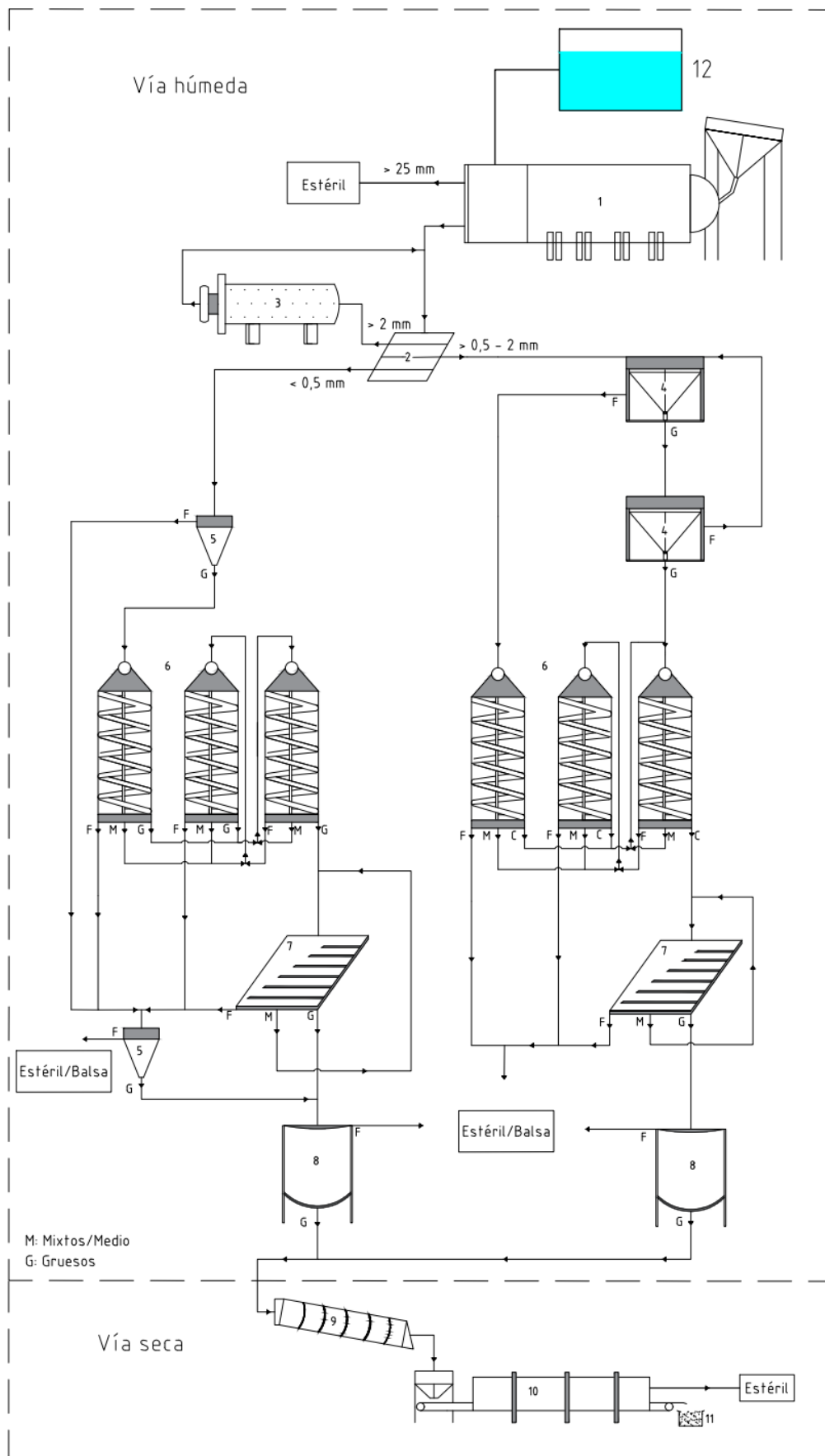


Figura 66: Diagrama de flujo de la planta de tratamiento.

Se utilizan las abreviaciones F, M y G para los materiales finos, medios y gruesos respectivamente, Esa denominación no se refiere solamente a la granulometría obtenida, sino que también a la densidad del material según sean menos densos, mixtos o más densos.

10.3. PROCESO DE LA PLANTA

El proceso se divide en:

- 1) Recepción, lavado y clasificación del todo uno.
 - a. *Rotary scrubber*
 - b. Criba vibratoria
 - c. Molino de bolas
- 2) Concentración gravimétrica
 - a. Jigs
 - b. Hidrociclones
 - c. Espirales
 - d. Mesas vibratorias
 - e. Concentradores Falcon
- 3) Secado del pre concentrado
 - a. Horno rotativo
- 4) Separación magnética
 - a. Separador magnético de alta intensidad

El material extraído (todo uno) alimentará la planta a través del *rotary scrubber* (1), donde se procederá a la mezcla del material con agua formando una pulpa y lavando el material de manera que toda granulometría mayor que 25 mm será directamente rechazada. El material pasará a una criba vibratoria (2) que va a realizar la clasificación del material en tres granulometrías distintas, una mayor de 2 mm, una con un rango entre 0,5 y 2 mm y otra de materiales con granulometrías menores que 0,5 mm. El material mayor de 2 mm pasará al molino de bolas (3) en circuito cerrado de manera que el producto obtenido volverá a la criba.

El rango de material entre 0,5 y 2,00 mm pasará al circuito de los jigs (4). El material pasará por el primer jig de manera que el preconcentrado grueso pasará al siguiente jig y la pulpa fina pasará al circuito de espirales (6). Los finos de la criba alimentan el hidrociclón del que se obtiene un concentrado fino (Vortex Finder), mientras que los mixtos y gruesos (Apex) pasarán al siguiente circuito de espirales. El concentrado obtenido el segundo jig pasará al circuito de espirales (6) y la pulpa fina volverá al primer jig. Los materiales finos obtenidos del circuito de espirales serán rechazados. El material grueso pasará a la mesa vibratoria (7) de manera que los finos serán rechazados en el circuito junto con los rechazos anteriores. El material mixto volverá a ser procesado por la mesa y el material grueso procederá al concentrador Falcon (8). El concentrador Falcon realizará la última concentración del material en vía húmeda, la pulpa fina será producto de rechazo y el grueso obtenido procederá a la planta vía seca.

Los materiales con granulometrías menores de 0,5 mm de la criba pasarán por un hidrociclón de lavado (5), el *overflow* pasará a un siguiente hidrociclón de manera que el *overflow* será directamente rechazado y el *underflow* pasará al concentrador Falcon (8). El *underflow* del primer hidrociclón procederá al circuito de espirales, el material fino de obtenido en la primera espiral se juntará con el *overflow* del primer hidrociclón. Los materiales mixtos y gruesos obtenidos de la primera espiral seguirán por el circuito de espirales, el material fino de la segunda espiral se juntará al *overflow* del primer hidrociclón mientras que el material grueso pasará a la mesa vibratoria (7). El fino obtenido de la mesa vibratoria pasará al segundo hidrociclón, el material mixto volverá a ser procesado por la mesa y el material grueso procederá al concentrador Falcon (8). La pulpa fina del concentrador Falcon rechazada mientras que el concentrado procederá a la concentración vía seca.

Los concentrados serán secados en horno rotativo (9) y procederán al concentrador magnético de alta intensidad (10) donde se obtendrá el estéril y el concentrado final (11).

10.4. MAQUINÁRIA UTILIZADA

Las maquinas propuestas serán en gran parte fabricadas en la región.

A principio, se ha justificado el caudal inicial procesado por el *rotary scrubber* y la criba vibratoria de acuerdo con la producción esperada de 23.000 m³, después del cribado, al no tenerse información sobre los caudales o granulometrías resultantes de cada proceso se hizo una estimación de las cantidades de cada máquina y capacidad requerida.

10.4.1. Rotary Scrubber

Esta máquina cuenta básicamente con dos sistemas, el depurador de tambor rotativo responsable de lavar el material mientras que la pantalla de tamices lo clasifica de acuerdo con la granulometría.

Una de las grandes ventajas de utilizar esta máquina en la explotación en cuestión es que permite la sustitución del laborioso arranque mediante monitores hidráulicos. Las capacidades de la maquina y las características de las mallas de los tamices pueden ser personalizadas y adecuadas de acuerdo con las necesidades de la empresa, además de contar con una tolva de alimentación. En la figura abajo se puede visualizar un ejemplo de dicha maquina perteneciente a la empresa *JXSC Mine Machinery Factory*.

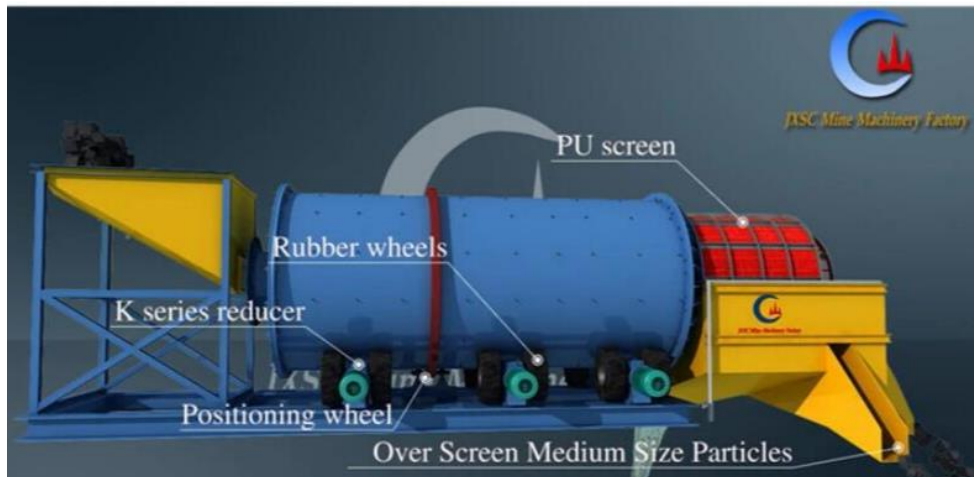


Figura 67; Rotary Scrubber.

Algunas de las ventajas de esa maquina son:

- Revestimiento interno resistente al desgaste
- Buen efecto de lavado y tamizado del material en diferentes tamaños
- Varias capacidades de trabajo que pueden ser ajustadas de acuerdo con las necesidades requeridas en la planta de tratamiento, llegando a capacidades de hasta 250 t/h
- Bajo costo de operación y fácil mantenimiento
- Las características técnicas básicas que se pueden personalizar son:
 - Longitud y diámetro del tambor
 - Composición del material del revestimiento interno pudiendo ser de goma, acero inoxidable y etc.
 - Malla de separación y cantidades de malla
- Opción entre motores a diésel o eléctricos.

Como se ha mencionado anteriormente, las características técnicas de la máquina pueden ser personalizadas y adaptadas a la necesidad de la producción de la empresa. Se ha elegido el modelo JXSC-900 como ejemplo, para ajustarse a la producción requerida se necesitarían al menos tres unidades de dicho equipo, en la tabla siguiente se describen las características técnicas de la máquina.

Descripción	Valor	Unidad
Tamaño de separación	≤ 25	mm
Velocidad de rotación	27,6	r.p.m.
Ángulo de inclinación	≤ 10	Grados
Capacidad de alimentación	50	t/h

Tabla 21: Características del rotary scrubber.

Para reducir el número de máquinas, se puede solicitar al fabricante un equipo de mayor capacidad, con el objetivo de reducir el número a 2 equipos.

10.4.2. Criba vibratoria

La criba vibratoria empleada se utilizará para separar el material procedente del *rotary scrubber* y del molino de bolas de acuerdo con los siguientes rangos de tamaño:

- 1) de 0,5 hasta 2 mm;
- 2) Menores de 0,5 mm;
- 3) Mayores de 0,5 mm;

Para calcular la capacidad requerida se utiliza la siguiente ecuación:

$$P = 1,4 \times \frac{\rho_s}{\gamma} \times a^{0,6} \quad (14)$$

Donde: ρ_s = peso específico del material

γ = Proporción de granos

a = Apertura de la malla (mm)

Por lo tanto, se tiene que:

- 1) de 0,5 hasta 2 mm;

$$P = 1,4 \times \frac{7,01}{0,30} \times 2^{0,6}$$

$$P = 50,22 \text{ tn/h}$$

- 2) Menores de 0,5 mm;

$$P = 1,4 \times \frac{7,01}{0,30} \times 0,5^{0,6}$$

$$P = 21,58 \text{ tn/h}$$

La criba elegida es el modelo GTVS-44-1007R de la empresa 911 *Metallurgist Process Equipment*, muy utilizada para la separación de materiales finos en vía húmeda siendo muy efectiva en la separación de materiales de diferentes densidades. La potencia de la máquina y el rango de tamaño de las mallas puede ser adaptada de acuerdo con la necesidad de producción de la empresa. Pueden componerse de hasta cinco plataformas de cribado dispuestas una encima de la otra, el distribuidor de flujo en las plataformas de cribado proyecta el flujo uniforme en toda la superficie de la malla.

En la figura abajo se puede visualizar un ejemplo de dicha máquina.



Figura 68: Criba vibratoria.

Las características técnicas del equipo son:

Descripción	Valor	Unidad
Frecuencia de vibración	1500	rpm
Capacidad máxima de separación	6	mm
Capacidad máxima de producción	150	t/h
Potencia del motor	4,5	kW
Dimensiones	5.019 x1.510 x3.530	mm

Tabla 22: Características de la criba vibratoria.

Como se puede visualizar, el equipo cubre la producción esperada por lo que se necesitará una unidad.

10.4.3. Molino de bolas

El molino tiene por finalidad conseguir la disminución de los tamaños de granulometrías mayores de 2 mm para ser posteriormente procesado en la planta.

La producción esperada para esa granulometría es muy baja debido a las características del material, por lo tanto, se estima que el modelo de molino elegido cubre las necesidades de producción requerida.

El modelo de equipo elegido es el molino de bolas MQG2430 con descarga por parillas de la empresa *Prominer Mining Technology*, las parrillas permiten la descarga del material molido a través de las ranuras existentes y evitan el desgaste de la cabeza del molino. En la figura abajo se puede visualizar un ejemplo de dicho equipo.



Figura 69: Molino de bolas.

Las características técnicas del equipo son:

Descripción	Valor	Unidad
Dimensiones	2.100x3.600	mm
Volumen	11	m ³
Carga de bolas	25	t
Rotación	250	r.p.m
Granulometría obtenida	0,074-0,3	mm
Capacidad	7.5-38	t/h

Tabla 23: Características del molino de bolas.

Se estima una unidad de la maquina cubriría la producción requerida en esa etapa.

10.4.4. Separación gravimétrica

Uno de los métodos de concentración más empleados en minería y el más indicado para la recuperación de la casiterita es el gravimétrico debido a su sencillez de operación y bajos costos, además de la no contaminación con productos químicos.

De acuerdo con Taggart (1945), el criterio de concentración (CC) mediante la separación de los minerales vía procesos gravimétricos en función de las partículas existentes, se puede calcular mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{(\rho a - \rho f)}{(\rho b - \rho f)} \quad (15)$$

Donde:

ρa = Densidad del mineral más denso;

ρb = Densidad del mineral menos denso;

ρf = Densidad del fluido de separación;

En ese caso, se utilizará la densidad de la casiterita (7,1 g/cm³) como el mineral más denso y la densidad de la ilmenita, 4,5 g/cm³, de manera que se obtiene el siguiente resultado.

$$CC = \frac{(7,1 \frac{g}{cm^3} - 1 \frac{g}{cm^3})}{(4,5 \frac{g}{cm^3} - 1 \frac{g}{cm^3})}$$

$$CC = 1,74$$

En la tabla abajo se demuestra la relación entre el criterio de concentración CC y la facilidad de realizarse la separación gravimétrica:

CC	Significado
> 2,5	Concentración eficiente
2,5 – 1,75	Concentración eficiente
1,75 – 1,50	Concentración eficiente, pero difícil
1-50 – 1,20	Concentración eficiente hasta 6mm, pero difícil

Tabla 24: Criterio de concentración.

Se considera, por lo tanto, que en ese caso la concentración gravimétrica es eficiente.

10.4.4.1. Jigs

El jig consiste en una máquina de separación hidráulica a través de repetidas elevaciones y caídas verticales (pulsaciones) de un lecho de partículas a través del movimiento pulsante del agua, ese proceso resulta en la separación de las partículas en camadas o estratos de densidades crecientes, desde arriba hacia la base. En la figura se puede visualizar el proceso de estratificación generado.

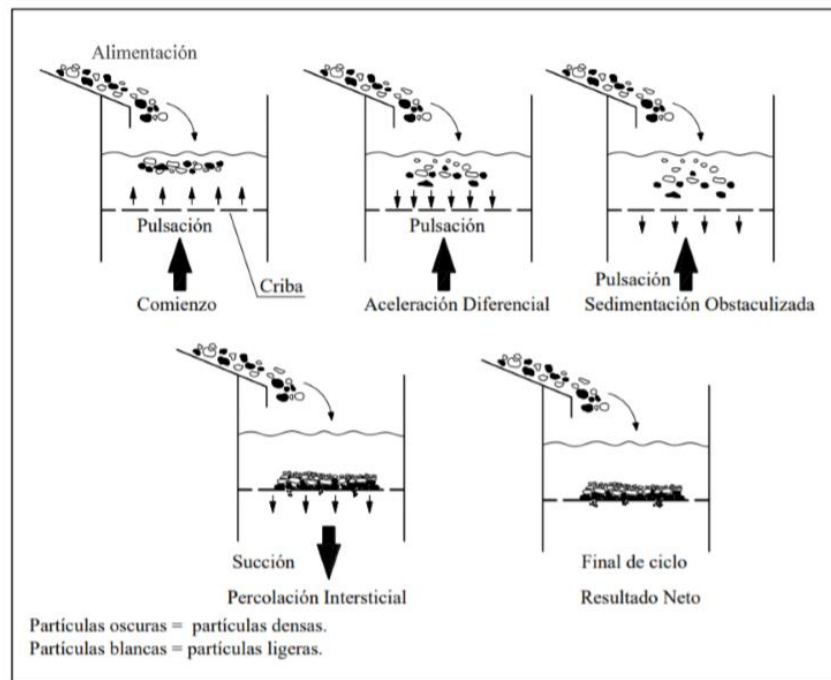


Figura 70; Funcionamiento de los jigs.

Ese proceso se considera efectivo para separar minerales liberados con tamaños de grano relativamente gruesos, desde 1 hasta 20 mm. La granulometría del material entrante en el proceso de concentración mediante jigs será mayor de 0,5 mm, el objetivo del primer jig es separar al máximo las partículas mixtas mientras que el segundo tiene el objetivo de producir el concentrado que pasará a las espirales. Para eso, se ha elegido el modelo JT0.57-1 de la empresa *JXSC Mine Machinery Factory*, en la imagen abajo se puede visualizar un ejemplo de dicho equipo.



Figura 71: Modelo del jig.

Las características técnicas del equipo son:

Descripción	Valor	Unidad
Área de la cámara	0,57	m ²
Dimensiones	1.560x820x1.550	mm
Peso del equipo	612	Kg
Tamaño máximo de alimentación	6	mm
Capacidad	2,5	t/h
Potencia del motor	1,5	kW

Tabla 25: Características técnicas del jig.

Debido al hecho de que la planta está dividida en dos circuitos, todos los equipos posteriores a la criba recibirán cantidades de pulpa distintas de acuerdo con la granulometría procesada. Por eso, será de extrema importancia un estudio práctico en planta piloto con muestras reales de la mina para el correcto dimensionamiento de la planta.

10.4.4.2. Hidrociclones

Este equipo de separación gravimétrica consiste básicamente por un cilindro unido a un fondo cónico. La alimentación se realiza por la parte cilíndrica obteniéndose unos finos

por la parte superior (over Flow, vortex Finder) y unos hundidos por la parte inferior cónica (under Flow, ápex).

La alimentación tangencial genera una fuerza centrífuga que provoca el movimiento de las partículas más gruesas hacia el la pared interna del equipo generando una trayectoria helicoidal hacia la parte inferior y obteniendo el underflow.

Ese movimiento produce un vórtice de manera que la pulpa con partículas menos densas sube al compartimiento superior obteniendo el overflow. En la imagen abajo se puede visualizar un ejemplo del proceso.

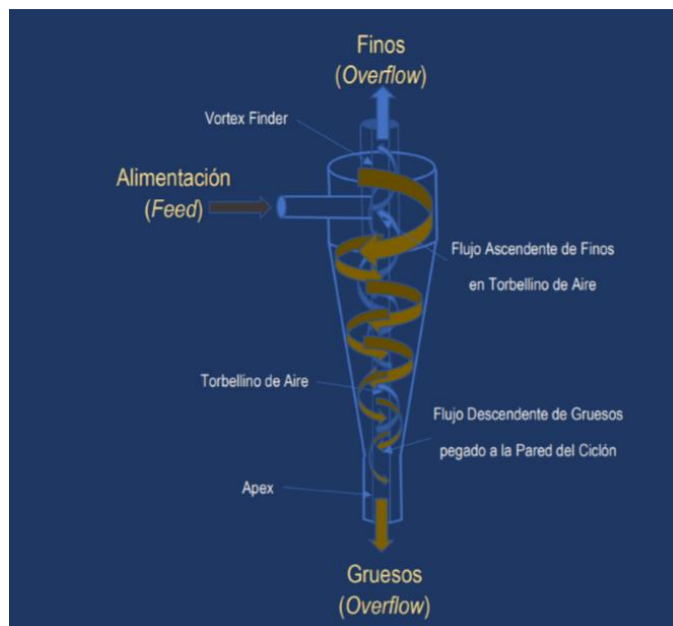


Figura 72: Ejemplo de funcionamiento del hidrociclón.

El modelo elegido es el MHC 250 de la empresa *Metso Corporation* que engloba el rango de tamaño procesado en el circuito fino, conforme se puede visualizar en la tabla abajo.

Descripción	Valor	Unidad
Diámetro del cuerpo del ciclón	250	mm
Altura del ciclón	1491	mm
Peso	125	Kg
Presión de trabajo	35 – 205	kPa
Capacidad máxima	120	m ³ /h
Rango de separación	125 – 500	µm

Tabla 26: Características técnicas del hidrociclón.

Se necesitarían dos unidades para el circuito fino. En la figura abajo se puede ver un ejemplo de dicho equipo.



Figura 73: Ejemplar del hidrociclón.

10.4.4.3. Espirales

En esto equipo, la pulpa fluye a través de un canal semicircular en forma de espiral donde las partículas son sometidas a la fuerza centrífuga, las partículas de menor densidad tienden a moverse hacia el borde de la canaleta, mientras que las partículas más gruesas se concentran en el centro de la espiral. En la zona intermedia puede obtenerse un rango de tamaño mixtos que no se han terminado de separar pero que pueden ser separadas circuitos con más de una espiral, en la figura abajo se puede ver el ejemplo del proceso de separación del equipo.

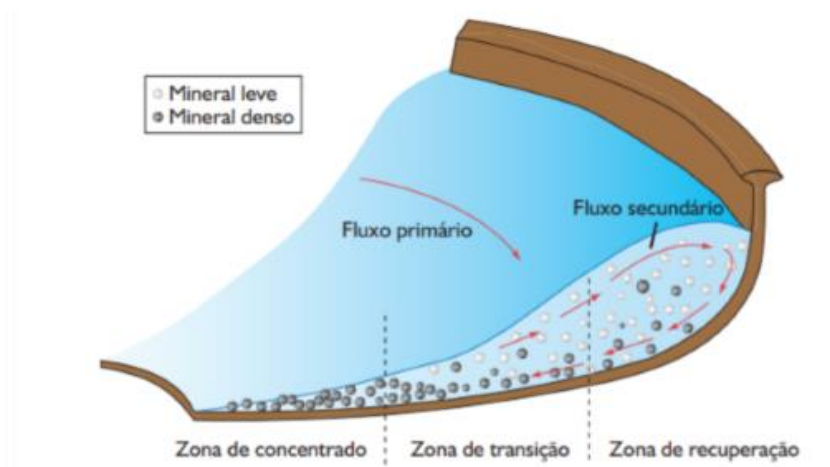


Figura 74: Separación en las espirales.

Teniendo en cuenta la densidad de la casiterita y la densidad del mineral menos denso, que en este caso es la ilmenita se puede estimar el grado de éxito de la concentración mediante espirales utilizando la siguiente fórmula:

$$\Delta\rho = \frac{\rho_{particula\ pesada}}{\rho_{partícula\ ligera}} \quad (16)$$

Donde:

$\Delta\rho$ = Diferencia de densidad;

ρ = densidad relativa de la partícula;

Por lo tanto, se tiene el siguiente resultado:

$$\Delta\rho = \frac{7,1 \frac{g}{cm^3}}{4,5 \frac{g}{cm^3}}$$

$$\Delta\rho = 1,57$$

De acuerdo con la siguiente tabla se puede visualizar el grado de éxito de la separación en función del resultado.

Resultado	Grado de separación
2.0	Excelente
1.5	Buena
1.1	Pobre

Tabla 27: Clasificación del grado de separación.

Se considera por lo tanto que el grado de separación para las densidades en cuestión es bueno.

10.4.4.3.1. Espirales del circuito fino

El modelo elegido que se ha elegido y que se ajusta a las necesidades requeridas ha sido el concentrador de espiral tipo F de la empresa *Prominer Mining Technology*, con las siguientes características técnicas.

Descripción	Valor	Unidad
Capacidad máxima de alimentación	3	t/h
Tamaño de partículas de alimentación	0.03 – 2	mm
Número de vueltas	5-12	-
Diámetro	680	mm

Tabla 28: Características técnicas de las espirales de circuito fino.

En la figura abajo se puede visualizar un ejemplo de dicho equipo.

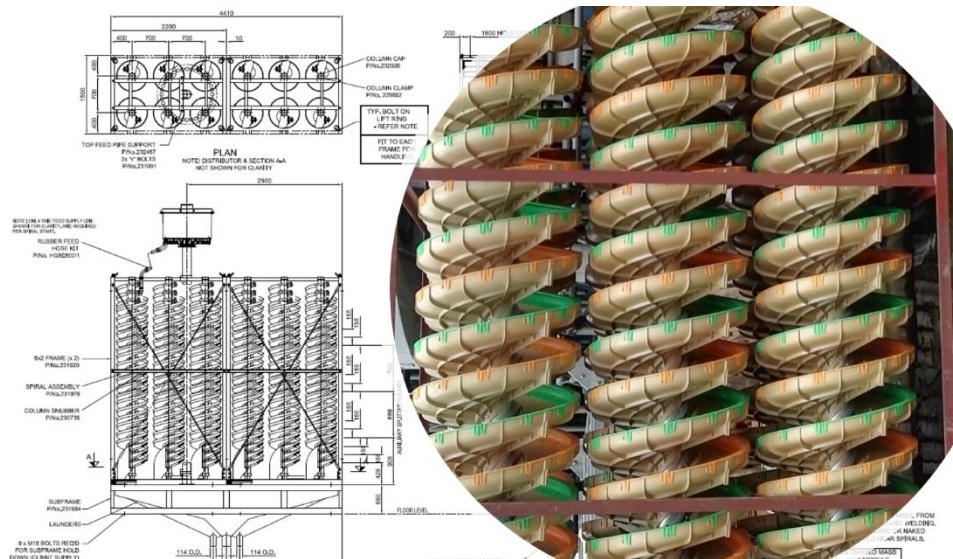


Figura 75: Espirales de circuito fino,

Se estima la necesidad de un circuito de al menos 16 unidades de espirales.

10.4.4.3.2. Espirales del circuito grueso

El modelo elegido que se ajusta a las necesidades requeridas ha sido el concentrador espiral SLL-2000 de Yees Mining Equipment, que tiene las siguientes características técnicas:

Descripción	Valor	Unidad
Capacidad máxima de alimentación	40	T/h
Tamaño de partículas de alimentación	0.04 – 4	mm
Dimensiones	2.300x6.500x6.500	mm
Peso	1100	Kg

Tabla 29: Características de las espirales de circuito grueso.

En la figura abajo se puede visualizar un ejemplo de dicho equipo.



Figura 76: Espirales del circuito grueso.

Se estima la necesidad mínima de tres unidades de dicha espiral.

10.4.4.4. Mesa vibratoria

El principio de funcionamiento de esta máquina se basa en la aplicación de un movimiento diferencial donde un flujo de agua transversal sobre la mesa provoca la estratificación de las partículas formando capas en forma de abanico. En la figura 77 se puede visualizar un ejemplo de distribución de las partículas sobre la máquina.

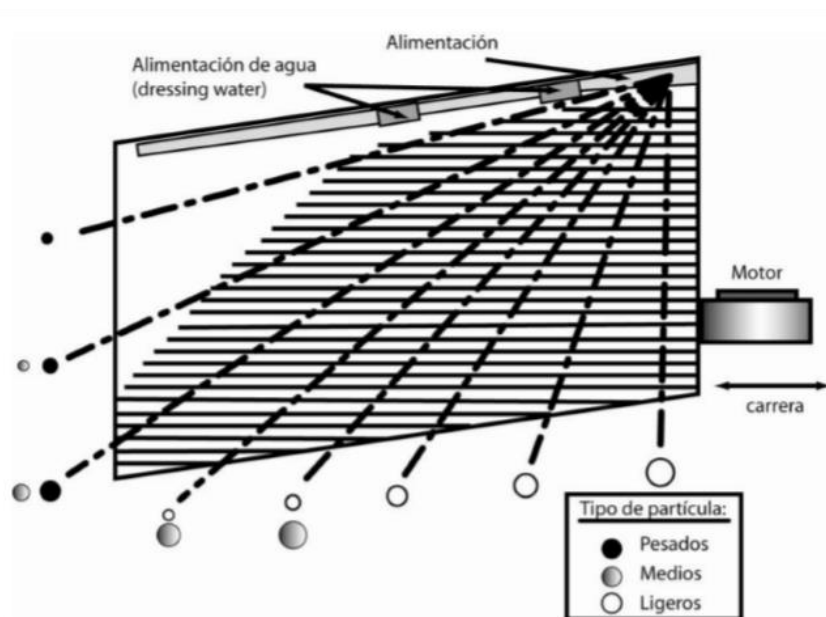


Figura 77: Ejemplo de la separación en una mesa vibratoria.

Uno de los principales factores que influyen en el rendimiento de este tipo de máquina es el tipo de alimentación que se realiza. Para una alimentación de partículas finas se recomienda una menor alimentación y caudal, mayor velocidad y golpes más cortos e incluso una mesa con rifles (listoncillos) más bajos. Para una alimentación con partículas más gruesas se recomienda una mayor alimentación y caudal, menor velocidad, golpes más largos e incluso una mesa con rifles más altos. Todos estos parámetros serán llevados en consideración a la hora de regular la alimentación de la mesa.

10.4.4.1. Mesa vibratoria del circuito grueso

Para el circuito de partículas gruesas se ha elegido un modelo que se ajusta a las características requeridas, el modelo pertenece a la empresa *JCXX Mining Machinery* conforme se puede visualizar en la figura abajo.



Figura 78: Mesa vibratoria del circuito grueso.

Las características técnicas del equipo son:

Descripción	Valor	Unidad
Dimensiones	6.000x1.820x1.560	Mm
Peso	750	Kg
Capacidad máxima	1	t/h
Caudal de agua requerido	1	t/h
Tamaño máximo de alimentación	5	Mm

Tabla 30: Características técnicas de la mesa vibratoria del circuito grueso.

Se estima la necesidad de al menos 20 unidades de dicha mesa vibratoria.

10.4.4.2. Mesa vibratoria del circuito fino

Para el circuito de partículas finas se ha elegido un modelo que se ajusta a las características requeridas, el modelo pertenece a la empresa *Yuxiang Heavy Machinery* conforme se puede visualizar en la figura abajo.

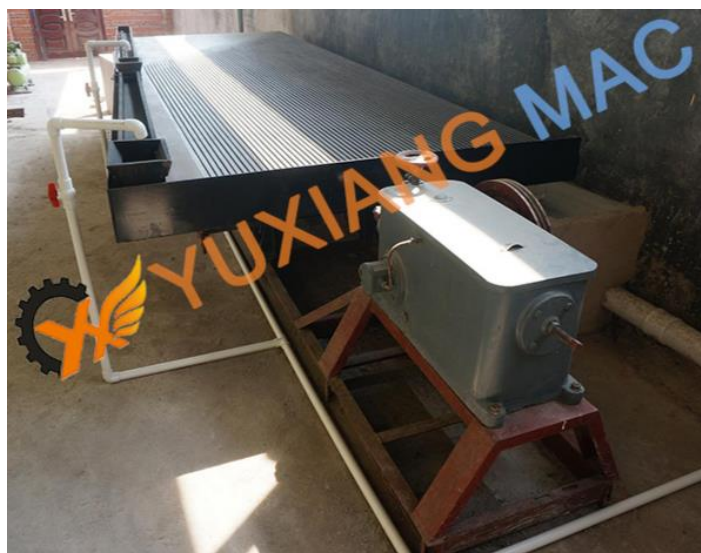


Figura 79: Ejemplar de la mesa vibratoria del circuito fino.

Las características técnicas del equipo son:

Descripción	Valor	Unidad
Dimensiones	4.450x1.855x1.546	mm
Capacidad máxima	1	t/h
Tamaño máximo de alimentación	0, 5	mm
Potencia	1,1	kW

Tabla 31: Características técnicas de la mesa vibratoria del circuito fino.

Se estima la necesidad de al menos veinte unidades de dicha mesa vibratoria.

10.4.4.5. Concentradores Falcon

En esta etapa se utilizarán concentradores centrífugos del tipo Falcon tanto en el circuito fino como en el grueso. Esta máquina posee una cámara cilíndrica-cónica que, debido a su rotación, genera una fuerza centrífuga que puede llegar a ser trescientas veces mayor que la fuerza de la gravedad, de esa manera, la pulpa introducida por la parte superior del equipo hace que las partículas más densas sean empujadas hacia la pared exterior del equipo mientras que las partículas menos densas fluyen por la parte superior del rotor. En la imagen abajo se puede ver un ejemplo que representa el equipo.



Figura 80: Ejemplo del concentrador Falcon

10.4.4.5.1. Concentrador Falcon del circuito fino

Para el circuito de partículas finas se ha elegido el modelo L40 de la empresa *Sepro Mineral Systems Corporation* con características tales que se ajustan a las necesidades requeridas. Las características técnicas son:

Descripción	Valor	Unidad
Dimensiones	490x310x510	mm
Capacidad máxima de alimentación	2,3	m ³ /h
Área de la superficie de concentración	0,03	m ²
Potencia	0,5	kW
Peso	35	Kg
Presión de abastecimiento	0,3	Mpa
Tamaño máximo de partículas recomendado	1	mm
Tamaño máximo de partículas	1,5	mm

Tabla 32: Características técnicas del concentrador de circuito fino.

Se estima la necesidad de al menos veinte unidades del equipo.

10.4.4.5.2. Concentrador Falcon del circuito grueso

Para el circuito de partículas gruesas se ha elegido el modelo SB750 de la misma empresa mencionada en el apartado anterior, con características tales que se ajustan a las necesidades requeridas. Las características técnicas son:

Descripción	Valor	Unidad
Dimensiones	1.710x1.440x1.500	mm
Capacidad máxima de alimentación	100	m ³ /h
Área de la superficie de concentración	0,46	m ²
Potencia	10	kW
Peso	1.250	Kg

Presión de abastecimiento	0,3	Mpa
Tamaño máximo de partículas recomendado	2	mm
Tamaño máximo de partículas	4	mm

Tabla 33: Características técnicas del concentrador del circuito grueso.

Se estima que la maquinaria cubrirá con holgura la capacidad requerida.

10.4.5. Horno rotativo

El horno se utilizará para secar el concentrado final de la planta húmeda. El horno será fabricado de acuerdo con las necesidades requeridas. Se ha elegido como ejemplo el modelo TOST-20 de la empresa *Emision*, las características técnicas son:

Descripción	Valor	Unidad
Longitud del cilindro	250	cm
Potencia	1.000	Kcal/h
Diámetro interior	60	cm
Capacidad de producción	300	l/h

Tabla 34: Características del horno rotativo.

En la figura abajo se puede visualizar un ejemplo del horno mencionado.



Figura 81: Ejemplar de un horno rotativo.

10.4.6. Separador magnético

Este es el último proceso de concentración de la planta, tiene por objetivo separar al máximo los minerales ferromagnéticos, magnéticos y débilmente magnéticos del producto obtenido de la planta, con la finalidad de obtener un concentrado final con una mayor concentración de casiterita. Como concentrado final, se estima la obtención de una concentración mayor del 75% de casiterita.

Para este proceso se ha elegido un concentrador magnético que engloba las características requeridas y que pertenece a la empresa *Inbras-Eriez Equipamentos*

Magnéticos e Vibratórios. La empresa dispone de un laboratorio de investigación que analiza con muestras reales el material que se desea separar, determinando el equipo que mejor se ajusta a las características requeridas.

El modelo preelegido es separador magnético HCB de alta densidad que trabaja en vía seca con una intensidad magnética de hasta 15.000 gauss siendo ampliamente utilizado en operaciones de beneficiamiento de casiterita que requieren una mayor concentración del producto final. El equipo puede trabajar con una granulometría de hasta 0,02 mm y puede ser fabricado con hasta 3 polos (datos definidos en los análisis de laboratorio) además de un polo auxiliar que tiene por objetivo eliminar posibles impurezas antes de que el material proceda a los polos principales.

El equipo consta de un pre alimentador y una cinta de transporte que conduce el mineral y puede llegar hasta 24” siendo el factor determinante que va a condicionar la capacidad de producción del equipo. En la figura se puede ver un ejemplo de dicha máquina.



Figura 82: Separador magnético.

10.4.7. Almacenamiento

El almacenamiento del concentrado se hará en bags dentro de la nave de almacenamiento de la empresa.

10.5. VERTIDO DE LOS ESTÉRILES

El proceso de concentración y los materiales procesados no contienen sustancias químicas o contaminantes, por lo que los estériles se clasifican como no contaminantes. El vertido de la pulpa de estériles se realizará directamente sobre los diques de estériles

ya existentes en la mina previamente acondicionados para el vertido y preparados para dicho proceso. Las partículas presentes en el agua se decantarán de manera que el agua será reutilizada en el proceso de tratamiento de la planta.

10.6. SUMINISTRO DE AGUA

El agua que se va a utilizar en la planta proviene de la balsa de agua ya existente en la explotación y se obtendrá mediante bombeo. La explotación cuenta con la facilidad de almacenamiento de agua de escorrentía, durante el período de lluvia, favorecida por las características topográficas de la región que permite el almacenamiento de dicha agua en toda la zona señalada en rojo en la imagen abajo.



Figura 83; Zonas de inundación.

En época de sequía se cierran los diques en la zona propuesta para la instalación de la planta de tratamiento, si bien la región dispone de agua durante todo el año. En la imagen siguiente se puede visualizar el perfil de elevación del trazado correspondiente a las zonas de captación del agua, donde se indica la diferencia de cotas favoreciendo la concentración del agua en la cota más baja donde se encuentra la planta de tratamiento.



Figura 84: Perfil de elevación de la zona.

Todas las bombas utilizadas en la explotación son de motores a diésel y se ofertan en oficinas locales, deberá tener una capacidad mínima de 110 m³/h para cubrir las necesidades requeridas de la planta de tratamiento. Como ejemplo, se ha elegido un modelo de bomba a diésel que se asemeja a los modelos utilizados en la explotación conforme se puede visualizar en la imagen abajo.

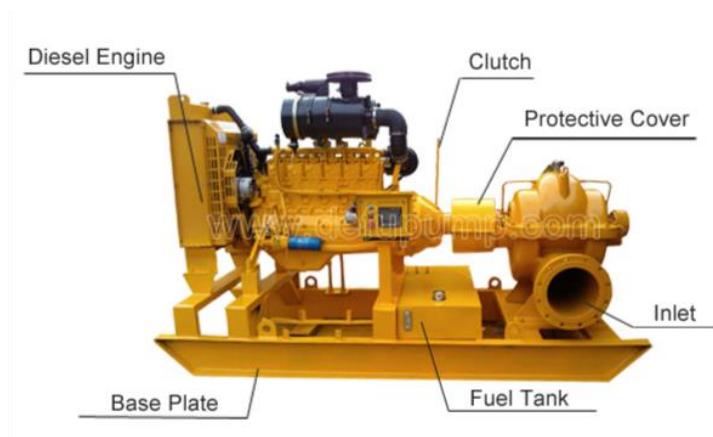


Figura 85: Ejemplo de la bomba elegida.

La bomba pertenece a la empresa *Whenzou Defu Máquinas*, las características técnicas son:

Descripción	Valor	Unidad
Modelo	D/DF/DY/MD series	-
Capacidad máxima de flujo	850	m ³ /h
Potencia	1.600	kW
Combustible	Diésel	-

Tabla 35: Característica de la bomba.

11. CAMPAÑA DE SONDEOS DE INVESTIGACIÓN

Previamente a la planificación de esta campaña de sondeos, la empresa ha realizado labores de investigación de prospección geoquímica y geofísica que han definido la zona de interés. Los sondeos propuestos van a afianzar las conclusiones obtenidas por la empresa en las prospecciones anteriores y posiblemente determinar la profundidad de la explotación.

Con la realización de la campaña de sondeos de investigación se pretende por un lado confirmar la continuación del yacimiento secundario (placer estannífero) en el área contigua al actual frente de explotación y por otro tratar de cortar algún filón mineralizado en gneis de base. Con la información se modelizará el yacimiento de acuerdo con los datos obtenidos en profundidad.

Con eso también se pretende centrar la dirección de avance de la explotación y definir áreas de interés, dado que en el permiso de explotación posee un largo historial de pequeñas exploraciones irregulares que indican la existencia de casiterita.

11.1. PROPUESTA DE CAMPAÑA

Se propone la realización la campaña mediante el sistema de perforación a rotación con recuperación de testigo, que permite la toma de muestras en profundidad. Este sistema se basa en la perforación mediante la utilización de una herramienta de corte de forma anular que contiene diamantes industriales (corona de diamantes) que es dispuesta en el extremo de la sarta de perforación. Esta herramienta de corte con diamantes permite la penetración en la roca obteniendo el testigo de forma cilíndrica que se aloja en el interior de la sarta conforme el avance de la perforación. En la figura abajo se puede visualizar un ejemplo del sistema.

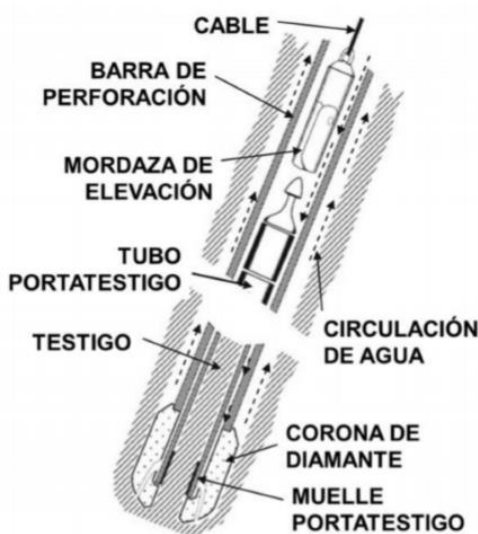


Figura 86: Ejemplo de la sarta con corona de diamantes.

11.1.1. Sistema empleado

Se procederá a la perforación rotativa con extracción de testigo utilizando el sistema *wireline* que se caracteriza por posibilitar la obtención de testigos continuos sin la necesidad de maniobrar el varillaje generando paradas de tiempo. En este sistema se utiliza el portatestigo doble giratorio y una tubería de revestimiento como varillaje donde se desplaza el tubo que se encuentra alojado el testigo.

Consta también de un dispositivo de “pesca” en forma de pinza para la recuperación del conjunto. Una vez en el exterior, la barra del conjunto puede desmontarse longitudinalmente de manera que en el caso de materiales alterados permite un buen manejo de los testigos. Una de las grandes ventajas de este sistema es que permite recoger las muestras sin retirar el equipo y las barras sirven como revestimiento.

En este sistema se pueden utilizar distintos tipos de fluidos, en este caso se utilizará agua en circuito cerrado, de manera que saldrá a la superficie pasando por la balsa o depósito y volviendo a ser introducido en el sondeo. Algunas de las funciones del fluido en ese proceso de perforación son:

- Refrigerar la cabeza de corte (elemento cortante)
- Evacuación del detritus formado en la perforación
- Fornece estabilidad a las paredes
- Lubricación de la barra de perforación

11.1.2. Empresa a contratar

El proyecto de perforación se llevará a cabo por una empresa especializada de la región que ha realizado trabajos anteriores en la zona donde se encuentra la explotación. Un ejemplo de una empresa que realiza el tipo de perforación mencionado es la *Servitec Foraco Sondagem SA.* y que dispone del equipo de perforación adecuado para dicho trabajo, el servicio se realizará de acuerdo con el padrón de las dimensiones del *Diamond Core Drill Manufacturers Association.*

11.1.3. Maquinaria utilizada

Existen varios tipos de maquinarias disponibles que realizan ese tipo de perforación, como la perforadora Boyles C5/C5C que posee un diseño compacto y potente, de esa manera, el equipo es de fácil transporte y permite un buen funcionamiento en ubicaciones remotas y entornos operativos con poca infraestructura. En la imagen abajo se puede ver un ejemplo de dicha máquina.



Figura 87: Ejemplar de la perforadora Boyles.

Algunas de las características de la maquina son:

- Mástil en tres secciones
- Bomba de llenado de aceite hidráulico y sistema de filtración
- Motor a diésel
- Panel de control
- Cuatro gatos de nivelación manual
- Mástil - elevación hidráulica

En la figura 88 se puede visualizar las características de los modelos mencionados.

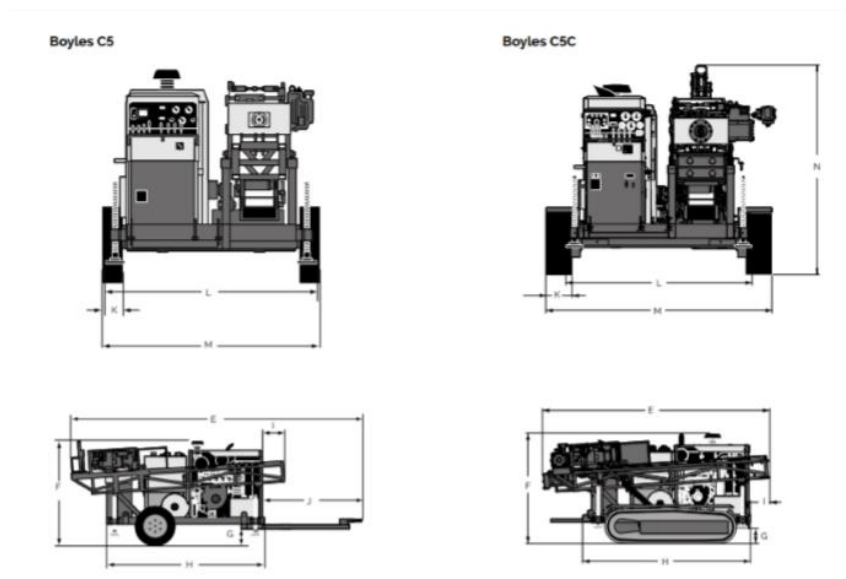


Figura 88: Características dimensionales de la perforadora.

Las dimensiones son:

Descripción	C5	C5C	Unidad
E	6.073	4.513	mm
F	2.138	2.146	mm
G	330	287	mm
H	3.202	3.331	mm
I	417	387	mm
J	1.947	-	mm
K	220	300	mm
L	2.160	2.134	mm
M	2.200	2.594	mm
N	-	2.356	mm
Peso de la máquina	5.700	8.100	Kg

Tabla 36: Características de la perforadora.

Estos modelos pueden trabajar con ángulo de perforación de 90° o 45° conforme se puede visualizar en la imagen abajo.

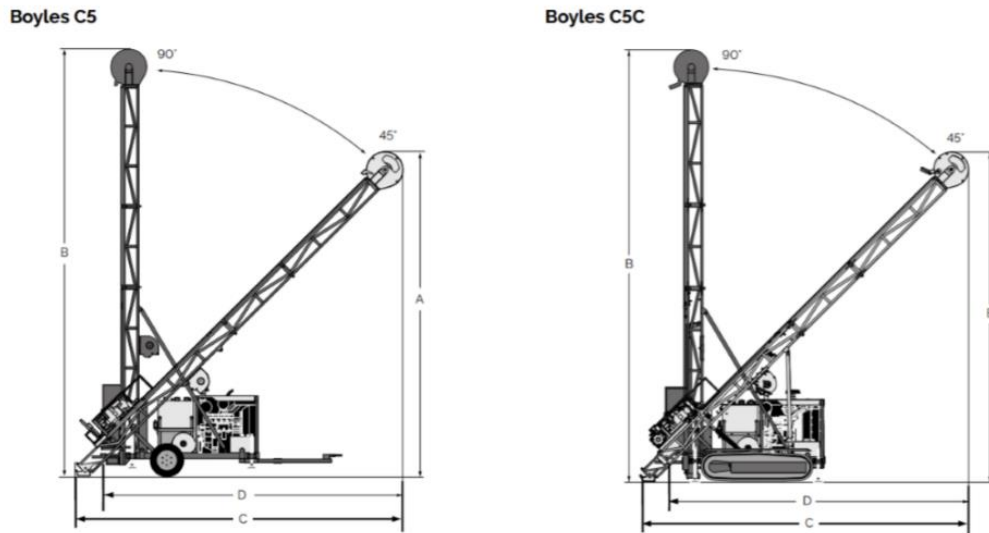


Figura 89: Ángulo de trabajo de la perforadora.

Las características de trabajo son:

Descripción	C5	C5C	Unidad
A (45°)	7.719	7.726	mm
B (90°)	10.112	12.119	mm
C (45°)	7.612	7.599	mm
D (90°)	6.073	4.513	mm

11.1.4. Ubicación de los sondeos

En este proyecto se propone inicialmente la realización de tres sondeos verticales (90°) con profundidad mínima de 70 m cada uno, el diámetro será el estandarizado HQ hasta que las condiciones de la roca pasen a requerir la disminución del diámetro, pasando a la perforación con diámetro NQ.

De acuerdo con los resultados obtenidos en esa primera etapa, si se obtienen importantes indicios, se procederá a la realización de una segunda campaña de investigación. En la imagen siguiente se indica la ubicación de los puntos donde se van a realizar los sondeos.

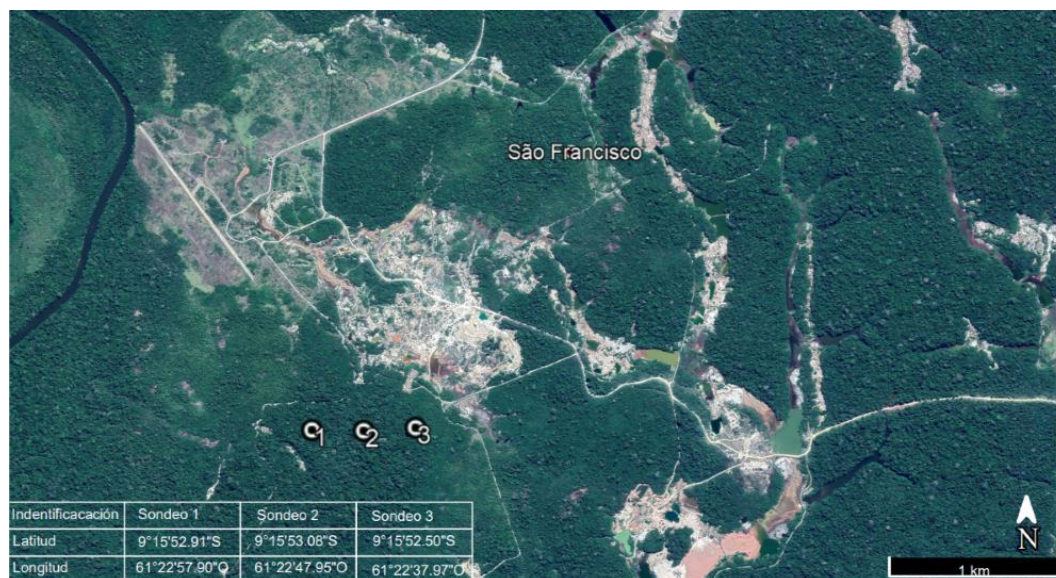


Figura 90: Coordenadas de los puntos de perforación.

Las respectivas coordenadas son:

Identificación	Sondeo 1	Sondeo 2	Sondeo 3
Latitud	9°15'52.91" S	9°15'53.08" S	9°15'52.50" S
Longitud	61°22'57.90" O	61°22'47.95" S	61°22'37.97" O

Tabla 37: Coordenadas de los sondeos.

Los diámetros de los testigos serán:

- HQ: Ø 63,50 mm
- NQ: Ø 47,60 mm

Se espera que los resultados de la investigación propuesta ofrezcan indicios relevantes para determinación de la continuidad del yacimiento.

11.1.5. Perfil estratigráfico

De acuerdo con el análisis de la geología de la mina y según la investigación y prospección realizada previamente se espera obtener el siguiente corte estratigráfico:

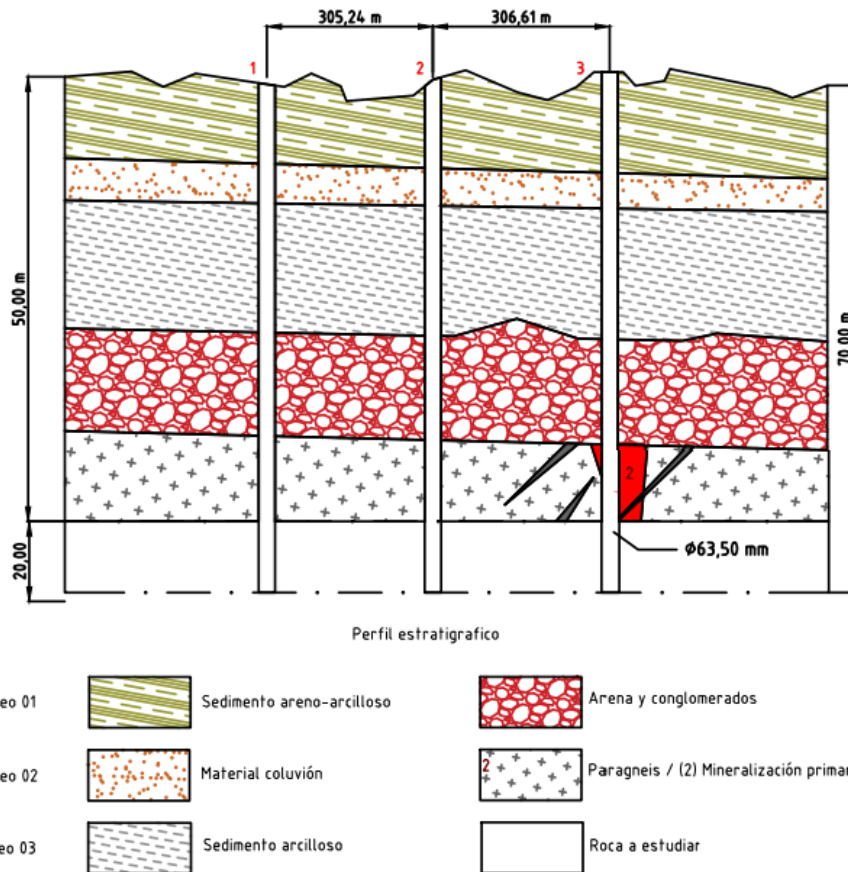


Figura 91: Posible perfil estratigráfico.

De acuerdo con lo que se puede observar en la zona de la explotación y de acuerdo con la figura anterior, los sedimentos areno-arcillosos presentan coloración amarillenta. El material coluvionar es el que se encuentra diseminada la casiterita que es explotada en la mina.

Los sedimentos arcillosos son característicos por su coloración rojiza donde también se puede encontrar casiterita. Ya los sedimentos conglomeráticos son de origen aluvionar y poseen estratificación desde el muro con materiales de mayor granulometría hacia el techo con materiales de menor granulometría. La capa contiene mineralización diseminada de casiterita.

La penúltima capa, o parte de ella, que se tiene constancia hasta los 50 m de profundidad se compone se trata de un paragneis encajante que puede presentarse cortada por anfibolios y venas de cuarzo. Esta es de extrema importancia debido a la presencia de las mineralizaciones primarias de casiterita.

A partir de los 50 m de profundidad se pretende estimar con mayor precisión el espesor de dicha capa mencionada anteriormente o en su caso determinar la formación hasta dicha profundidad.

El corte observado es una estimación de acuerdo con las investigaciones realizadas en la explotación y de lo que se puede perforar, las anchuras de las capas podrán sufrir significativas variaciones de acuerdo con el área que se perfora.

El corte observado es una estimación de lo que se estima perforar, la potencia de las capas podrá sufrir significativas variaciones de acuerdo con el área que se perfora.

11.1.6. Medidas empleadas en la perforación

Para la realización de la campaña de sondeos de investigación se realizará una serie de medidas tales como:

- Decapado de la vegetación cercana a las áreas definidas para los accesos y plazas de la perforación
- Construcción de accesos que posibiliten la entrada de los equipos en el área de la perforación que deberán tener, como mínimo, de 5 m de anchura con la intención de que el equipo de perforación pueda transitar en el área con la debida seguridad
- Apertura de una plaza de sondeo mínima de 300 m² con el terreno debidamente nivelado
- Garantizar el drenaje del agua pudiendo ser mediante excavaciones en zanja

Una vez que se concluya la perforación se procederá a las siguientes medidas:

- Retirado de los equipos del área de la perforación
- Cierre de la boca del sondeo y colocación de una protección de hormigón con la debida señalización para su identificación
- Recuperación del terreno

11.1.7. Equipo técnico

Tanto la empresa responsable por la realización de los sondeos cuanto la empresa responsable por la explotación cuenta con un equipo con suficiente experiencia y solvencia técnica para realizar y acompañar la ejecución de la investigación propuesta.

11.1.8. Informe final de sondeo

Se trata de un documento básico que recoge el resumen de todas las actividades desarrolladas con la perforación y los respectivos resultados obtenidos. El informe final de la obra de ejecución de los sondeos deberá tener como obligatoriedad:

- Informe geológico;
 - Características generales de la zona como estratigrafía e litología por ejemplo y perfiles geológicos
 - Previsión geológica del sondeo
 - Programa general del sondeo
 - Terrenos que puedan ser atravesados con la respectiva descripción litológica

- Estudio de interpretación
- Ensayos y desarrollos realizados
- Interpretación general del sondeo y correlaciones
- Informe de ejecución o perforación
 - Identificación
 - Propietario
 - Localización
 - Empresa operadora
 - Dirección técnica y contratista
 - Máquina de perforación
 - Perfil final del sondeo
 - Diámetros y profundidad
 - Datos de la perforación
 - Consumos y cuadro de rendimientos
 - Gráfico final de resumen del sondeo

12. Cierre de la mina

El cierre de la mina es un proceso de suma importancia en el planeamiento de la misma. Como mencionado anteriormente, la vida útil de la mina es estimada en seis años, a partir de eso, la estructura de la mina, del sistema operaciones y los diversos equipos serán retirados del área de manera gradual garantizando que las operaciones se realicen con seguridad. Una vez que se haya realizado dicho proceso se procederá a la recuperación ambiental del área y del entorno de la explotación.

ANEXOS

**ANEXO N°1: PLAN DE RESTAURACIÓN DE IMPACTOS
AMBIENTALES**

ANEXOS	108
ANEXO N°1: PLAN DE RESTAURACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES	109
1. Plan de restauración.....	111
1.1. Antecedentes	111
2. ADECUACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO	111
2.1. REMODELACIÓN DEL TERRENO	111
2.2. ÁREA DE RESTAURACIÓN	112
2.3. ADECUACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO.....	112
2.4. RESTAURACIÓN DE LA CAPA VEGETAL	112
2.4.1. Selección de las especies.....	113
2.4.2. Plantación	115
2.4.3. Acompañamiento de la plantación	115

1. Plan de restauración

De acuerdo con la resolución *CONAMA N° 001 de 23 de Janeiro de 1986*, a través del *Conselho Nacional do Meio Ambiente -IBAMA*, resuelve que toda empresa minera deberá elaborar un estudio de impacto ambiental de los impactos generados en la explotación.

1.1. Antecedentes

El presente proyecto de plan de restauración se redacta con la finalidad de definir los trabajos de restauración y medidas correctoras de los impactos ambientales generados en el área de la explotación de la mina de *Sao Francisco* ubicada en el término municipal de *Colniza, en Mato Grosso, Brasil*, de manera a minimizar los efectos producidos en el entorno.

Las actividades antrópicas realizadas asociadas a la degradación ambiental se refieren a la supresión de la capa vegetal, intervención sobre el flujo superficial de drenaje, la apertura de vías y accesos, el tránsito de maquinarias pesadas y la excavación de la mina y acopios.

El proceso de recuperación ambiental garantizará los siguientes factores:

- Una vez que se haya finalizado el proceso de explotación el área de recuperación deberá tener el mismo tipo de ocupación que existía anteriormente.
- El proceso de recuperación se va a desarrollar una vez que se haya explotado todas las reservas.
- Se aplicarán los trabajos necesarios para la mantenimiento y estabilidad del terreno mediante obras de drenaje, por ejemplo.
- Todo el material estéril se utilizará como relleno del área explotada.

Las principales características abordadas en este proyecto serán:

- Identificar los impactos ambientales generados por la explotación;
- Fijar las labores de recuperación de:
 - Restauración del suelo y de la cubierta vegetal.
 - Restauración de la fauna y flora.
 - Recuperación paisajística del área.

2. ADECUACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

2.1. REMODELACIÓN DEL TERRENO

En la fase final de la explotación se procederá a la realización de labores de restauración de los huecos generados por la explotación.

Inicialmente se procederá a la retirada de la maquinaria existente en la explotación y la planta de tratamiento bien como la demolición de las obras civiles existentes. La restauración se va a realizar mediante el relleno de los huecos con los estériles generados durante la fase de explotación buscando la suavización del talud final con una pendiente máxima 1:1 y una cuota que facilitará la recuperación de la capa vegetal del terreno. Si se procede a la formación de una topografía irregular, se procederá a una propuesta de creación de una laguna con dicha topografía con la intención de aumentar el drenaje superficial del agua proporcionado un nuevo nicho ambiental y aumentando la biodiversidad.

Después del proceso de relleno y estabilización geotécnica se procederá a la regularización de los drenajes fundamentales para la prevención de los procesos erosivos, a partir de eso se podrá proceder a la disposición del suelo orgánico sobre el área.

La maquinaria empleada en ese proceso de recuperación será la misma utilizada en la fase de explotación.

2.2. ÁREA DE RESTAURACIÓN

El plan de restauración abarcará toda el área explotada de la mina, inicialmente estimada en 500 ha, entretanto este valor puede sufrir alteración de acuerdo con la conclusión de las investigaciones geológicas realizadas en las áreas contiguas a la que actualmente se está desarrollando el frente de explotación ya que ofrece la posibilidad de seguirse explotando en otras áreas.

2.3. ADECUACIÓN DE LA SUPERFICIE DEL TERRENO

Durante el proceso de la explotación se realizará la supresión de la capa vegetal del terreno que debe ser removido y almacenado en una zona específica para que pueda ser reutilizado en el proceso de recuperación del área.

En el proceso de adecuación del suelo se va a realizar la implementación de la cubierta vegetal, inicialmente se procederá a la escarificación del suelos y posterior aplicación del suelo orgánico.

2.4. RESTAURACIÓN DE LA CAPA VEGETAL

La revegetación de la zona tiene como objetivo recrear al máximo posible el ecosistema natural existente en la región y mejorando la calidad del entorno explotado mediante la plantación de especies autóctonas.

Se pretende la realizar la aplicación de una camada de restos vegetales sobre el área con la finalidad de crear una superficie fértil adecuada para la correcta recuperación

ambiental. Después de la disposición del suelo orgánico se pretenderá una nueva escarificación del terreno con la intención de facilitar la infiltración del agua de escorrentía. Es importante que la superficie sea nivelada evitando depresiones y acúmulos incorrectos de aguas superficiales, además de necesitar una cierta compactación con tractores agrícolas de cadena evitando erosiones laminares.

El suelo orgánico se dispondrá en una camada de aproximadamente 20 cm de espesor pudiendo variar hasta los 30 cm. Una vez realizado ese proceso, se procederá a la plantación de semillas de vegetación autóctona.

2.4.1. Selección de las especies

Como se ha mencionado anteriormente las especies seleccionadas deberán ser autóctonas para que se ajusten al medio natural. Se aprovechará de las características intrínsecas de la vegetación con alta y rápida capacidad natural de regeneración. El área de la explotación está inserida en el dominio denominado *Floresta Ombrófila*, para elección das especies se tendrá en cuenta las siguientes características índice:

- Arquitectura de copa favorable a la transmisión de luz al bosque
- Facilidad de crecimiento y enraizado en el suelo
- Velocidad de crecimiento
- Capacidad de enriquecer el ecosistema

Según *D. Lima, F. Matos, I. Amaral, J. Revilla, L.Coêlho, J.Ramos y J.Santos* las familias de especies arbóreas más representativas en la zona son:

Número	Familia
1	Anacardiaceae
2	Annonaceae
3	Burseraceae
4	Caesalpiniaceae
5	Chrysobalanaceae
6	Clusiaceae
7	Elaeocarpaceae
8	Euphorbiaceae
9	Fabaceae
10	Humiriaceae
11	Lauraceae
12	Lecythidaceae
13	Mimosaceae
14	Moraceae
15	Myristicaceae
16	Myrtaceae
17	Nyctaginaceae
18	Olacaceae
19	Rubiaceae
20	Sapotaceae
21	Sterculiaceae

Tabla 38; Principales familias de especies encontradas en la región.

A continuación, se disponen de especies comunes encontradas en la zona y seleccionadas para el proceso de revegetación. La compra de las unidades será proveniente de un vivero certificado.

- ***Jacaranda Copaia (Pará-Pará)***: Se trata de un árbol muy indicada para procesos de reforestación debido a su velocidad de crecimiento. Puede sobrepasar los 20 m de altura con más de 30 cm de diámetro de una madera leve que no es utilizada para la fabricación de muebles por lo que no es objetivo de la retirada ilegal de madera en la región. Debido a su altura, las semillas son dispersas por el viento auxiliando la propagación de la misma. El fuste no presenta muchas ramas, pero puede incluir varios rebrotes desde la base. En la figura abajo se puede visualizar un ejemplar de dicho árbol.
- ***Tabebuia Impetiginosa (Ipê-roxo)***: Este es un árbol de crecimiento rápido, posee una madera de excelente calidad, siendo dura y muy pesada y de coloración

acastañada. Es muy común el uso de este árbol para la ornamentación urbana. En cuanto la altura, puede sobrepasar los 12 metros

- ***Hymenaea courbaril (Jatobá)***: Árbol de tamaño comprendido entre 15 a 30 m. La madera es roja y muy resistente. Se caracteriza por una germinación lenta con un buen desarrollo.
- ***Anacardium Giganteum (Cajuaçu)***: Se caracteriza por ser un árbol de gran porte y una copa muy densa, su altura puede sobrepasar los 40 m llegando a tener más de 1 m de diámetro. Posee de un fruto bastante apreciado por los animales de la región.
- ***Carapa Guianensis (Andiroba)***: Árbol de gran tamaño que sobrepasa los 25 m de altura con una copa densa y es encontrada en toda región amazónica. La polinización es hecha por los animales que se alimentan de los frutos del árbol ayudando en la propagación de la misma. El aceite de las semillas es comercializado como producto medicinal siendo uno de los más vendidos en la región amazónica. La madera es de muy alta calidad y muy pesada.
- ***Bagassa Guianensis (Tatajuba)***: Árbol de gran tamaño que puede atngir 50 m de altura, la madera de color amarillo se caracteriza por su alta calidad siendo muy resistente a ataques de hongos, por ejemplo.
- ***Manikara Huberi (Maçaranduba)***: Árbol de gran tamaño que puede atngir 50 m de altura siendo muy típica en la región amazónica. Se caracteriza por las grandes hojas y la coloración amarillenta, posee una madera muy resistente, dura y pesada.

2.4.2. Plantación

El diseño de la plantación se hará según el esquema tresbolillo alternando las especies seleccionadas. El sistema se mantendrá en toda la superficie de recuperación. El proceso de plantación se va a realizar de manera manual.

2.4.3. Acompañamiento de la plantación

Se realizará un acompañamiento periódico del área reforestada garantizando el perfecto estado y mantenimiento de la misma. No se realizarán labores de riego debido a las características de la zona ofreciendo un ambiente natural propicio para el crecimiento de la vegetación. Igualmente, no se procederá a labores de fertilización del suelo.

ANEXO N° 2: SEGURIDAD Y SALUD

ANEXO N° 2: SEGURIDAD Y SALUD	116
1. OBJETIVO	118
2. RESPONSABILIDADES DEL PROMOTOR.....	118
2.1. Responsabilidad de los trabajadores.....	120
3. EVALUACIÓN DE RIESGOS	120
4. TRABAJOS PREVENTIVOS.....	121
4.1. CIRCULACIÓN Y TRANSPORTE DE PERSONAS Y MATERIALES ...	121
4.2. SUPERFICIES DE TRABAJO	122
4.3. MÁQUINAS, EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSTALACIONES.....	122
4.4. ESTABILIDAD DE LOS MACIZOS	123
4.5. PROTECCIONES CONTRA EL POLVO	124
4.6. SEÑALIZACIÓN	124
4.7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	125
4.8. PLANTA DE TRATAMIENTO	126
4.9. DISPOSICIÓN DE ESTÉRILES.....	126
4.10. ILUMINACIÓN.....	127
4.11. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Y EXPLOSIONES	127
4.12. PROTECCION CONTRA INUNDACIONES	127
4.13. OPERACIONES DE EMERGENCIA.....	128
4.14. PARALIZACIÓN Y REINICIO DE LAS ACTIVIDADES	128
4.15. INFORMACIÓN, CALIFICACIÓN Y ENTRENAMIENTO	129
4.16. PROTECCIONES INDIVIDUALES	129
4.17. PROTECCIONES COLECTIVAS	130
4.18. RECONOCIMIENTO MÉDICO	130
4.19. PROTECCIÓN CONTRA RUIDOS.....	130
4.19. ACCIONES GENERALES	131
5. COMISIÓN INTERNA DE PREVENCIÓN DE ACIDENTES.....	131
6. PROGRAMA DE GERENCIAMIENTO DE RIESGOS (PGR).....	132
7. PROGRAMA DE CONTROL MÉDICO DE SALUD OCUPACIONAL	133

1. OBJETIVO

El presente documento de seguridad y salud se redacta con la finalidad de definir una política de protección a la salud de los trabajadores de la mina de *Sao Francisco* de manera de prevenir todos los tipos de riesgos derivados de sus trabajos.

La concesión se encuentra dentro del término municipal de *Colniza*, estado de *Mato Grosso*, en Brasil y cuenta con un total de 27 trabajadores.

El documento estará en conformidad con la *Norma Regulamentadora NR 22, de Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração*, que trata de los riesgos observados en la organización y en el ambiente de trabajo con la intención de compatibilizar el planeamiento y el desarrollo de la actividad minera buscando siempre garantizar la seguridad y salud de sus trabajadores.

También se basará en la Norma Reguladora número 07 sobre el Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional PCMSO y en la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales siempre y cuando concuerde con la normativa brasileña vigente.

Se partió de la premisa de análisis los procedimientos de trabajo e identificación los respectivos riesgos asociados permitiendo la redacción de las propuestas de medidas preventivas y correctivas con la intención de garantizar lo dispuesto anteriormente.

Este documento deberá ser revisado siempre y cuando se realicen modificaciones en las labores, ampliaciones de la explotación o cambios en las plataformas y puestos de trabajo.

2. RESPONSABILIDADES DEL PROMOTOR

Es de obligatoriedad que el promotor y el responsable por la explotación garanticen el correcto cumplimiento de las normas anteriormente mencionadas informando siempre a los órganos fiscales.

La mina debe estar bajo la supervisión técnica de un profesional habilitado que cuente con la solvencia técnica necesaria para el puesto.

Además, la empresa debe ser responsable por las siguientes actividades:

- Paralizar todo y cualquier tipo de actividad que exponga los trabajadores a condiciones de riesgo grave e inminente a su salud y seguridad.
- Garantizar la paralización de las tareas, a propuesta de los trabajadores, en función de riesgo grave siempre que sea confirmado por el superior jerárquico que definirá las medidas correctivas que sean necesarias.

- Informar a las empresas contratadas sobre los potenciales riesgos en las áreas que van a desarrollar sus actividades, así como promover las condiciones necesarias para que estas empresas actúen en conformidad con las normas.
- Elaborar e implementar un programa de control médico y de salud ocupacional (PCMSO) conforme dispuesto en la norma Reguladora número 07 mencionada anteriormente.
- Elaborar e implementar un programa de gerenciamiento de riesgos (*PGR- Programa de Gerenciamiento de Riscos*) contemplando los requisitos mínimos como:
 - Potenciales riesgos físicos, químicos y biológicos
 - Protección respiratoria en caso de polvos
 - Investigación y análisis de los accidentes en el trabajo
 - Ergonomía y organización de los trabajos
 - Riesgos provenientes de los trabajos en altura
 - Riesgos provenientes de la utilización de energía eléctrica, equipos generales, vehículos leves y pesados y trabajos manuales
 - Equipos de protección individual de utilización obligatoria
 - Estabilidad de los taludes
 - Plan de emergencias
- Garantizar que los locales de trabajo sean construidos, equipados, utilizados y mantenidos de forma que reduzcan al mínimo los riesgos.
- Garantizar que los puestos de trabajo sean proyectados e instalados según los principios ergonómicos.
- Garantizar que las áreas operacionales tengan las entradas identificadas, los accesos y vías correctamente señalizadas.

En plan de gerenciamiento de riesgos (PGR) debe incluir las siguientes etapas:

- Anticipación e identificación de factores de riesgo
- Evaluación de los factores de riesgo y la exposición de los trabajadores
- Establecimiento de objetivos, metas y cronogramas
- Acompañamiento de las medidas correctivas implementadas
- Monitorización de la exposición a los factores de riesgo
- Evaluación periódica del programa

El PGR debe considerar cuales deben ser las medidas preventivas adoptadas de manera de minimizar la probabilidad de sobrepasar los límites de las exposiciones a riesgos implementando principios de monitorizaciones periódicas de la exposición.

2.1. Responsabilidad de los trabajadores

Es de obligatoriedad de los trabajadores cumplir con los siguientes requisitos:

- Cuidar de su propia seguridad y salud bien como la de terceros que puedan ser afectados por sus acciones u omisiones en el trabajo colaborando con la empresa para el debido cumplimiento de las disposiciones reglamentadas y de las normas internas de seguridad y salud.
- Comunicar instantáneamente al superior jerárquico las situaciones que considere que supongan riesgo para su seguridad y salud.
- Es derecho de los trabajadores interrumpir sus trabajos siempre que constaten evidencias que representen riesgos graves e inminentes para su seguridad y salud para él como la de terceros comunicando instantáneamente el hecho al superior jerárquico que definirá las medidas correctivas.

3. EVALUACIÓN DE RIESGOS

De acuerdo con la evaluación de riesgos realizada, algunos de los principales riesgos identificados en la mina son:

- Riesgos de atropellos del personal
- Riesgos de colisiones de los vehículos
- Posibles vuelcos de los vehículos y máquinas pesadas
- Posibles aplastamientos
- Atrapamientos
- Golpes y cortes con distintos objetos
- Posibles desprendimientos
- Caídas de materiales
- Posibles hundimientos en la zona
- Proyecciones objetos
- Levantamiento de polvos
- Ruidos
- Vibraciones
- Posibles electrocuciones
- Posibles electrocuciones por agentes meteorológicos
- Accidentes generales de trabajo individual
- Riesgos ocasionados por las maquinarias eléctricas

4. TRABAJOS PREVENTIVOS

La evaluación de los riesgos en las superficies y puestos de trabajo así como los riesgos relacionados a los equipos de trabajo que pueden encontrarse en la explotación permite proceder a la realización y definición de las medidas preventivas y correctivas que ha de implementarse.

La evaluación abarca todos los puestos de trabajos y consecuentemente todos los trabajadores de la mina.

4.1. CIRCULACIÓN Y TRANSPORTE DE PERSONAS Y MATERIALES

Se establecerá un plano de tránsito donde se definirán las reglas de preferencias de movimiento y circulación con las distancias mínimas de seguridad entre las máquinas, los equipos y vehículos generales que sean compatibles con la seguridad de los trabajadores definiendo también las velocidades permitidas de acuerdo con las condiciones de las pistas, vías y accesos.

El acceso a la mina no será permitido por personas ajenas a la explotación, además, el acceso al frente de explotación solo será permitido a trabajadores de la misma así como el acceso a la planta de tratamiento que solo será permitido a operarios de la planta.

Solamente personas autorizadas y cualificadas deberán operar los equipos de transporte y materiales que deben llevar implementados dispositivos de bloqueo que impidan el accionamiento por personas que no sean autorizadas para realizar el respectivo trabajo.

Se garantizará el buen estado de conservación y funcionamiento de todas las características de las maquinarias de transporte tales como neumáticos, luces y etc. Se fijarán placas de capacidades y velocidades máximas permitidas en las operaciones en locales

Las pistas y accesos por donde se realizará el transporte deben estar señalizadas de forma visible tanto durante el día como la noche.

Los vehículos de pequeño porte que circulen por la mina deben llevar banderas de señalización y mantener las luces encendidas tanto durante el día como la noche para facilitar la visualización del mismo por los operadores de las máquinas de grande porte.

Durante el periodo de sequía, las vías serán humidificadas para disminuir la generación de polvo.

El proceso de transporte de los trabajadores en las áreas de la mina debe ser realizado en vehículo adecuados para el transporte de personas atendiendo a las siguientes características:

- Condiciones seguras de tráfico
- Asiento con respaldo
- Cinturón de seguridad

El transporte de personas junto con materiales solo será permitido en cantidades compatibles con la seguridad del personal, siempre y cuando estén dispuestos de manera segura en un compartimiento adecuado, cerrado y fijado de manera de no posibilitar posibles lesiones en los trabajadores.

En cuanto las vías de circulación de peatones deben estar señalizadas, sin impedimentos, protegidas y mantenidas en buenas condiciones de seguridad.

4.2. SUPERFICIES DE TRABAJO

En los puestos de trabajo a altura superior a dos metros o donde el piso de trabajo no tenga la seguridad necesaria, se dispondrán plataformas móviles con un piso mínimo de un metro de anchura con un rodapié veinte centímetros y altura de guarda-cuerpo.

Los trabajos en los acopios y pilas de estériles o material arrancado deben ser ejecutados de acuerdo con las normas de seguridad. Las superficies de trabajos deben ser mantenidas limpias y acondicionadas para el trabajo de los operarios, de igual manera, estarán debidamente drenadas para garantizar que el agua de escorrentía no provoque la creación de encharcamientos.

En los accesos a los locales de trabajo con inclinaciones mayores que veinte grados y menores que cincuenta grados se procederá a la instalación de un sistema de escaleras con las siguientes características:

- Fijada de manera segura
- Peldaños uniformes
- Espejos con altura entre dieciocho y veinte centímetro
- Distancia vertical máxima de tres metros y sesenta centímetros
- Deberá estar provista de guardacuerpo resistentes

4.3. MÁQUINAS, EQUIPOS, HERRAMIENTAS E INSTALACIONES

Todas las máquinas, equipos, instalaciones auxiliares y eléctricas estarán proyectadas, operadas y mantenidas de acuerdo con la normativa vigente y las instrucciones de los fabricantes.

Las máquinas y equipos estarán provistos de dispositivos de accionamiento de paradas de manera que:

- Pueda ser encendido o desligado por el operario en su respectiva posición de trabajo.

- No estará ubicada en zonas de riesgo de la máquina que pueda conllevar riesgos adicionales.
- Pueda ser accionado o desligado por otra persona en casos de emergencias.
- Ubicado de manera que no pueda ser accionado o desligado involuntariamente por el operador de manera accidental.

Las máquinas y sistemas de comando, una vez paralizados solo podrán volver a funcionar con una previa señalización sonora de advertencia. Las máquinas e equipamientos de gran porte dispondrán de señales sonoras que indiquen el inicio de su operación e inversión del sentido de desplazamiento. También tendrán señales sonoras de advertencia que indique la marcha atrás de la máquina.

Las máquinas y equipos que operan en locales con riesgo de caída de materiales tendrán una protección adecuada contra los impactos que puedan sufrir los trabajadores. De igual manera, todas las máquinas tendrán protecciones para los trabajadores contra la exposición al sol y lluvias.

Se protegerán todas las partes móviles de las máquinas y equipos que estén al alcance de los trabajadores y que puedan ofrecer riesgos adicionales. El mantenimiento y repostajes de los vehículos será realizada por trabajadores entrenados, especializados y dotados de la solvencia técnica para eso.

Todos los equipos y vehículos tendrán un registro con los siguientes factores:

- Características técnicas
- Periodicidad y resultado de las inspecciones y manutenciones
- Accidentes y anomalías
- Medidas correctivas adoptadas
- Indicación del técnico que ha realizado el trabajo.

En cuanto las operaciones con máquinas y equipos pesados se adoptarán las siguientes medidas:

- Aislamiento del área de actuación siendo permitido el acceso apenas mediante la autorización del responsable jerárquico.
- Antes de iniciar la partida del equipo el operador se certificará de que no haya ninguna persona en las inmediaciones de la máquina o en la zona de peligro.
- No será realizada operaciones en posiciones que comprometan la estabilidad.

4.4. ESTABILIDAD DE LOS MACIZOS

Todas las obras serán levantadas topográficamente en mapa, plantas y revistas que serán revisadas y actualizadas periódicamente por los profesionales habilitados. Las mediciones topográficas serán realizadas a cada seis meses. El promotor procederá a los siguientes procedimientos técnicos para controlar la estabilidad de los taludes:

- Monitorear el movimiento de los estratos

- Tratar de manera adecuada el techo y paredes de las zonas de trabajo y de circulación del personal
- Monitorear las bancadas y taludes
- Verificar el impacto sobre la estabilidad de áreas anteriormente exploradas
- Verificar la presencia de factores condicionantes de la estabilidad de los taludes, especialmente la presencia de agua

Si se identifica potenciales situaciones de inestabilidad de los taludes a través de evaluaciones geotécnicas, las actividades serán paralizadas inmediatamente y se procederá a la retirada de los trabajadores del área de riesgo procediendo a la implementación de medidas correctivas necesarias bajo la supervisión del personal calificado.

La reanudación de las actividades solo ocurrirá después de la adopción de las medidas correctoras.

4.5. PROTECCIONES CONTRA EL POLVO

El promotor realizará el monitoreo periódico de la exposición de los trabajadores en los locales de trabajo donde haya generación de polvo. Una vez que se sobrepasen los límites de tolerancia a la exposición de polvo serán adoptadas las medidas que reduzcan o eliminen los efectos sobre la salud de los trabajadores.

De esa manera la mina dispondrá del agua suficiente en condiciones de uso con la finalidad de controlar la generación de polvo en los puestos de trabajo. De igual manera, las superficies de las máquinas y de las instalaciones, los pisos de trabajo y de los locales de tránsito de personas y equipos serán periódicamente humidificados en época de sequía impidiendo la dispersión de polvo.

4.6. SEÑALIZACIÓN

Las vías de circulación y accesos estarán debidamente señalizadas de la manera adecuada garantizando la seguridad de los trabajadores. Queda terminantemente prohibido fumar en las áreas de trabajo o en otros medios que produzcan calor o riesgo de incendios. De esa manera, los trabajos que produzcan calor o llamas solo serán realizados adoptando los procedimientos especiales y mediante la liberación del ingeniero responsable.

Todos los dispositivos de señalización serán mantenidos en perfecto estado de conservación. En los cruces y ramificaciones estarán indicadas las direcciones y salidas de forma visible. En la planta de tratamiento se indicarán las vías de circulación y salidas debidamente señalizadas.

En las áreas desactivas o que no estén en uso y que ofrezcan riesgos debido a la profundidad serán cerradas, señalizadas y vigiladas contra el acceso inadvertido. Las

áreas de basculamiento de los camiones serán señalizadas, delimitadas y protegidas contra posibles caídas accidentales.

4.7. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Se garantizará la presencia de un técnico responsable en los trabajos con instalaciones eléctricas involucradas. Las instalaciones y servicios de electricidad estarán proyectados de manera que permitan la adecuada distribución de energía y correcto aislamiento, la correcta protección contra fugas de corriente, cortocircuito y demás riesgos procedentes de la utilización de la energía eléctrica.

Los cables conductores de alimentación eléctrica estarán certificados por el órgano competente. En los locales de instalación de grupos generadores se garantizará:

- Espacios ventilados, iluminados e contruidos con las características necesarias.
- Estará protegido y señalizado indicando la zona de riesgo de manera a alertar que el acceso de personas no autorizadas está prohibido.
- No serán utilizados para otras finalidades que sean diferentes del definido en el proyecto eléctrico.
- Dispondrá de extintores portátiles de incendios adecuado a la clase de riesgo.

El proceso de mantenimiento y reparación de los sistemas eléctricos solo podrán ser ejecutados con los equipos desconectados y bloqueados utilizando un candado y etiquetas señalizadoras fijadas en zonas visibles con las siguientes indicaciones:

- Fecha y horario del bloqueo.
- Motivo de la reparación o mantenimiento.
- Nombre del técnico responsable del trabajo.

Los equipos y máquinas de emergencia destinados al mantenimiento y continuidad de energía deberán ser mantenidos en condiciones de funcionamiento permanentes.

Todo el tipo de maquinaria con sistema de circuito eléctrico estará equipado con dispositivos de protección automáticos para posibles casos de cortocircuitos, por ejemplo. Los equipos eléctricos móviles tendrán una puesta a tierra adecuadamente dimensionada.

Toda instalación o piezas que no forman parte de la red conductora pero que puedan almacenar energía estática deben estar debidamente enterradas. Las mallas e puntos de enterramiento serán revisados periódicamente y los resultados serán registrados.

La implementación, operación y manutención de instalaciones con electricidad solo serán ejecutadas por una persona calificada que recibirá un entrenamiento periódico para tales trabajos. Durante el mantenimiento de las maquinas o instalaciones eléctricas no serán realizados ajustes o características de los dispositivos que puedan perjudicar su eficacia.

Las instalaciones eléctricas que puedan tener un posible contacto con agua deben serán proyectadas, ejecutadas y mantenidas con especial cuidado garantizando su protección. Los cables enterrados estarán dispuestos de manera que no puedan ser dañados por cualquier medio de transporte u otras actividades.

Serán mantenidos los actualizados los documentos referentes a las instalaciones eléctricas y los respectivos programas de registro de mantenimiento. Además, las instalaciones y edificaciones estarán protegidas contra descargar eléctricas atmosféricas y con el debido sistema de protección correctamente dimensionado.

4.8. PLANTA DE TRATAMIENTO

Los equipos de la planta de tratamiento estarán dispuestos con una distancia suficiente entre sí de manera que:

- Permitirá la circulación de los operarios.
- Permitirá el correcto mantenimiento de los equipos.
- Permitirá la interposición de otros equipos técnicos necesarios para la reparación y repostaje.

Una vez que el equipo haya sido bloqueado para el mantenimiento, solamente el responsable del bloqueo podrá desbloquear el comando de partida del equipo cuyo procedimiento deberá estar registrado.

En locales con riesgo de caída de materiales o de personas o locales de contacto con partes móviles la circulación de los operarios estará señalizada y adecuadamente protegida.

Se dispondrá de una señal audible por todos los trabajadores involucrados que dure al menos veinte segundos antes del encendido de las máquinas que ofrezcan mayores riesgos.

4.9. DISPOSICIÓN DE ESTÉRILES

Los productos estériles, las balsas y áreas de almacenaje han sido proyectadas e implementadas por profesionales habilitados atendiendo todas las normas en vigor. Estos permanecerán bajo supervisión de profesionales habilitados.

En situaciones de riesgo inminente de ruptura de las balsas las áreas de riesgo serán evacuadas y la evolución de proceso será monitoreado por los técnicos con la finalidad de definir las medidas correctivas.

4.10. ILUMINACIÓN

En los locales de trabajo, circulación y transporte se dispondrá del correcto sistema de iluminación adecuado a las actividades que son desarrolladas. En las zonas de trabajo con poca visibilidad se dispondrá de la suficiente iluminación.

En el caso de que las condiciones climáticas impidan la visibilidad del mismo con la iluminación artificial los trabajos serán automáticamente suspensos. Linternas de reserva estarán disponibles en puntos cercanos a los locales de trabajo.

4.11. PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS Y EXPLOSIONES

Las acciones de prevención y combate a los incendios, además de la prevención de explosiones accidentales deben ser implementadas por el responsable de la mina. La empresa dispondrá de un equipo de combate a los incendios debidamente entrenado.

La prevención de incendios será promovida en toda la explotación con las siguientes medidas:

- Prohibición de portar o utilizar productos inflamables o cualquier objeto que produzcan llamas.
- Adecuada disposición de basura o de los materiales descartables con potencial inflamable dentro de la mina.
- Prohibición de estocaje de productos inflamables próximos a equipos que produzcan calor o involucren electricidad.
- Todo material inflamable será rotulado y guardado en un depósito seguro construido de acuerdo con la normativa.
- Serán instalados extintores portátiles de incendio adecuados a la clase de riesgo cuya inspección será realizada por el personal entrenado.
- Los equipos de combate de los incendios serán revisados periódicamente.
- Todos los trabajadores serán instruidos sobre la prevención y combate a los incendios.
- Una vez constatado un incendio las personas del área de riesgo serán evacuadas a zonas seguras.

4.12. PROTECCION CONTRA INUNDACIONES

Serán tomadas todas las medidas que garanticen la prevención de inundaciones en las instalaciones de la mina.

4.13. OPERACIONES DE EMERGENCIA

Será elaborado y actualizado periódicamente un plan de emergencia que incluya los siguientes requisitos:

- Identificación de los mayores riesgos.
- Normas para proceder en caso de:
 - Incendios.
 - Inundaciones.
 - Explosiones.
 - Caídas de materiales.
 - Rotura de taludes.
 - Accidentes mayores.
- Localización de materiales y equipos necesarios para las operaciones de emergencia.
- Descripción de los procedimientos de operaciones de emergencia para actuar en las situaciones descritas.
- Entrenamiento periódico del equipo.
- Simulación periódica de situaciones de salvamientos.
- Definición de áreas e instalaciones debidamente construidas e equipadas como refugio.

De esa manera, compete al responsable divulgar los procedimientos de los planes de emergencia a todos los trabajadores. La periodicidad de los entrenamientos será de un mínimo de seis meses.

Se dispondrá de un botiquín de acuerdo con el especificado en la normativa.

4.14. PARALIZACIÓN Y REINICIO DE LAS ACTIVIDADES

Una vez que se haya paralizado la explotación, el proceso de reinicio deberá contemplar lo siguiente:

- Evaluación del estado de conservación de la mina, sus dependencias, equipos e sistemas.
- Reestablecer las condiciones de higiene y seguridad en el trabajo.
- Drenar las áreas inundadas.
- Verificar la estabilidad de los taludes, si necesario, proceder a las manutenciones necesarias.

4.15. INFORMACIÓN, CALIFICACIÓN Y ENTRENAMIENTO

La empresa proporcionará a los trabajadores el entrenamiento, calificación, información e instrucciones necesarias para la preservación de su seguridad y salud teniendo en cuenta los siguientes factores:

- Entrenamiento introductorio general con reconocimiento del ambiente de trabajo del propio trabajador.
- Entrenamiento específico en su respectiva función.
- Orientación de los servicios.

El entrenamiento introductorio general a la mina deberá tener una duración mínima de ocho horas diarias durante tres días con las siguientes características:

- 1) Ciclo de operaciones de la mina.
- 2) Principales equipos y funciones.
- 3) Infraestructura de la mina.
- 4) Distribución de energía.
- 5) Disponibilidad de los materiales.
- 6) Proceso de transporte en la mina.
- 7) Trabajos de emergencias.
- 8) Divulgación de los riesgos presentes en el ambiente de trabajo.
- 9) Reconocimiento del ambiente de trabajo.

El entrenamiento específico de la función consistirá en el estudio de prácticas relacionadas as actividades que van a ser desarrolladas, sus respectivos riesgos, su prevención, procedimientos correctos y de ejecución tendrá una duración mínima de cuarenta horas.

La orientación en servicio consistirá en un periodo en el cual el trabajador desenvolverá sus actividades, bajo la orientación de otro trabajador con la debida experiencia o bajo la supervisión directa de un supervisor con una duración mínima de cuarenta y cinco días.

4.16. PROTECCIONES INDIVIDUALES

Se tomarán medidas de protección individual de los trabajadores ofreciendo la total disponibilidad de equipos de protección individual. Los equipos básicos generales serán:

- Casco destinado a todas los trabajadores y personas ajenas que se encuentren en la explotación.
- Gafas de protección destinada a todas los trabajadores y personas ajenas que se encuentren en la explotación.
- Pantalla de protección a la soldadura cuando se realice dicha actividad.
- Protectores auditivos.
- Cinturones de seguridad.

- Chaleco reflectante.
- Guantes específicos para cada actividad desarrollada.
- Mandil de cuero.
- Botas específicas para cada actividad desarrollada.

De acuerdo con la actividad se estudiará y se dispondrá el equipo de protección individual de acuerdo con la actividad que se va a desarrollar.

4.17. PROTECCIONES COLECTIVAS

Se tomarán las debidas medidas destinadas a las protecciones colectivas de los trabajadores, tales como:

- Señalizaciones viarias.
- Señalizaciones en casos de riesgos de caídas de objetos.
- Señalizaciones en casos de riesgo eléctrico.
- Debidas señalizaciones del movimiento de máquinas.
- Debidas señalizaciones de entradas y salidas de vehículos.
- Señalización de prohibiciones del paso de personas ajenas a la explotación.
- Señalización informativa del botiquín.
- Señalización de los equipos destinados al combate a incendios.

4.18. RECONOCIMIENTO MÉDICO

Todos los trabajadores contratados que empiecen a trabajar en la mina pasarán por un reconocimiento médico previo a la inserción en el trabajo.

4.19 PROTECCIÓN CONTRA RUIDOS

Se identificarán las fuentes de generadoras de ruidos en la explotación y en la planta de tratamiento, debido al funcionamiento motores, generadores, al tráfico de los vehículos y a las máquinas de la planta de tratamiento. Se tendrá en cuenta el efecto de los estímulos acústicos cambia de acuerdo con la distancia y la naturaleza de la emisión.

De acuerdo con la norma NR los trabajadores pueden ser expuestos a los niveles máximos de ruido conforme se puede visualizar en la tabla abajo.

NPS-dB (A)	Máxima exposición diaria (h)	NPS-dB(A)	Máxima exposición permitida (h)
85	8 h	98	1 h y 15 min

86	7 h	1000	1 h
87	6 h	102	45 min
88	5 h	104	35 min
89	4 horas y 30 min	105	30 min
90	4 h	106	25 min
91	3 h y 30 min	108	20 min
92	3 h	110	15 min
93	2 h y 40 min	112	10 min
94	2 h y 15 min	114	8 min
95	2 h	115	7 min

La empresa tomará las medidas necesarias para garantizar la menor exposición de sus trabajadores al ruido de acuerdo con los límites citados.

4.19. ACCIONES GENERALES

Se realizarán entrenamientos del personal de la mina con temas relativos al escenario de la explotación tratando de asuntos tales como:

- Obligatoriedad de la utilización de los equipos de protección individuales.
- Prevención y combate a posibles incendios.
- Manejo de diferentes sustancias.
- Manejo de la basura.
- Preservación del medio ambiente.

Se capacitarán los trabajadores, a través de la comisión interna de seguridad de prevención de accidentes, a ejecutar los primeros auxilios frente a los posibles accidentes.

5. COMISIÓN INTERNA DE PREVENCIÓN DE ACIDENTES

La *Comissão Interna de Prevenção de Acidentes na Mineração – CIPAMIN* tiene como finalidad de observar y relatar las condiciones de riesgo identificadas en el ambiente de trabajo visando garantizar la prevención de accidentes y enfermedades provocadas por el trabajo en la explotación de manera a compatibilizar el trabajo con la seguridad y salud de los trabajadores.

La comisión será compuesta por:

- Representante del empleador y sus respectivos suplentes
- Representante de los empleados y sus respectivos suplentes

Estos responsables deberán observar los criterios que permitan estar representados los sectores que ofrezcan los mayores riesgos y mayor número de accidentes en el trabajo. Deberán designar y entrenar los trabajadores en el ámbito de la prevención de accidentes y posibles enfermedades.

Esta comisión será compuesta por trabajadores de tal forma que haya representatividad en todos los sectores de la empresa. Los trabajadores interesados deberán inscribirse para el puesto y serán elegidos mediante la votación de manera que el más votado de cada área será el representante. La designación del puesto tendrá duración de un año, se permite la reelección de los candidatos.

Las atribuciones de la comisión serán:

- Elaboración de los mapas de riesgo.
- Recomendar la implementación de acciones para el control de los riesgos identificados.
- Evaluar e discutir los accidentes y enfermedades generadas en el trabajo proponiendo medidas de prevención para semejantes ocurrencias y orientando los trabajadores cuanto a la prevención.
- Acompañar la implementación de las medidas de control y el cronograma de acciones.
- Participar de inspecciones periódicas de los ambientes de trabajo.
- Realizar reuniones mensuales.
- Realizar reuniones extraordinarias cuando se proceda un accidente de trabajo fatal o que resulte en graves lesiones de algún trabajador.
- Realizar anualmente una semana interna de prevención de accidentes en el trabajo con las divulgaciones de los resultados de las acciones implementadas.

El promotor deberá conceder los medios y condiciones necesarias para el correcto desempeño de la comisión. Todos los miembros de la comisión recibirán entrenamientos de prevención de accidentes y posibles enfermedades durante el expediente de trabajo.

En casos de accidentes fatales es obligatoria la comunicación del accidente al órgano responsable.

6. PROGRAMA DE GERENCIAMIENTO DE RIESGOS (PGR)

De acuerdo con la normativa el programa de gerenciamiento de riesgos deberá incluir las siguientes etapas:

- Identificación y anticipación de los factores de riesgo teniendo en cuenta el mapa de riesgo elaborado por el CIPAMIN.
- Evaluación de factores de riesgo y de exposición de los trabajadores.
- Establecimiento de prioridades, metas y cronogramas.
- Monitoreo de exposición y factores de riesgo.
- Registro de manutención y datos.
- Evaluación periódica del programa.

7. PROGRAMA DE CONTROL MÉDICO DE SALUD OCUPACIONAL

La norma establece la obligatoriedad de elaboración e implementación de un programa de control médico de salud ocupacional, *Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO*, con el objetivo de promover la preservación de la salud de sus trabajadores.

El *PCMSO* deberá considerar cuestiones incidentes sobre los trabajadores con un abordaje en relación a la salud de los mismos en el trabajo. Tendrá carácter de prevenir, rastrear y diagnosticar los posibles efectos de la salud del trabajador derivados de su trabajo, incluyendo las cuestiones subclínicas además de la constatación de existencia de casos de enfermedades o daños irreversibles a la salud de los trabajadores.

Es de responsabilidad del promotor:

- Garantizar la elaboración y la efectiva implementación del *PCMSO* bien como garantizar su eficacia.
- Indicar un coordinador responsable de la ejecución del *PCMSO*.
- No existiendo un médico en la localidad, el promotor podrá contratar un médico de otra especialidad.

El *PCMSO* debe incluir obligatoriamente los siguientes exámenes:

- Examen de admisión de los trabajadores antes de que ejerzan sus actividades.
- Examen periódico de los trabajadores.
- Examen de retorno al trabajo.
- Examen de cambios de función.
- Examen de dimisión.

Los exámenes mencionados se refieren a la evaluación clínica que abarca la salud ocupacional, el examen físico y mental. La periodicidad de los exámenes para trabajadores de edad comprendida entre los dieciocho y cuarenta y cinco años será anual, ya para los trabajadores con edad de más de cuarenta y cinco años será a cada dos años.

El examen de retorno al trabajo deberá ser realizado en el primer día de retorno en los trabajadores ausentes por un periodo superior a treinta días. Ya el examen de dimisión deberá ser realizado en un plazo de hasta diez días contados a partir del término del contrato.

El *PCMSO* deberá obedecer al planeamiento que estén previstas en las acciones de salud que van a ser ejecutadas durante el año debiendo ser objeto de elaboración de un documento anual.

Toda la infraestructura de la mina deberá estar equipada con el material necesario a la prestación de los primeros auxilios y mantenerlo guardado en un local adecuado al cuidado de una persona destinada a eso.

ANEXO N° 3: BILIOGRAFIA

1. Bibliografia

Estevam Ribeiro, P., Bandeira Duarte, T. Geologia e recursos minerais. Folha rio Guariba SC.20-X-D y rio Aripuanã SC.21-V-C. Escala 1:250.000. Goiânia. CPRM, 2010.

Feijó de Paula, T. Disponibilidade Hídrica do Brasil. Folha SC.21 JURUENA. Escala 1:1.000.000. CPRM, 2015. Rio Claro, 2016.

Hansen Nogueira, E. Caracterização mineroslogica da cassiterita da província estanífera de Rondônia. Universidade Estadual Paulista.

Anselmo Campos, J., Homero Delboni, Jr. Utilização de separadores magnéticos de alta densidade e eletrostáticos na concentração de columbita-tantalita e cassiterita. Pitinga.

Buch, T., Marbier, H., Goldmann, S., Haubrich, F., Trinkler, M. Investigation of tin and tantalum ores from the Rondônia Tin Province, northern Brazil, to develop optimized processing technologies. CPRM. Berlin, 2018.

Ribeiro Patriota Junior, R.. Desenvolvimento de processos de recuperação de finos de minerais. ENTMM. Rio de Janeiro, 2001.

Porsani, J. Mendonça, C.A., Silva Bettencourt, J. Yukio Hiodo, F., Jerônimo Vian, J.A., Da Silva, J.A., Investigação GPR nos distritos de Santa Barbara e bom Futuro: Província Estanífera de Rondônia. 2004.

Da Silva Rodrigues, A. Estanho. DNPM.

Montero-Ríos, B. Proyecto de viabilidad de una planta de tratamiento para mineral de estaño y tántalo. Escuela Técnica Superior de Ingeniero de Minas. 2012.

Gómez, J. Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto. Madrid. Instituto Tecnológico Geominero de España. 1995.

IGME. Manual de restauración de terrenos y evaluación de impactos ambientales en minería. Madrid: Gráficas Chile, 2004

Castilla Gómez, J., Herrera Hebert, J. El proceso de exploración minera mediante sondeos. E.T.S. de Ingenieros de Minas de Madrid. Departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterráneas. Madrid. 2012.

Urquidi, J.A. El wireline en la investigación minera. Gijón. 1967.

Bustillo, M., García, P., López, C., Ramírez, A., Ramos, G., Piñero, A. Manual de sondeos, aplicaciones. Madrid. 2001

Martínez López, J.A., Apuntes de Laboreo. Universidad de Jaén 2020.

1.1. Páginas Web

- <https://geosgb.cprm.gov.br/>
- <http://www.cprm.gov.br/publique/Gestao-Territorial/Gestao-Territorial/Mapas-de-Geodiversidade-Estaduais-1339.html>
- https://www.dnpm-pe.gov.br/Legisla/nrm_00.php
- <https://www.gov.br/anm/pt-br>
- <http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/>
- <http://rimasweb.cprm.gov.br/layout/apresentacao.php>
- http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm

DOCUMENTO N°2: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N°2: PLIEGO DE CONDICIONES	137
1. PLIEGO DE CONDICIONES.....	140
1.1. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO	140
2. DISPOSICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN	141
2.1. DIRECCIÓN DE LA EXPLOTACIÓN	141
2.2. DEBERES Y RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA.....	142
2.2.1. OFICINA DE OBRA	144
2.3. RESPONSABILIDAD DE DAÑOS A TERCEROS	144
2.4. PREVIO A LAS OBRAS	145
2.5. REPLANTEO	145
1.7.1 Fase de replanteo inicial	145
1.7.2. Replanteo de puntos	146
1.7.3. Acta de comprobación de replanteo	146
1.7.8. Responsabilidad sobre la comprobación del replanteo.....	146
2.6. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS.....	147
2.7. RECEPCIÓN DE LOS TRABAJOS	148
2.8. SUSPENSIÓN DE LOS TRABAJOS	148
2.9. CONTRATACIÓN DE LA MANO DE OBRA.....	148
3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS	149
3.1. ABONO DE LOS TRABAJOS	149
3.2. MEDICIONES.....	149
3.2.1. Medición y abono de la explotación.....	149
3.2.2. Otras mediciones y abonos	150
3.2.3. Partida alzada.....	150
3.3. OBRAS COMPLETAS	150
3.4. OBRAS DEFECTUOSAS	151
3.5. Liquidación de los trabajos	151
4. DISPOSICIONES TÉCNICAS	151
4.1. Desbroce y limpieza	151
4.2. Escarificado y compactación	151
4.3. Carga y transporte	152
4.4. Maquinaria móvil.....	152
4.3. Maniobras	152
4.5. Carga.....	153
4.6. Vertido	153

4.7.	Tráfico y señalizaciones.....	153
4.8.	Aparcamiento.....	154
4.9.	Transporte del personal.....	155
4.10.	Operadores y conductores	155
4.11.	Uso de las maquinarias y vehículos	155
4.12.	Mantenimiento	156
4.13.	Remolque y transporte de equipos	157
4.14.	Circulación del personal.....	158
5.	FUNCIONAMIENTO Y CONSERVACIÓN.....	158
5.1.	Conservación y vigilancia.....	159
5.2.	Conservación del medio ambiente	159
6.	DISPOSICIONES NO ESPECIFICADAS	160

1. PLIEGO DE CONDICIONES

El pliego de condiciones trata del conjunto que compone las especificaciones técnicas, instrucciones, normas y especificaciones que formando parte con la memoria y los planos definen todas las características técnicas de las obras relacionadas al presente PROYECTO DE ESTRUCTURACIÓN Y AMPLIACIÓN DE UN GARIMPO Y PLANTA DE TRATAMIENTO DE CASITERITA. REALIZACIÓN DE UNA CAMPAÑA DE SONDEOS DE INVESTIGACIÓN. T.M. DE COLNIZA, BRASIL.

El pliego abarcará todas las características necesarias para la ejecución de las obras del presente proyecto que incluye las labores de ampliación y estructuración de la explotación, la optimización de la planta de tratamiento y las labores de recuperación.

El proyecto ha sido realizado con escasos medios técnicos, las condiciones y el cumplimiento de las prescripciones se adaptarán a la realidad de la explotación y las posibilidades de allí desarrollarse. Las características aquí descritas que no puedan ser cumplidas en la realidad serán debidamente justificadas y se tomarán medidas alternativas.

1.1. DOCUMENTOS QUE INTEGRAN EL PROYECTO

Los documentos que constan en este presente proyecto son:

- Documento nº 1: Memoria y Anexos
- Documento nº2: Pliego de Condiciones
- Documento nº 3: Presupuesto
- Documento nº 4: Planos

El contenido de los documentos es detallado y deberán servir de manual para la ejecución de las obras. Los trabajos realizados en la explotación estarán de acuerdo con los planos definidos en el proyecto.

En caso de hacerse necesario la realización de planos complementarios para proseguir la ejecución de las obras, estos deberán ser realizados con un plazo de treinta días de antelación y serán entregados a la dirección de la explotación. De igual manera, si se considera que la documentación que compone el proyecto no es necesaria para el correcto entendimiento de los parámetros del mismo, se podrá solicitar la aclaración de todas las características necesarias.

Es de deber del contratista garantizar que los documentos facilitados son aplicables, así como comunicar posibles anomalías al director facultativo. Las alteraciones serán válidas y realizadas cuando sean solicitadas expresamente por escrito. El contratista será el responsable de los errores y consecuencias que puedan derivar de la no obtención de información suficiente que podría ser rectificada en el contenido de este presente proyecto.

Toda la información hace conjunto con los planos por lo que se haya omitido en el pliego, pero definido en los planos deberá ser ejecutado como expreso en ambos los

documentos. En casos de disconformidades, predominará siempre las características dispuestas en el pliego de condiciones. Por lo tanto, el orden de preferencia de los documentos será:

- 1) Planos.
- 2) Pliego de Condiciones.
- 3) Memoria y Anexos.

La orden dispuesta podrá ser modificada siempre y cuando sea debidamente justifica o cuando lo determine el director facultativo correspondiente. Todo lo representado en los planos y los demás documentos deberán ajustarse a las obras referidas en este proyecto. De esa manera, si el director define parte de la obra como mal ejecutada será de obligación del contratista la tomar las medidas necesarias para volver a ejecutarla sin derecho a indemnizaciones.

2. DISPOSICIONES GENERALES DE LA EJECUCIÓN

El propietario supervisará la actuación del director facultativo, así como del contratista que está obligado a facilitar la información que le sea requerida. De esa manera, cualquier modificación en las obras que pueda acarrear el retraso de las obras o incrementar el presupuesto en comparación con el presupuesto de adjudicación podrá ser autorizada por el propietario.

De acuerdo con el dispuesto anterior, el director facultativo puede solicitar obras de drenaje en la zona con la finalidad de evacuación del agua de escorrentías en épocas de lluvia mediante excavaciones en zanjas, por ejemplo, de manera ajena a la obra que se solicitará y se abonará separadamente.

Las atribuciones del propietario podrán ser delegadas a otro representante a través de un escrito en conocimiento del director y del contratista. El contratista deberá cumplir todo lo establecido en el Estatuto de los Trabajadores, bien como toda la normativa o legislación vigente relativa a las obras.

Es deber del contratista supervisar detalladamente la seguridad de todas las obras realizadas. De igual manera, es deber del contratista encargarse de los respectivos permisos para la realización de las obras bien como las consecuencias que estas pueden conllevar en la zona.

2.1. DIRECCIÓN DE LA EXPLOTACIÓN

Representada por el director facultativo que será la persona con solvencia técnica y titulación adecuada responsable por comprobar la correcta realización de las obras referentes a la explotación bien como vigilarlas. Es de deber del contratista colaborar con el director facultativo para garantizar el cumplimiento de sus funciones.

Basado en la legislación vigente, las atribuciones del correspondiente director facultativo en lo que se refiere a la dirección de las obras, al control y la respectiva vigilancia de la explotación son:

- Garantizar la correcta ejecución de los trabajos desarrollados en la explotación garantizando la fidelidad al proyecto aprobado o justificando las modificaciones autorizadas.
- Identificar y fijar las condiciones técnicas que el presente pliego deja a su responsabilidad.
- Identificar problemas técnicos relacionados a la interpretación de los correspondientes planos, la condición del material empleado y la correcta ejecución de la obra sin modificar los requisitos del contrato.
- Proponer las actitudes necesarias de la obtención de los permisos y autorizaciones requeridas para la ejecución de las obras.
- Exigir que el contratista cumpla con las condiciones dispuestas en el contrato.
- Asumir la dirección de operaciones donde se procedan casos de urgencia de manera que el contratista debe disponer del personal de trabajo, del material y maquinaria necesaria.
- Redactar la liquidación de las obras.
- Participar en la recepción provisional y definitiva.

La dirección puede exigir la suspensión de los trabajos cuando no se realicen bajo la dirección del personal designado por el contratista. De igual manera, podrá exigir al contratista nuevos personales facultativos. También se podrá exigir la retirada de empleados por incompetencia, falta de subordinación u otros. De igual manera se podrá rechazar cualquier maquinaria que se defina como inadecuado.

2.2. DEBERES Y RESPONSABILIDADES DEL CONTRATISTA

Es de obligación del contratista:

- Disponer de la titulación técnica necesaria o respectiva capacitación profesional que manera que esté habilitado para el debido cumplimiento de las condiciones de actuación.
- Ejecutar la obra de acuerdo con el proyecto, la legislación vigente y las instrucciones procedentes del director facultativo con la finalidad de garantizar la calidad exigida en el proyecto;
- Designar lo medios humanos y los materiales requeridos;
- Redactar planes de obra que se considere necesario de manera que se proyecte o autorice las instalaciones provisionales y medios auxiliares.
- Redactar un Plan de Seguridad e Higiene en la explotación disponiendo de medidas preventivas de acuerdo con la normativa vigente, bien como garantizar su debido cumplimiento.
- Cumplir con las instrucciones en materia de Seguridad y Salud durante todo el proceso de ejecución de la obra.

- Garantizar la calidad de los materiales a emplear y rechazar los materiales que se consideren ideales con las calidades requeridas.
- Firmar el acta de replanteo y de recepción de obra.
- Custodiar y conservar el Libro de Órdenes.
- Ofrecer al director los datos requeridos para la elaboración de la documentación de la respectiva obra.
- Designar un jefe de obra para asumir la representación del constructor con la titulación requerida y adecuada para el trabajo.
- Junto con el promotor, suscribir las actas de recepción.

Previamente al inicio de las obras, el contratista designará el delegado de la obra (o jefe de explotación) que estará al frente de las obras. Este deberá tener la titulación técnica necesaria o respectiva capacitación profesional requerida.

El contratista y la dirección de explotación definirán los detalles de sus respectivas relaciones con la finalidad de establecer los procedimientos para fijar la comunicación escrita entre ambos, la realización de las órdenes, así como la periodicidad de las reuniones que serán quincenales para acompañar las obras. El contratista facilitará la realización de los trabajos encomendados a los demás contratistas que puedan intervenir en la obra.

Los materiales que se necesiten utilizar en la explotación deberán ser solicitados por el contratista con al menos diez días de antelación facilitando el envío de muestras. Cuando el director considere necesario para el seguimiento de la obra, el contratista deberá incrementar las instalaciones o medios auxiliares. El contratista puede solicitar que las órdenes delegadas sean dispuestas por escrito y firmada por el director.

Si se considera necesario establecer más de un turno por día de trabajo, el contratista deberá solicitar la autorización a la dirección facultativa, en caso favorable y de que la dirección considere necesario delegar un vigilante de obras el contratista deberá abonar el sueldo del vigilante en el turno autorizado.

No se permitirá que el contratista realice alteraciones en el proyecto sin la aprobación por escrita de la dirección. El mismo deberá contar con lo que sea necesario para la correcta realización de las obras con las calidades requeridas.

También será de deber del contratista comprometerse con solicitar todas las autorizaciones necesarias para la puesta en servicio de las obras en la explotación. Este deberá estar al día con sus obligaciones fiscales.

Todos los daños o accidentes que puedan surgir por la falta de atención y precaución en las obras, por la orden de ejecución o por la falta de calidad de los materiales de trabajo empleados serán de responsabilidad del contratista. Mediante eso, el contratista deberá ser responsable por garantizar todas las precauciones necesarias durante la realización de las obras con la finalidad los daños a los trabajadores, a los materiales y maquinas empleadas. De esa forma, será de responsabilidad del contratista la indemnización de los daños causados a los trabajadores debido a las incorrectas operaciones realizadas en la obra.

Durante el periodo de la explotación el contratista deberá garantizar el correcto mantenimiento de los materiales utilizados en la misma evitando el deterioro y garantizando todas las disposiciones establecidas en la normativa vigente. De igual manera, será el responsable por la construcción y conservación de todos los caminos, bien como la colocación de las respectivas señales de tráfico y todos los requisitos necesarios para garantizar todos los parámetros de seguridad dentro de la explotación.

También deberá proceder a la realización de las medidas necesarias para que el tráfico en la mina no sea interrumpido. Además, se deberá disponer en la entrada de la obra un cartel donde se reflejará los datos correspondientes a la obra donde constará:

- Título de la obra de la explotación.
- Entidad promotora.
- Nombre de los responsables.
- Nombre de los técnicos competentes.

Una vez que se termine las obras, el director indicará el plazo en el que el contratista deberá proceder a la retirada de las maquinarias, herramientas y demás utilizadas en la explotación procediendo a la limpieza general. De igual manera, las oficinas y demás edificaciones construidas debidamente dimensionadas en la explotación deberán ser demolidas/retiradas al final de la obra. El suministro de energía eléctrica será de cargo del contratista.

2.2.1. OFICINA DE OBRA

El contratista habilitará una oficina debidamente acondicionada destinada para que la dirección facultativa realice su trabajo durante la jornada, además habilitará una oficina con total disposición a la dirección facultativa donde se facilitarán los siguientes documentos:

- El proyecto de ejecución.
- La licencia de obras.
- El libro de órdenes y Asistencia.
- El plan de Seguridad y Salud.
- El libro de incidencias.

2.3. RESPONSABILIDAD DE DAÑOS A TERCEROS

Todas las reclamaciones y quejas por daños que el contratista reciba serán informadas por escrito al director facultativo, además de cualquier accidente que se produzca en la región de las obras de la explotación.

El contratista deberá tomar las medidas necesarias para evitar riesgos o daños a terceros y atenderá rápidamente a las quejas que sean comunicadas por escrito. Si se proceden daños a terceros el contratista informará rápidamente al director facultativo.

De esa manera, el contratista deberá reponer y estudiar la situación original de estos daños lo antes posible.

2.4. PREVIO A LAS OBRAS

El contratista deberá crear un Programa de Trabajo donde se especifiquen las fechas y planos parciales respectivos a las fases de la explotación presentándolo por escrito a la dirección con un mínimo de treinta días contados desde la fecha de firma del contrato para que pueda ser analizado, aprobado o modificado por la dirección.

2.5. REPLANTEO

El contratista deberá realizar el replanteo o replanteos parciales haciéndose cargo de los hitos, marcas, señales, estacas o referencias que se dejen en el terreno, estando obligado a su conservación. El replanteo será comprobado por la dirección de la explotación.

Una vez analizado y comprobado por la dirección, se procederá a la realización de un acta con un plano firmado por el ingeniero y por la dirección. Se entregará un ejemplar de cada una de las actas y la omisión de dicho trámite será de responsabilidad del contratista.

1.7.1 Fase de replanteo inicial

En esta fase tanto la dirección como el contratista procederán a la comprobación y realización de inventarios de las bases de replanteo que han servido de soporte para la definición de la topografía del proyecto que se encuentran en los respectivos planos como el acto inicial de los trabajos.

De manera inicial se van a considerar válidas aquellas marcadas sobre hitos permanentes que no muestren señales de alteración. El contratista recibirá las bases del replanteo de manera realizará un acta de recepción con las que se haya considerado en condiciones satisfactorias. Desde entonces la conservación y el correcto mantenimiento de las bases referenciadas bien como su reposición con los correspondientes levantamientos serán de total responsabilidad del contratista.

En consiguiente, el contratista procederá a la realización de un plan de replanteo incluyendo la comprobación las coordenadas de los hitos existentes y su cota de elevación a las bases complementarias bien como el replanteo y nivelación de puntos de alineaciones principales, secundarias y obras de fábrica.

Para la realización de la debida inspección, comprobación y posterior aprobación del respectivo trabajo de replanteo este será entregue al director facultativo.

1.7.2. Replanteo de puntos

Una vez que las bases de replanteo sean comprobadas y aprobadas por la dirección y definidas como válidas para la debida ejecución de los trabajos el contratista procederá a realizar el replanteo y estaquillado de los puntos característicos de las alineaciones principales.

Se procederá también a la realización de los trabajos que sean necesarios para la nivelación con la finalidad de asignar la correspondiente cota a los puntos característicos en cuanto a las condiciones finales de explotación. Dichos puntos serán ubicados de manera que puedan ser conservados de manera segura durante el proceso de desarrollo de las labores de la explotación.

1.7.3. Acta de comprobación de replanteo

La dirección de la explotación va a realizar la comprobación del replanteo antes de la fecha inicio de las obras estableciendo el plazo de un mes contando a partir de la notificación por escrito al contratista de la adjudicación de los trabajos. Este proceso se realizará mediante la presencia del jefe de la explotación.

Finalmente, el director facultativo autorizará con su respectiva firma y entonces el contratista procederá a la realización del Acta de Comprobación de Replanteo previo en el Libro de Órdenes. Como un anexo de la respectiva acta, se anotarán los datos, las cotas y los puntos fijados.

Una vez que el resultado de dicha comprobación del replanteo indique la correcta e idónea disposición real de los terrenos y la viabilidad del proyecto, el director facultativo autorizará el inicio del mismo. Se hará constar este extremo explícitamente en el acta de comprobación de replanteo extendida, de cuya autorización quedará notificado el contratista.

1.7.8. Responsabilidad sobre la comprobación del replanteo

A parte de los trabajos de comprobación realizados por dirección, la realización de los debidos trabajos respectivos al plan de replanteo, bien como los trabajos de topografía necesarios para la ejecución de las obras en la explotación y obras auxiliares, la conservación y reposición de los hitos será totalmente de responsabilidad del contratista. Todos estos trabajos donde el contratista es el responsable serán costeados bajo su responsabilidad.

Cualquier error o insuficiencia que sea identificado por el contratista en las bases del replanteo previo, esté deberá obligatoriamente comunicarlo al director mismo en el caso de que no haya sido advertido a la hora de realizar la comprobación de dicho replanteo.

Podrá ser exigido por el contratista la realización de un acta complementaria en la que se identifiquen las diferencias observadas y los trabajos necesarios para subsanarla.

2.6. EJECUCIÓN DE LOS TRABAJOS

El plazo de ejecución de los trabajos y las fases de la explotación quedarán fijadas a través de las condiciones administrativas que van a formar parte de los documentos del contrato. El contratista deberá ejecutar los trabajos en el plazo fijado desarrollando las labores necesarias para alcanzarlo dentro del periodo especificado, en el caso de que no cumpla con esa premisa, se le aplicará una multa que se especifique en el pliego de condiciones económicas administrativas.

En el caso de fuerza mayor, el plazo de término de los trabajos podrá ser prorrogable bajo petición del contratista. Para la tramitación de la prórroga el contratista debe realizar un escrito exponiendo las causas que lo impida de realizar las obras en plazo con el seguimiento de los trabajos y el posible retraso que conllevaría.

Si por algún acaso la petición sea rechazada dentro de un plazo correspondiente a los cinco días laborales desde la fecha de presentación de la solicitud, se podrá proceder a una relación detallada con las circunstancias que motivan su petición de prórroga y prestará a consideración del ingeniero.

Es de responsabilidad del contratista disponer del orden de ejecución de los trabajos, salvo en los posibles casos en el que el director facultativo defina una variación de los mismos debido a razones técnicas.

Para los posibles trabajos de ampliación del proyecto que puedan hacerse necesarios, no se procederá a la interrupción de las labores y se seguirán las instrucciones dadas por el ingeniero hasta el momento en el proyecto reformado sea redactado y debidamente tramitado.

Los trabajos serán ejecutados con la debida fidelidad al proyecto, bien como a las posibles modificaciones que hayan sido aprobadas y las correspondientes órdenes e instrucciones el contratista reciba por escrito. En el caso de que el ingeniero responsable detecte y advierta de posibles defectos existentes en los trabajos realizado y en el caso de que se determine que los materiales empleados no cumplen con la calidad estimada se obligar la demolición de la obra con la finalidad de reconstruir dichas partes.

En cuanto a los materiales a emplearse, el contratista podrá obtenerlos de los proveedores que se consideren convenientes, salvo en los casos en el que se indique una procedencia en el pliego de condiciones técnicas. De esa manera, el contratista deberá presentar una lista de los materiales que vayan a emplearse exponiendo la consiguiente marca, la cantidad y la procedencia de cada uno, la lista se destinará al ingeniero técnico.

2.7. RECEPCIÓN DE LOS TRABAJOS

Una vez que los trabajos contratados en la explotación sean finalizados, es deber de la dirección facultativa emplear todos los medios que se hagan necesarios para comprobar de que los trabajos hayan sido ejecutados bajo las condiciones fijadas en el contrato. Una vez realizado dicho proceso, se procederá a la recepción provisional de la obra.

Cuando se termine el plazo de garantía se procederá a un nuevo reconocimiento de las obras de la explotación garantizando de que la misma posee de las condiciones necesarias para ser recibida, en caso de visto bueno se procederá a la debida recepción de la explotación.

Durante dicho proceso de reconocimiento, si se procede el caso de que se observen desperfectos, bien como la definición de mala calidad de los materiales empleados estos deberán ser corregidos por el contratista bajo su propio coste. El plazo de corrección no será superior a dos meses, en caso contrario, el contrato será rescindido conllevando a la pérdida de la fianza.

2.8. SUSPENSIÓN DE LOS TRABAJOS

En el caso de que el propietario desee proceder a la suspensión de los trabajos, el mismo deberá avisarlo con un plazo de un mes de antelación. De esa manera, será obligación de contratista suspender los trabajos, el mismo tendrá derecho a indemnización.

En el caso de la suspensión de los trabajos sea provocada por el contratista de la obra, el propietario tiene derecho a la rescisión del correspondiente contrato abonando al contratista únicamente los trabajos ejecutados, con pérdida de garantía como indemnización de perjuicios, quedando siempre obligado el contratista a responder de los perjuicios superiores.

2.9. CONTRATACIÓN DE LA MANO DE OBRA

La contratación de la mano de obra empleada se hará con trabajadores procedentes de la región de la explotación según las condiciones del contrato bajo la normativa vigente.

Se deberá disponer de un equipo técnico debidamente estructurado y con la solvencia técnica necesaria para proceder a la correcta interpretación de los planos y para la correcta ejecución de la explotación.

Mediante eso, serán contratados técnicos debidamente capacitados y que cuenten con la experiencia requerida para su debido puesto de trabajo. De igual manera los encargados deberán estar capacitados para realizar la supervisión de los trabajos.

De esa manera, el contratista dispondrá de todo el equipo necesario para el correcto desarrollo de las obras en todos sus ámbitos.

3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS

3.1. ABONO DE LOS TRABAJOS

El proceso de abono de los trabajos se va a desarrollar mediante unidades de volumen, de superficie, de longitud o de peso conforme se detalla en el presupuesto del proyecto.

En respecto al contratista solo se abonarán los trabajos que hayan sido ejecutados, siendo mayores o menores en relación al presupuesto del proyecto de manera que las unidades de cada clase no puedan servir de fundamento para establecerse reclamaciones.

De esa manera, para proceder a la valoración de las unidades correspondientes a las obras, se va a aplicar un total de cada una de aquellas el correspondiente precio unitario que se figura en el presupuesto, procediéndose al aumento de un total de veinte tres por ciento de contrata y deduciendo la baja de subasta si la hubiera.

En el precio unitario correspondiente se incluye:

- El valor de los materiales
- El valor de mano de obra con sus correspondientes cargas sociales de acuerdo con la normativa
- El valor de los transportes
- Los medios auxiliares generales
- Trabajos necesarios para la ejecución de la unidad

En la tasa de veinte y tres por ciento mencionada anteriormente se incluye el beneficio industrial con su interés adelantado, bien como los gastos imprevistos.

3.2. MEDICIONES

3.2.1. Medición y abono de la explotación

Se procederá al abono mediante la medición de la cantidad exacta de los metros cúbicos que hayan sido extraídos, medidos mediante la diferencia entre el perfil definido antes de la inicialización de los trabajos y perfiles posteriores a la finalización de los trabajos.

El precio englobará:

- Proceso de transporte
- Suministros

- Manipulaciones generales
- Maquinaria empelada
- Mano de obra requerida
- Limpieza y desbroce.
- Acondicionamiento de los caminos y accesos.
- Realización de obras de desagüe y drenaje, además del bombeo para su eliminación caso sea necesario
- Transporte, acarreo y basculamiento de los productos
- Posibles indemnizaciones
- Rehabilitaciones generales

3.2.2. Otras mediciones y abonos

El proceso de abono será realizado mediante los metros cúbicos, metros cuadrados, metros lineales, toneladas o demás unidades, medidas directamente sobre la obra realizada de acuerdo con el recogido en los respectivos planos el proyecto o de acuerdo con lo que haya sido autorizado mediante escrito por el director de la explotación.

En ellos estarán incluidos todos los gastos necesarios para garantizar la terminación de la obra, como los respectivos gastos de materiales, mano de obra, transportes, pruebas y etc.

3.2.3. Partida alzada

En cuanto las partidas alzadas, solamente se liquidarán al contratista las obras que realmente se realicen de acuerdo con las órdenes del proyecto y del director de la explotación. Estas se abonarán mediante unidades basadas en los precios del proyecto, o bien a los que se fijen contradictoriamente, de acuerdo con lo expresado más adelante en el apartado de precios contradictorios.

3.3. OBRAS COMPLETAS

Los materiales acopiados por parte del contratista serán preparados de manera que se queden a disposición de ser recibidos en el plazo que se fija la dirección de la explotación. Estas serán abonadas mediante lo recogido en el cuadro de precios.

El contratista no tendrá derecho a ninguna reclamación carecida de fundamentos en relación con la insuficiencia de los precios del respectivo cuadro de precios o en omisión de costo de cualquiera de los elementos que constituyen los referidos precios.

3.4. OBRAS DEFECTUOSAS

Las obras que no se hayan realizado de acuerdo con las condiciones del contrato sean de alguna manera admisible, se podrá proceder al recibimiento provisional y en algunos casos definitivos, entretanto, el contratista será obligado a aceptarlo derecho a reclamación de ningún género, con la rebaja que la administración apruebe. Esto no procederá salvo en casos en el que el contratista prefiera realizar la demolición de la obra y la reconstrucción de la misma, con arreglo a las condiciones del contrato.

3.5. Liquidación de los trabajos

Una vez que se finalicen los trabajos de la explotación y las respectivas obras auxiliares se procederá a la liquidación general de las mismas teniendo siempre como base las mediciones directamente relacionadas y con el debido auxilio de planos, perfiles, dibujos acotados y demás elementos que se dispongan para realizar la correcta determinación del número de cada clase que integran la obra general.

El precio aplicado será el relativo a cada unidad de obra, de manera que del total, se deducirán las respectivas cantidades abonadas que se hubiesen acreditado en las certificaciones parciales expedidas.

4. DISPOSICIONES TÉCNICAS

4.1. Desbroce y limpieza

Este proceso prevé respectiva limpieza y eliminación de los árboles en lo que corresponde a la zona de explanación de los trabajos, esto incluye la retirada de las raíces y las basuras, por ejemplo. También se incluye en este la retirada de los materiales de desecho hacia los puntos de vertido de los mismos.

La retirada de esta capa vegetal visando la limpieza de las posibles zonas de trabajo se realizarán en una profundidad de hasta veinte centímetros por debajo de la explanada prevista. Durante ese proceso, si se observan irregularidades en el terreno la respectiva cota del desbroce podrá ser modificada visando la no contaminación de los materiales definidos al uso como estériles.

4.2. Escarificado y compactación

El proceso de estratificado y posterior de los terrenos se realizará por medios mecánicos una vez que se finalice el proceso de desbroce y limpieza citado anteriormente.

4.3. Carga y transporte

Al material es arrancado mediante la utilización de la excavadora hidráulica, la misma maquina procederá a cargar el material en los camiones basculantes destinados al transporte del material.

Una vez cargado, el camión transporta el material hasta la planta de tratamiento. La utilización y puesta en servicio de toda la maquinaria estará debidamente autorizada, además se dispondrá de trabajadores con el respectivo certificado de aptitud correspondiente al cargo.

El director deberá establecer una disposición interna de seguridad que determinará la periodicidad de las inspecciones que estarán sometidas todas las máquinas que van a operar en la explotación.

4.4. Maquinaria móvil

La retroexcavadora operando en la parte superior del banco suponen riesgos adicionales de caídas o posibles vuelcos, mediante eso, dicha maquina deberá ser situada en un área horizontal de terreno firme operando en posición normal al talud. En ese caso de que la excavadora es de modelo sobre orugas se emplazará con estabilizadores.

4.3. Maniobras

Siempre que el conductor u operador de la maquina desee realizar cualquier maniobra con un vehículo, el mismo deberá seguir con la debida fidelidad al sistema de señales y avisos previamente establecidos. De esa manera, todos los vehículos empleados deberán disponer de la correcta iluminación y equipos de sonido de marcha atrás.

La operación y maniobrabilidad de todos los vehículos y maquinas empleadas deberán realizarse bajo todas las condiciones de seguridad garantizadas.

En todos los posibles casos de limitaciones de estabilidad u otras causas, en el que el desplazamiento de cualquier vehículo pueda generar en un riesgo adicional se deberán tomar las medidas de seguridad adecuadas para tal. En caso necesario, el desplazamiento debe efectuarse bajo la guía de personal cualificado y competente, utilizando un sistema establecido de señales.

Cuando exista cualquier riesgo inminente el personal que trabaje en el entorno establecido deberá ser inmediatamente advertido con las señales establecidas de manera que, caso sea necesario, deberá procederse a la detención de la máquina.

La presencia del personal en la zona de acción de dichas máquinas queda terminantemente prohibida. Por eso, las maquinarias deberán disponer de inscripciones claramente visibles que prohíban tal aproximación.

4.5. Carga

Los camiones deberán emplazarse lo más separados posibles del frente de arranque, situándose el camión, cuando sea posible, en dirección normal al mismo y con su cabina en la posición más alejada del frente.

El proceso de carga en los camiones deberá ser realizada por la parte trasera o lateral de los mismos, de esa manera, el cazo de la excavadora no pasará por encima de la cabina del camión.

De ninguna manera el conductor del camión podrá abandonar la cabina del mismo ni regresar a ella durante el proceso de carga sin que haya avisado con antelación el operador de la excavadora. En el caso de que la cabina no tenga protección contra la caída de materiales u objetos, el conductor deberá abandonar el vehículo y la zona de carga antes de que se proceda a la realización de esta.

Se mantendrá especial cuidado para que la carga máxima autorizada para los camiones no sobrepase su límite, se evitará el riesgo de caída del material de caja.

Para la descarga del material en pilas de acopio se deberán adoptar las precauciones necesarias para evitar los derrumbes que pudiesen generar riesgos adicionales.

4.6. Vertido

Es de responsabilidad del director facultativo desarrollar una disposición interna de seguridad para el correcto vertido de los materiales, indicando los respectivos accesos, lugares y forma que será de obligado cumplimiento.

Caso exista peligro de caídas o vuelcos en el proceso de vertido será de obligatoriedad la disposición de topes o barreras no franqueables en condiciones de trabajo. En caso necesario, el vertido se hará bajo la dirección de una persona capacitada designada a tal efecto.

Quedan terminantemente prohibidas las aproximaciones indebidas al frente de explotación, bien como a las pistas y accesos, los vertidos estériles y los acopios de materiales útiles.

4.7. Tráfico y señalizaciones

Es de responsabilidad del director facultativo desarrollar una disposición interna de seguridad para la correcta regularización del proceso de tráfico y las correspondientes señalizaciones siendo de cumplimiento obligatorio tanto para los vehículos de la empresa explotadora cuanto para los de las empresas externas que circulen por la explotación

Dichas disposiciones internas de seguridades deberán establecer, como mínimo, los siguientes requisitos:

- Las velocidades máximas permitidas para cada tipo de vehículo.
- Las condiciones de estacionamiento y aparcamiento.
- Las normas de propiedad de los diversos vehículos.
- Las normas para el trabajo nocturno en su caso.
- Los sistemas de avisos.
- Las señales vigentes.
- Las informaciones complementarias necesarias.

La disposición interna de seguridad tendrá validez, tanto en los viales permanentes o semipermanentes, como en los tajos de trabajo o explotación. De esa manera, al inicializar el proceso de trabajo en un nuevo tajo o retomarlo en uno antiguo se deberán establecer las condiciones específicas de circulación de vehículos y máquinas.

Queda terminantemente prohibida la entrada a todo vehículo ajeno a la explotación o a las obras en ejecución, a menos que sea autorizado expresamente y sea informado de las normas y conductas que debe seguir.

Las señalizaciones empleadas en la explotación deberán ser de fácil entendimiento e interpretación, además se deberá mantener y conservar durante todo el tiempo en el que persistan las condiciones que determinaron la necesidad de su colocación.

En el caso de que dos o más empresas utilicen viales comunes, se establecerá el reglamento de regulación del tráfico y la señalización de común acuerdo. De no alcanzarse éste, la autoridad minera competente lo establecerá y determinará las obligaciones que de ello se deriven.

4.8. Aparcamiento

Se procederá a la realización de una disposición interna de seguridad que va a regular el tráfico y condiciones de aparcamiento o detención.

Siempre y cuando el conductor o el operador de una máquina interrumpa y termine su trabajo, este deberá detenerlo en un lugar que no entorpezca el tráfico y ninguno de los trabajos.

Se establecerá como preferencia un terreno firme y lo más llano posible de manera que impida cualquier riesgo de desplazamiento imprevisto. Los vehículos con ruedas se dejarán siempre con el freno de estacionamiento accionado, la excavadora hidráulica deberá estar siempre con la pala bajada, los camiones deberán estar con la caja bajada y la pala cargadora con su respectivo cazo bajado.

En el caso de que el terreno tenga una pendiente, se deberá asegurar que los vehículos no puedan desplazarse o deslizarse solos, se establecerá como preferencia situarlos apoyados sobre un borde o talud que sirva de tope de barrera que impida su

desplazamiento. Los vehículos de ruedas deberán estar siempre convenientemente calzados.

En el caso de que cualquier vehículo o maquinaria quede inmovilizado por cualquier avería, este deberá estar correctamente señalizado según el establecido en la disposición interna de seguridad de regulación del tráfico

4.9. Transporte del personal

Todos los vehículos que sean destinados para el desplazamiento o el transporte del personal deberán cumplir con las condiciones técnicas recogidas en el código de circulación para determinar el tipo de vehículo. Estos deberán ser pintados de colores vivos que sean fácilmente identificables y en caso de que sea necesario deberán estar adoptados de alarmas acústicas ópticas para hacer que su presencia sea claramente notada.

El personal solo podrá utilizar otros tipos de vehículos cuando los mismos estén de acuerdo con lo recogido en las condiciones exigidas por el código de circulación además de necesitar autorización expresa de la dirección facultativa.

4.10. Operadores y conductores

Toda la maquinaria móvil solo podrá ser conducida por operadores mayores de dieciocho años que hayan recibido correctamente la instrucción necesaria con un periodo de prácticas, conozcan las prestaciones, que conozcan el mantenimiento nominal y las limitaciones de la máquina. Además, estos deben estar debidamente autorizados por la autoridad minera competente.

Dichas autorizaciones serán específicas para cada tipo de maquinaria de manera que deberán ser renovadas a cada cinco años, además no excluyen la necesidad de permiso de circulación que pueda ser exigido en su caso. Los conductores destinados al transporte del personal dispondrán de un permiso de conducir de acuerdo con el tipo de vehículo operado, este deberá ser expedido por la autoridad de tráfico correspondiente.

En cuanto a los conductores de los camiones dedicados al transporte del todo uno y de los estériles, deberán disponer del correcto permiso expedido por la autoridad competente segundo las condiciones indicadas.

4.11. Uso de las maquinarias y vehículos

Las disposiciones reglamentarias conformarán el uso de la maquinaria móvil y de los vehículos de transporte, además se tendrá en cuenta todas las informaciones proporcionadas por el fabricante.

El conductor de un respectivo vehículo u operador de determinada maquinaria debe siempre examinar y comprobar el perfecto estado de la maquinaria antes de ponerla en uso repitiéndolo al comienzo de cada turno. En el caso de que se observe cualquier defecto éste debe ser inmediatamente notificado y comunicado a la persona responsable. En el caso de que sea un defecto que genere cualquier tipo de riesgo adicional el conductor no deberá iniciar el trabajo y deberá paralizar la máquina.

Se dispondrá de un manual de utilización para cada máquina que será proporcionada por el fabricante, este manual deberá estar redactado de manera clara y comprensible por los trabajadores además debe disponer de toda información necesaria para poder manejarlo con la debida seguridad. Dicho manual estará redactado en portugués y podrá ser consultado en el local del trabajo.

De esa manera, todos los vehículos y maquinarias deberán cumplir con las normas vigentes.

4.12. Mantenimiento

Se deberá elaborar una disposición interna de seguridad donde se definan todos los programas, características y reglas necesarias para efectuar las correctas reparaciones, respectivos mantenimientos y revisiones de los vehículos y maquinarias empleados en la explotación, este proceso se realizará siempre de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

La disposición interna de seguridad deberá definir el alcance y la periodicidad de las revisiones de los vehículos y maquinarias. De cualquier manera, de acuerdo con las condiciones de utilización en la explotación se procederá a la realización de controles complementarios cuando sean necesarios.

La disposición interna de seguridad definirá también el mantenimiento de un registro para cada vehículo y maquinaria utilizada, en dicho registro se anotarán las intervenciones realizadas en las reparaciones, en los mantenimientos, bien como en las revisiones. Dicho documento deberá estar a disposición de la autoridad competente. En el caso de que en una intervención participase más de un operario, cada uno de ellos se responsabilizará del cumplimiento de lo reglamentado.

Cuando se proceda a las reparaciones mencionadas anteriormente, los vehículos deberán estar debidamente inmovilizados en un local seguro de acuerdo con las normas de aparcamientos implementadas.

Los neumáticos de la maquinaria deberán ser hinchados por un operario mediante el empleo de una manguera con una extensión que permita que el operario se mantenga lejos de la rueda, de manera que nunca esté posicionado frente a dicha rueda. Para el proceso de cambio de dichos neumáticos se deberán utilizar las herramientas y procedimientos preceptuados, de manera que siempre se utilice un sistema protector.

En el caso de que haya sobrepresiones por calentamiento provocadas por sobrecargas o por el exceso de velocidad, éstos no deberán ser corregidos deshinchando

los neumáticos, sino que deberán esperar a que se enfríen disminuyendo la carga y la velocidad.

Siempre cuando se proceda a la elevación de una máquina para realizar su debida reparación, el gato deberá estar sobre el suelo firme y posicionado adecuadamente. Cuando se proceda a la realización de trabajos ubicados debajo de la maquinaria, esta deberá estar calzada.

El repostaje de los vehículos y máquinas que no estén preparadas para repostar en funcionamiento se deberá efectuar con el motor parado y los circuitos eléctricos desconectados, lejos de elementos que puedan producir chispas o llamas. En el caso de que haya derramamiento de combustible en el suelo, este deberá limpiarse antes de que se arranque el motor de la máquina.

Queda terminantemente prohibido fumar o utilizar dispositivos de llama abierta en las áreas comprendidas a una distancia de al menos quince metros desde la zona de repostado o del almacenamiento del combustible. Para garantizar dicha prohibición se deberán situar carteles que señalen las prohibiciones.

El almacenaje del combustible se deberá hacer de manera que dispongan de inscripciones que adviertan el contenido y su peligrosidad, además de estaren almacenados en lugares adecuados.

Las soldaduras y cortes con soplete se realizarán con las debidas precauciones y siguiendo una norma expresa de seguridad cuando se realicen en partes peligrosas, tales como depósitos de combustible y sistemas hidráulicos.

La explotación deberá disponer de los medios adecuadamente suficientes para que los trabajos de reparaciones, mantenimientos y revisiones puedan ser realizadas en el propio taller de la explotación. Estos medios se refieren especialmente a la seguridad, la disposición de un responsable, además de la correcta autorización por la autoridad minera competente que deberá determinar el tipo de operaciones destinadas al taller.

4.13. Remolque y transporte de equipos

El remolque de vehículos y máquinas deberá efectuarse con la ayuda de barras o cables de sujeción suficientemente dimensionados de manera que queda terminantemente prohibida su utilización para desplazamientos generales.

No podrán ser remolcados con cables, los vehículos y máquinas, a menos que sus frenos y órganos de dirección puedan ser utilizados. En los casos en que el enganche no sea totalmente fiable, se utilizarán cadenas de seguridad.

La velocidad máxima que un vehículo puede ser remolcado no sobrepasará la velocidad máxima fijada por el fabricante. Como medida general la velocidad de remolque por las pistas y accesos no podrá ultrapasar los 7 km/h. Queda terminantemente prohibido que el personal se sitúe en las proximidades del cable o de la barra de remolque, también será prohibido utilizarlo para desplazamientos.

Cuando se utilice una rampa de carga o descarga para subir una máquina a una góndola de transporte, debe procurarse que la operación se realice en una zona nivelada. Las rampas serán resistentes, bien posicionadas y fijadas, con una superficie que facilite la tracción y dificulte los deslizamientos incontrolados.

De esa manera, las ruedas y orugas deberán estar siempre limpias del barro. El vehículo de transporte estará bloqueado para evitar que se desplace durante la operación de carga. La carga deberá fijarse de modo que se evite su desplazamiento durante el transporte.

4.14. Circulación del personal

Queda terminantemente prohibido el acceso a los equipos de trabajo por parte de las personas que no forman parte de dichos equipos, así como el acceso a las instalaciones o zonas de trabajo, salvo en el caso de que dichas personas sean autorizadas por el responsable. Dichas prohibiciones mencionadas anteriormente deberán ser indicadas con las debidas señalizaciones visibles.

En las operaciones generales de trabajo, el personal deberá mantenerse a una distancia mínima de seguridad que sea superior a cinco metros de los camiones que estén cargados.

El procedimiento de acceso del conductor o del personal de mantenimiento deberá realizarse siempre por la parte delantera prestando especial cuidado a las posibles caídas de materiales desde la caja. Para proceder al abandono o al acceso de una máquina siempre se deberá utilizar los estribos de dicha máquina.

Queda terminantemente prohibido el acceso o bien el descenso de máquinas que se encuentren en marcha.

La circulación del personal entre las zonas de trabajo de la explotación deberá realizarse a través de accesos seguros y asequibles. La circulación del personal por las pistas y frentes de explotación deberá ser la mínima imprescindible. Los equipos que realicen sus respectivos trabajos en las pistas y accesos deberán estar suficientemente señalizados.

Todo el personal que trabaje en ambientes nocturnos en las proximidades de la zona de tránsito de maquinaria o de vehículos, deberán estar correctamente provistos de prendas reflectantes adecuadas

5. FUNCIONAMIENTO Y CONSERVACIÓN

Todos los materiales que se emplean en la explotación deberán ser de primera calidad y deberán reunir los requisitos exigidos en las disposiciones vigentes. Tendrán prioridad sobre cualquier otro, aquellos materiales, sistemas, prototipos, instalaciones o

unidades de obra que posean autorización de uso, sellos y marcas de calidad vigentes, refrendadas por la administración.

A cargo del contratista, se podrá proceder a los análisis y pruebas de todos los materiales que se crea necesario acreditar su calidad según los criterios establecidos en el presente pliego de condiciones.

Todos los materiales que no se especifiquen y que resulten necesarios emplear en la obra, deberán ser aprobados por la dirección de explotación, bien entendido que serán rechazados aquellos que no reúnan las condiciones exigidas.

5.1. Conservación y vigilancia

El Contratista que ejecute las obras deberá conservar todos los elementos de las obras civiles desde el comienzo hasta recepción definitiva de las obras, con independencia de que los daños que se puedan causar hasta ese momento sean accidentales, intencionados o producidos por uso natural de las mismas. En esta conservación será incluida la reposición o reparación de cualquier elemento constitutivo de las obras, sea de la clase que fuese.

La sustitución será decidida por la Dirección, que juzgará a la vista del incidente si el elemento puede ser reparado o totalmente sustituido por otro nuevo, teniendo que aceptar plenamente la decisión de la Dirección. Todos los gastos que origine la conservación, tales como vigilancia, revisiones de las instalaciones, limpieza de aparatos, pintura, eliminación de óxidos, abolladuras, posibles hurtos o desperfectos causados por un tercero, o cualquiera de otro tipo no citado, serán de cuenta del Contratista, que no podrá alegar que la instalación está o no en servicio.

También será de cargo del contratista la permanencia de elementos generales como puertas, cerraduras, báculo y etc., hasta que la obra sea definitivamente entregue. También será de responsabilidad del contratista la posibilidad de la mala calidad del material o del montaje realizado sin que pueda declinar a dicha responsabilidad en los suministradores de materiales o fabricantes de cualquier tipo.

También será de cargo del contratista todos los gastos derivados de la conservación durante el año de garantía, bien como las debidas reparaciones que sean necesarias realizar.

5.2. Conservación del medio ambiente

El contratista estará obligado a evitar la contaminación del aire, cursos de agua, lago, cultivos, montes y, en general, cualquier clase de bien público o privado que pudiera producir la ejecución de las obras, la explotación de canteras, los talleres, y demás instalaciones auxiliares, aunque estuviesen situadas en terrenos de su propiedad. Los límites de contaminación admisible serán los definidos como tolerables, en cada caso, por las disposiciones vigentes o por la autoridad competente.

El contratista estará obligado a cumplir las órdenes del director para mantener los niveles de contaminación, dentro de la zona de obras, bajo los límites establecidos en el plan de seguridad e higiene o en su defecto, bajo los que el director fijase en consonancia con la normativa vigente.

En particular, se evitará la contaminación atmosférica por la emisión de polvo en las operaciones de arranque y transporte. Asimismo, se evitará la contaminación de las aguas superficiales por el vertido de aguas sucias.

La contaminación producida por los ruidos ocasionados por la ejecución de las obras se mantendrá dentro de los límites de frecuencia e intensidad tales que no resulten nocivos para las personas o medio ajeno a la explotación no para las personas afectas a la misma, según sea el tiempo de permanencia continuada bajo el efecto del ruido o la eficacia de la protección auricular adoptada, en su caso.

La intensidad de los ruidos ocasionados por la ejecución de las obras se mantendrá dentro de los límites admitidos por la normativa vigente. Todos los gastos que se van a originar de la adaptación de las medidas y trabajos necesarios para el cumplimiento de lo establecido en el presente capítulo, serán a cargo del contratista, por lo que no serán de abono directo.

6. DISPOSICIONES NO ESPECIFICADAS

Todo el procedimiento distinto de los previstos en este pliego bien como los procedimientos que no hayan sido recogidos deberán ser aprobados por la dirección facultativa.

DOCUMENTO N°3 MEDICIONES Y PRESUPUESTO

DOCUMENTO N°3 MEDICIONES Y PRESUPUESTO	161
1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO	163
2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO.....	171

1. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

El presente documento corresponde al presupuesto de la ejecución de los trabajos definidos en este proyecto en la mina de *São Francisco*. Se dispondrán los resultados en euros(€) y en *reais* (R\$), la moneda local correspondiente con la cotización base del día donde R\$ 1,00 vale 0,16 €.

Presupuesto de ejecución del proyecto en la **Mina de São Francisco**
Propuesta TFG

MEDICIONES Y PRESUPUESTO

CAPÍTULO C01 - GASTOS RESPECTIVOS LA ADMINISTRACIÓN

Código	Ud.	Descripción	Parciales	Medición	Anchura	Precio	Presupuesto
C01GA11 1.001	Ud.	Proyecto de explotación	1,00	1,00		800,00	800,00
C01GA12 1.002	Ud.	Proyecto de beneficiamiento mineral	1,00	1,00		850,00	850,00
C01GA13 1.003	Ud.	Proyecto de restauración	1,00	1,00		1.050,00	1.050,00
C01GA14 1.004	Ud.	Tramitación de tasas legales y licencias Permisos	1,00	1,00		9.300,00	9.300,00
C01GA15 1.005	ha	Adecuación de la superficie	1,00	3,00		4.200,00	12.600,00
C01GA16 1.006	m	Sondeo de penetración Sondeo de investigación con extracción de testigo con informe y preparación		210,00		67,00	14.070,00
TOTAL CAPÍTULO C01 - GASTOS RESPECTIVOS LA ADMINISTRACIÓN.....							38.670,00 €
TOTAL CAPÍTULO C01 - GASTOS RESPECTIVOS LA ADMINISTRACIÓN.....							R\$ 241.687,50

CAPÍTULO C02 - MANO DE OBRA EMPLEADA

Código	Ud.	Descripción	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto	
C02MO11 2.001	año	Gerente de mina durante la vida útil		6,00	1,00	28.000,00	168.000,00
C02MO12 2.002	año	Geólogo de mina durante la vida útil		6,00	1,00	18.900,00	113.400,00
C02MO13 2.003	año	Supervisor de mina durante la vida útil		6,00	1,00	20.800,00	124.800,00
C02MO14 2.004	año	Ingeniero técnico durante la vida útil		6,00	1,00	21.150,00	126.900,00
C02MO15 2.005	año	Operario pala cargadora durante la vida útil		6,00	1,00	15.600,00	93.600,00
C02MO16 2.006	año	Operario excavadora durante la vida útil		6,00	1,00	16.700,00	100.200,00
C02MO17 2.007	año	Operario transportista durante la vida útil		6,00	5,00	15.300,00	459.000,00
C02MO18 2.008	año	Tecnico de laboratorio durante la vida útil		6,00	1,00	16.000,00	96.000,00
C02MO19 2.009	año	Operario planta de tratamiento durante la vida útil		6,00	6,00	15.000,00	540.000,00
C02MO20 2.010	año	Personal administrativo durante la vida útil		6,00	8,00	15.600,00	748.800,00
C02MO21 2.011	año	Mecánico durante la vida útil		6,00	1,00	15.200,00	91.200,00
TOTAL C02 - MANO DE OBRA EMPLEADA							2.661.900,00 €
TOTAL C02 - MANO DE OBRA EMPLEADA							R\$ 16.636.875,00

CAPÍTULO C03 - MAQUINARIA EMPLEADA

Código	Ud.	Descripción	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
C03ME011 3.001	Ud	Camión basculante Axor 3344 6x4		3,00	61.900,00	185.700,00
C03ME012 3.002	Ud	Retroexcavadora Caterpillar 320 D2		2,00	176.000,00	352.000,00
C03ME013 3.003	Ud	Pala cargadora de ruedas Caterpillar 938 K		1,00	98.000,00	98.000,00
TOTAL C03 - MAQUINARIA EMPLEADA						635.700,00 €
TOTAL C03 - MAQUINARIA EMPLEADA						R\$ 3.973.125,00

CAPÍTULO C04 - MANTENIMIENTO

Código	Ud.	Descripción	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
C04MA011 4.001	año	Mantenimiento de filtros y lubricantes durante la vida útil		6,00	31.279,00	187.674,00
C04MA012 4.002	año	Repuestos generales		6,00	7.890,00	47.340,00
C04MA013 4.003	año	Mantenimiento Camión basculante Axor 3344 6x4		6,00	9.467,00	56.802,00
C04MA014 4.004	año	Mantenimiento Retroexcavadora Caterpillar 320 D2		6,00	31.288,00	187.728,00
C04MA015 4.005	año	Mantenimiento Pala cargadora de ruedas Caterpillar 938 K		6,00	26.572,00	159.432,00
C04MA016 4.006	año	Mantenimiento planta de beneficiamiento		6,00	43.325,00	259.950,00
TOTAL C04 - MANTENIMIENTO						898.926,00 €
TOTAL C04 - MANTENIMIENTO						R\$ 5.618.287,50

CAPÍTULO C05 - PLANTA DE TRATAMIENTO

Código	Ud.	Descripción	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
C05PT011	Ud.	Rotary scrubber		3,00	58.000,00	174.000,00
5.001		Capacidad: 50 t/h				
C05PT012	Ud.	Criba vibratoria		1,00	30.900,00	30.900,00
5.002		Capacidad: 150 t/h				
C05PT013	Ud.	Molino de bolas		1,00	108.000,00	108.000,00
5.003		Capacidad: 38 t/h				
C05PT014	Ud.	Jigs		20,00	3.890,00	77.800,00
5.004		Capacidad: 1,5 t/h				
C05PT015	Ud.	Hidrociclones		2,00	2.232,00	4.464,00
5.005		Capacidad: 120 m³/h				
C05PT016	Ud.	Espirales circuito fino		16,00	1.900,00	30.400,00
5.006		Capacidad: 3 t/h				
C05PT017	Ud.	Espirales circuito grueso		3,00	2.000,00	6.000,00
5.007		Capacidad: 40 t/h				
C05PT018	Ud.	Mesa vibratoria circuito fino		20,00	1.500,00	30.000,00
5.008		Capacidad: 1 t/h				
C05PT019	Ud.	Mesa vibratoria circuito grueso		20,00	1.350,00	27.000,00
5.009		Capacidad: 1 t/h				
C05PT020	Ud.	Concentrador Falcon circuito fino		20,00	2.700,00	54.000,00
5.010		Capacidad: 2,3 m³/h				
C05PT021	Ud.	Concentrador Falcon circuito grueso		1,00	9.600,00	9.600,00
5.011		Capacidad: 100 m³/h				
C05PT022	Ud.	Horno rotativo		1,00	51.000,00	51.000,00
5.012		Capacidad: 300 l/h				
C05PT022	Ud.	Separador magnético de alta densidad		1,00	68.000,00	68.000,00
5.012						
TOTAL C05 - PLANTA DE TRATAMIENTO						671.164,00 €
TOTAL C05 - PLANTA DE TRATAMIENTO						R\$ 4.194.775,00

CAPÍTULO C06 - INSTALACIONES, CONSUMOS GENERALES, ACCESOS Y VÍAS						
Código	Ud.	Descripción	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
C06IA011 6.001	km	Adecuación de vías y accessos	0,9	8,00	990,00	7.128,00
C06IA012 6.002	año	Consumo de combustible maquinas y motores		6,00	323.000,00	1.938.000,00
C06IA013 6.003	Ud.	Caseta prefabricada				
		Utilización de los operarios en la hora de trabajo		1,00	1.900,00	1.900,00
<u>TOTAL C06 - INSTALACIONES, CONSUMOS GENERALES, ACCESOS Y VÍAS</u>						<u>1.947.028,00 €</u>
<u>TOTAL C06 - INSTALACIONES, CONSUMOS GENERALES, ACCESOS Y VÍAS</u>						<u>R\$ 12.168.925,00</u>

CAPÍTULO C07 - SEGURIDAD Y SALUD

SUBCAPÍTULO C071 - Equipos de protección individual

Código	Ud.	Descripción	Parciales	Medición	Precio	Presupuesto
C071R011	Ud.	Casco seguridad contra impactos		50,00	2,96	148,00
7.001		Polietileno alta densidad				
C071R012	Ud.	Botas seguridad pié		50,00	25,00	1.250,00
7.002		Protección contra riesgos pié				
C071R013	Ud.	Protectores auditivos		50,00	16,99	849,50
7.003		Protetores tipo homologado				
C071R014	Ud.	Gafas contra impactos		50,00	2,79	139,50
7.004		Antirrayadura homologada				
C071R015	Ud.	Guantes seguridad		50,00	3,10	155,00
7.005		Neopreno homologado				
C071R016	Ud.	Chaleco reflectante seguridad		50,00	3,00	150,00
7.006		Chaleco tejido fluorescente homologado				
C071R017	Ud.	Cinturón de seguridad antilumbago		50,00	11,00	550,00
7.007		Protecición dorsolumbar homologado				
C071R018	Ud.	Ropa de trabajo		50,00	10,00	500,00
7.008		Mono de trabajo homologado				
TOTAL SUBCAPÍTULO C071 - Equipos de protección individual.....						3.742,00 €
TOTAL SUBCAPÍTULO C071 - Equipos de protección individual.....						R\$ 23.387,50

SUBCAPITULO C072 - Equipos de protección colectivas

C072R018	Ud.	Señal advertencia		13,00	9,17	119,21
7.009		Señal seguridad advertencia				
C072R019	Ud.	Alarmas seguridad		4,00	43,00	172,00
7.010						
C072R020	Ud.	Extintores de incendio				
7.011		Extintor movil incendio homologado		130,00	35,44	4.607,20
TOTAL SUBCAPÍTULO C072 - Equipos de protección colectivas						4.898,41 €
TOTAL SUBCAPÍTULO C072 - Equipos de protección colectivas						R\$ 30.615,06

SUBCAPÍTULO C073 - Medicina preventiva y auxilios

C073R021	Ud.	Botiquín de obra		4,00		213,00	852,00
7.012		Disponible en todas áreas de trabajo					
C073R022	Ud.	Reconocimiento médico obligatorio	1,2	27,00		89,00	2.403,00
7.013		Medidas de reconocimiento médico de todo el personal					
TOTAL SUBCAPÍTULO C073 - Medicina preventiva y auxilios.....							3.255,00 €
TOTAL SUBCAPÍTULO C073 - Medicina preventiva y auxilios.....							R\$ 20.343,75

SUBCAPITULO C074 - Labores de prevención

C074R022	h	Formación seguridad y salud	2,00	6,00		1.100,00	13.200,00
7.014		Formacions y entrenamientos periódicos del personal de trabajo					
C074R023	año	Estudio polvo	5,00	6,00		727,43	21.822,90
7.015		Medición de exposición al polvo					
C074R024	año	Estudio sonoro					
7.016		Medicion de los niveles sonoros expuestos al trabajador	12,00	6,00		482,70	34.754,40
TOTAL SUBCAPÍTULO C074 - Labores de prevención.....							69.777,30 €
TOTAL SUBCAPÍTULO C074 - Labores de prevención.....							R\$ 436.108,13

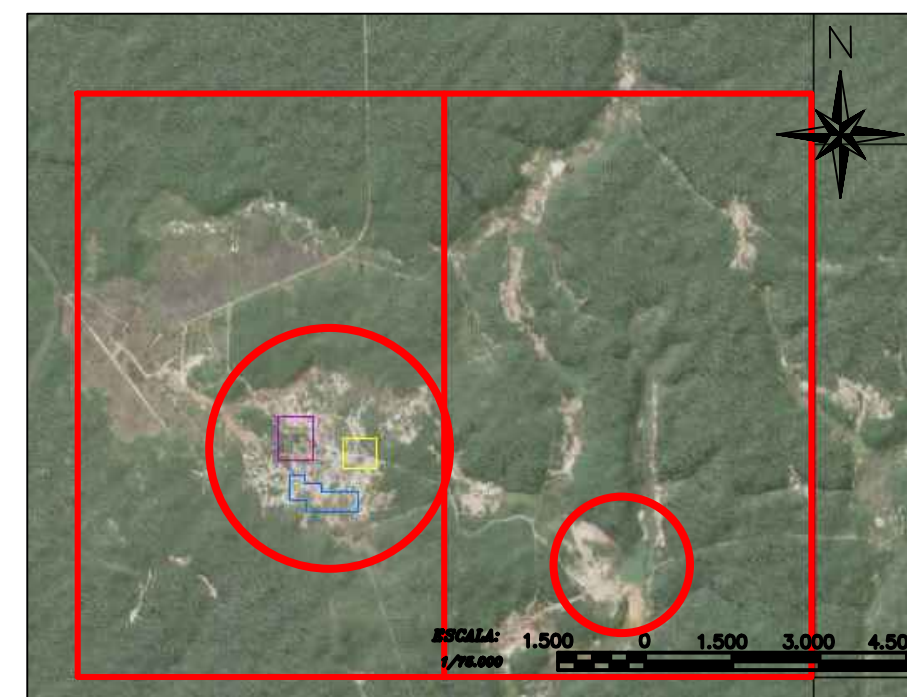
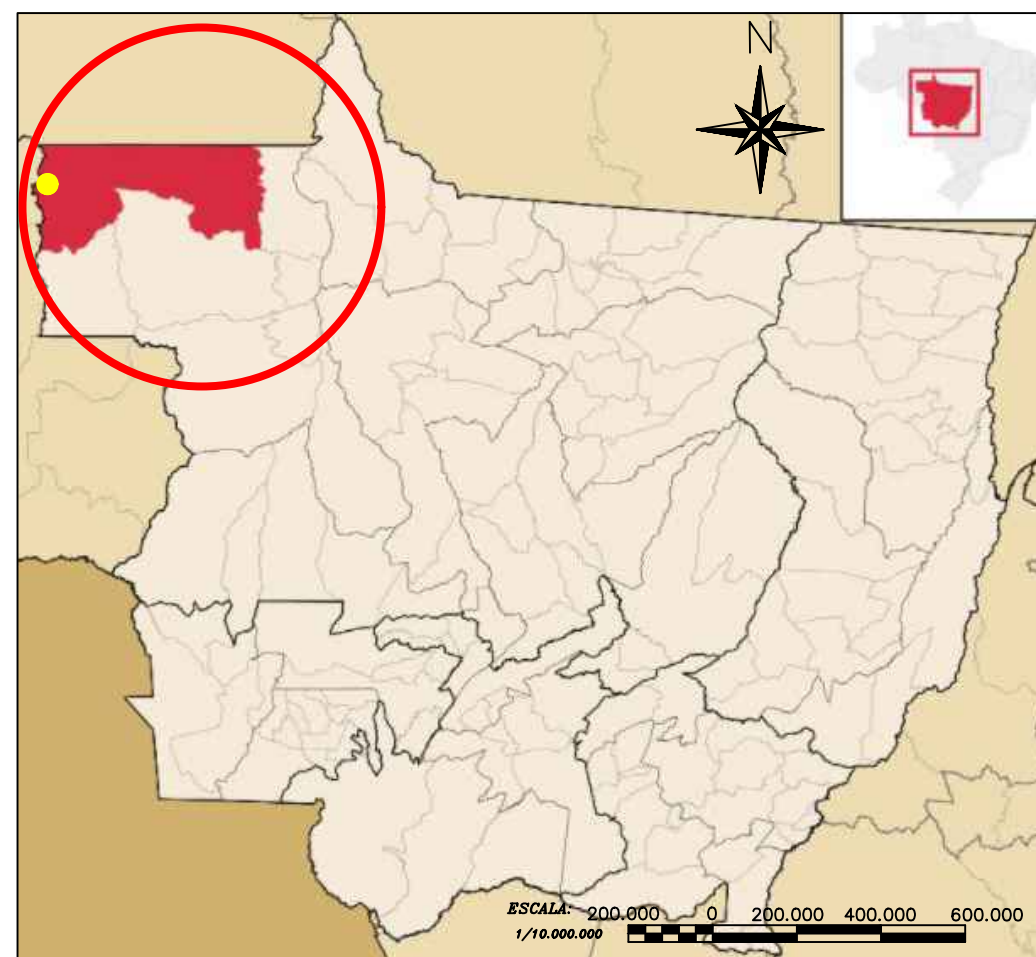
2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

Código	DESCRIPCIÓN	PRESUPUESTO
C01	GASTOS RESPECTIVOS A LA ADMINSTRACIÓN	38.670,00 €
C02	MANO DE OBRA EMPLEADA	2.661.900,00 €
C03	MAQUINARIA EMPLEADA	635.700,00 €
C04	MANTENIMIENTO	898.926,00 €
C05	PLANTA DE TRATAMIENTO	671.164,00 €
C06	INSTALACIONES, CONSUMOS GENERALES, ACCESOS Y VÍ/	1.947.028,00 €
	C071 Equipos de protección individual	3.742,00 €
C07	C072 Equipos de protección colectivas	4.898,41 €
	C073 Medicina preventiva y auxilios	3.255,00 €
	C074 Labores de prevención	69.777,30 €
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	6.935.060,71 €
	13% GASTOS GENERALES	901.557,89 €
	6% BENEFICIO INDUSTRIAL	416.103,64 €
	SUMA	8.252.722,24 €
	21% I.V.A. DE CONTRATA	1.733.071,67 €
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	9.985.793,92 €
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	R\$ 62.411.211,98

El presente presupuesto general asciende la cantidad de **NUEVE MILLONES NOVECIENTOS OCHENTA Y CINCO MIL SETECIENTOS Y NOVENTA Y TRES EUROS.**

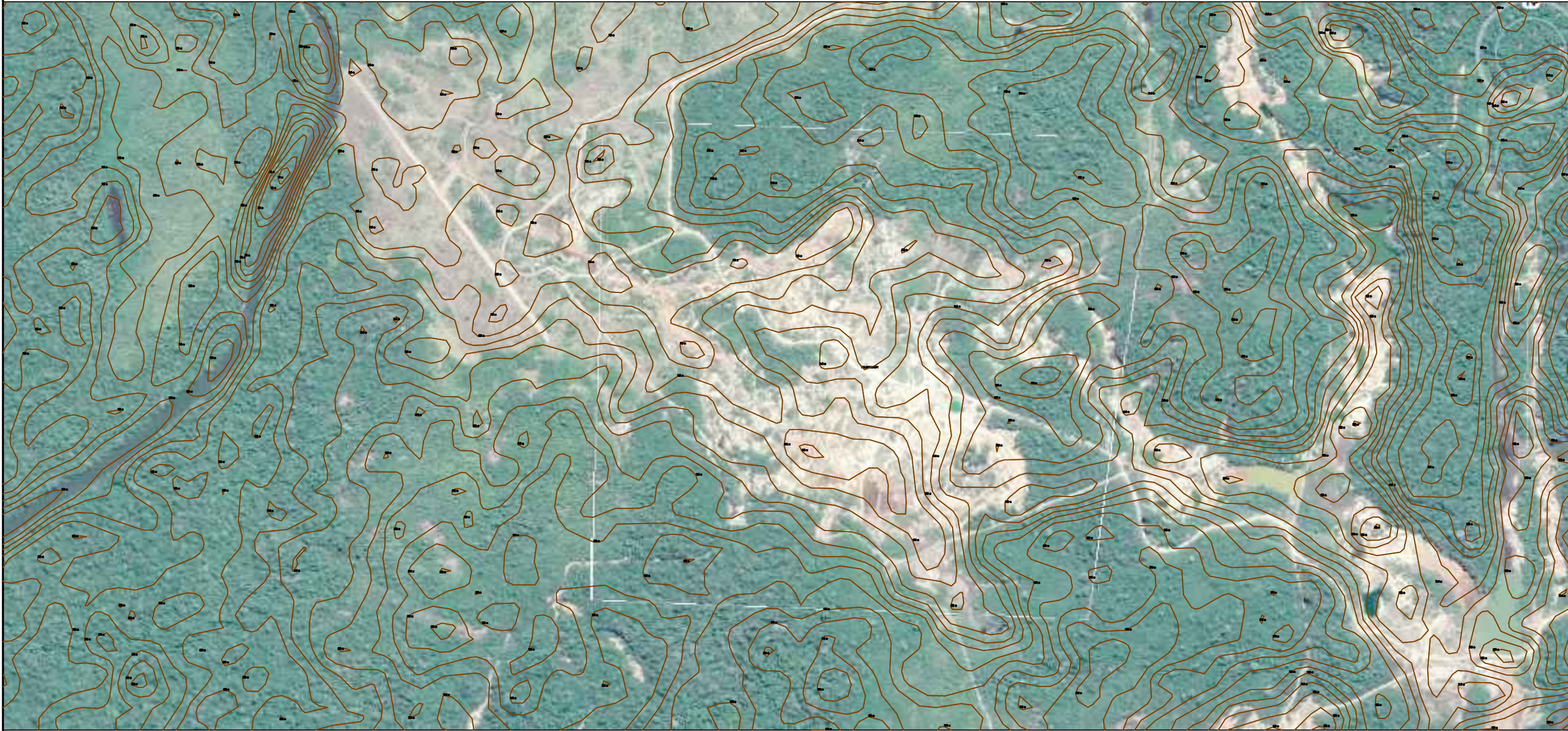
DOCUMENTO N°4: PLANOS

1. **Plano 1: Situación y Emplazamiento;**
2. **Plano 2: Topografía General;**
3. **Plano 3: Topografía de Detalle;**
4. **Plano 4: Perfil Longitudinal 01;**
5. **Plano 5: Perfil Longitudinal 02;**
6. **Plano 6: Perfil Longitudinal 03;**
7. **Plano 7: Geología;**
8. **Plano 8: Flowsheet Planta de Tratamiento;**
9. **Plano 9: Situación y Perfil de los Sondeos;**
10. **Plano 10: Equipo de Perforación;**

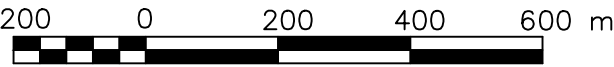


SIRGAS2000		Latitud	Longitud
867154/2013	1	09°14'08"613	61°22'08"276
	2	09°16'18"809	61°22'08"276
	3	09°16'18"806	61°23'30"187
	4	09°14'08"610	61°23'30"179
867158/2013	1	09°16'18"809	61°22'08"276
	2	09°14'08"613	61°22'08"276
	3	09°14'08"610	61°20'46"372
	4	09°16'18"809	61°22'08"276

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		D ^a Lunna Vezard		
COMPROBADO		J.A.Martinez		
ESCALA:	Proyecto de estructuración y ampliación de un Garimpo y planta de tratamiento de casiterita. Realización de una campaña de sondeos de investigación. T.M. de Colniza, Brasil. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO			Nº PLANO 1/10
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



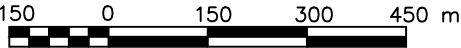
ESCALA:
1/10.000



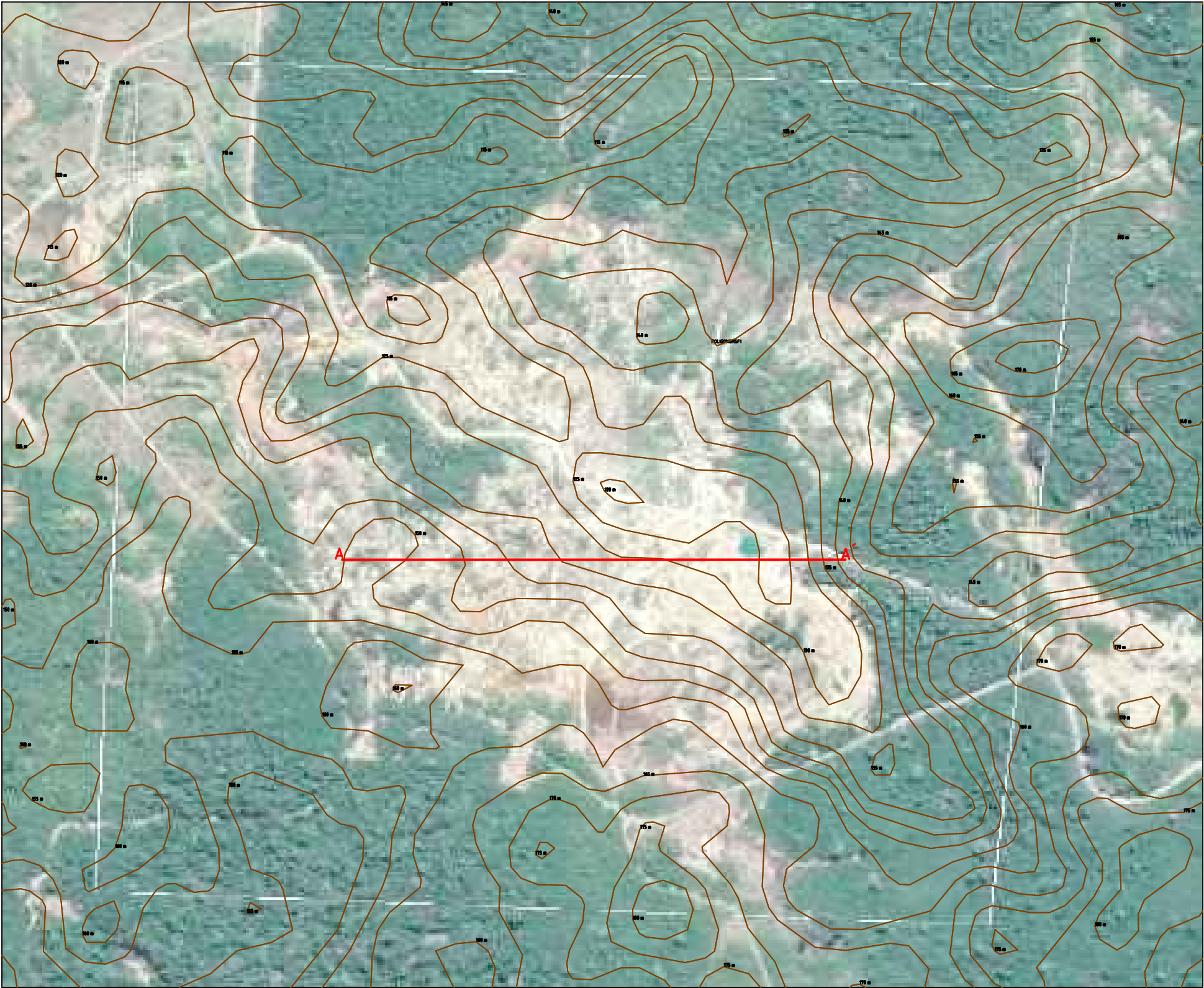
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		D ^a Lunna Vezard			
COMPROBADO		J.A.Martinez			
ESCALA:	Proyecto de estructuración y ampliación de un Garimpo y planta de tratamiento de casiterita. Realización de una campaña de sondeos de investigación. T.M. de Colniza, Brasil.			Nº PLANO 2/10	
1:10.000				TOPGRÁFICO GENERAL	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	



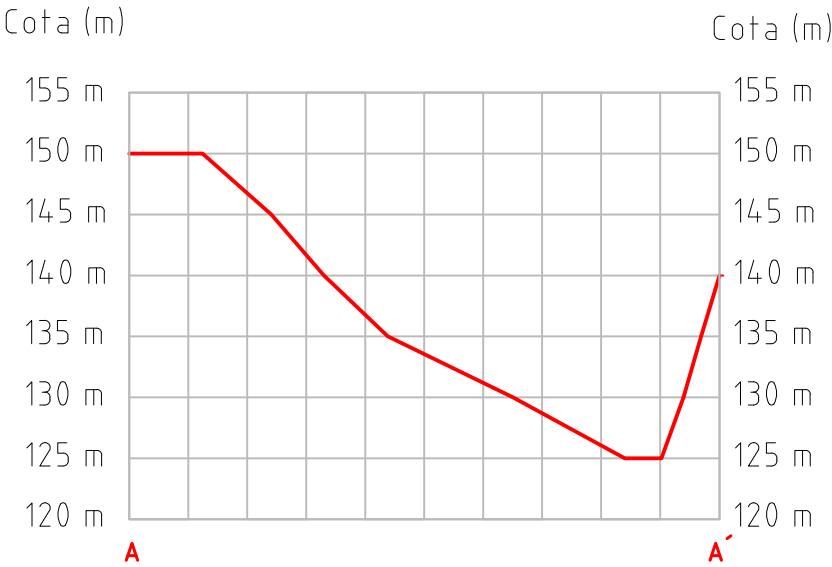
ESCALA:
1/7.500



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		D. Lunna Vezaro		
COMPROBADO		J.A.Martinez		
ESCALA: 1:7.500	Proyecto de estructuración y ampliación de un Garimpo y planta de tratamiento de casiterita. Realización de una campaña de sondeos de investigación. T.M. de Colniza, Brasil. TOPGRÁFICO DE DETALLE			Nº PLANO 3/10
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



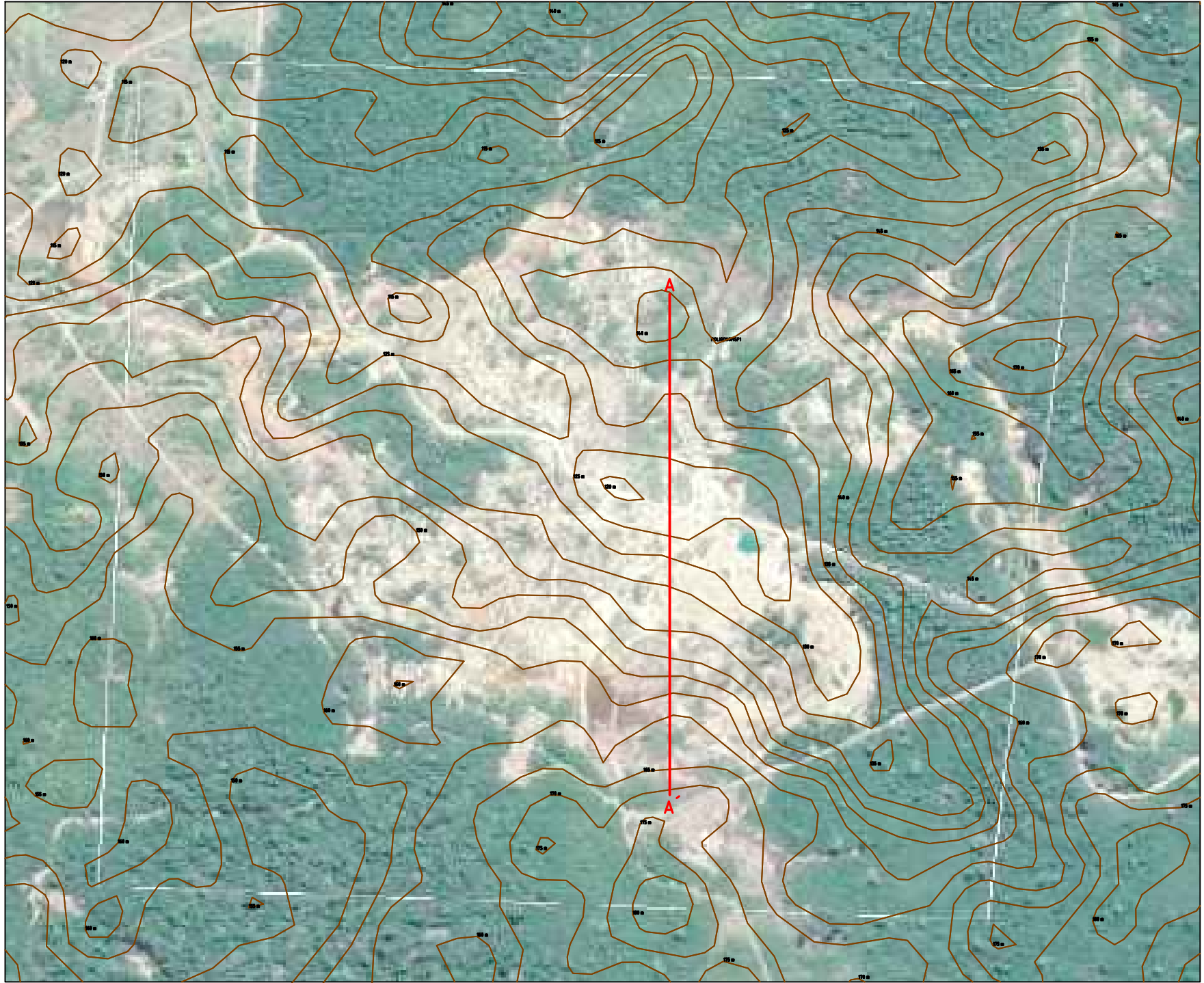
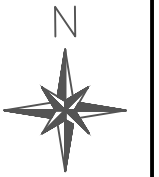
Perfil longitudinal 01



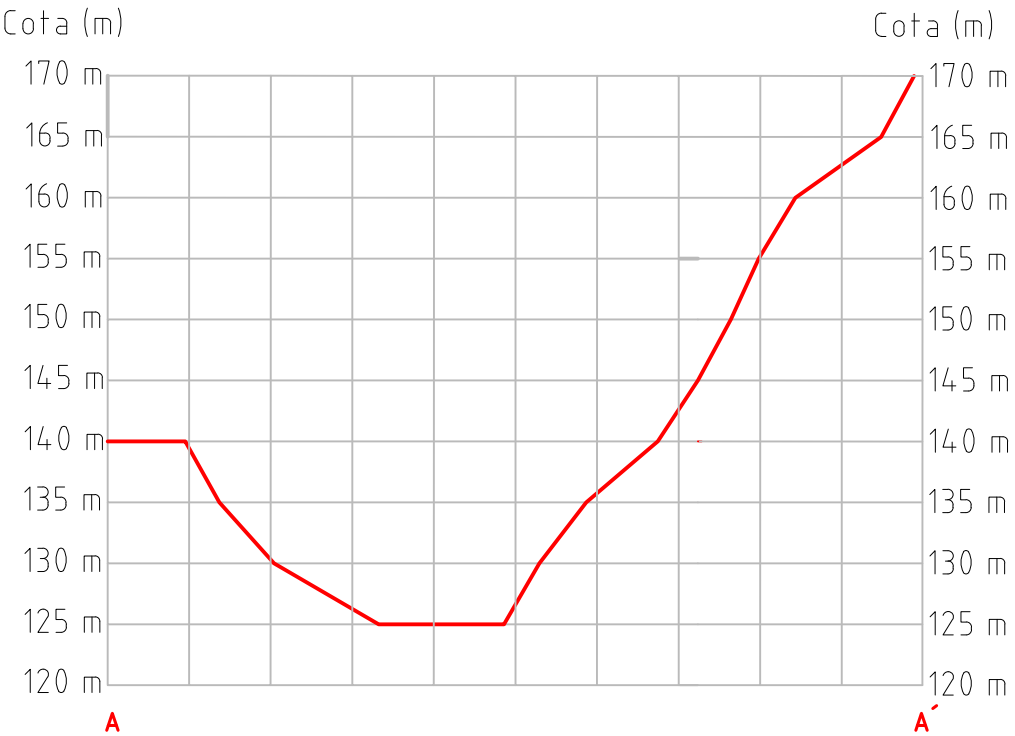
ESCALA:
1/10.000



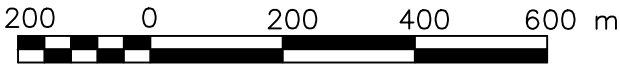
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		Dª Lunna Vezaro			
COMPROBADO		J.A.Martinez			
ESCALA:	Proyecto de estructuración y ampliación de un Garimpo y planta de tratamiento de casiterita. Realización de una campaña de sondeos de investigación. T.M. de Colniza, Brasil.			Nº PLANO 4/10	
1:10.000				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	
	PERFIL LONGITUDINAL 01				



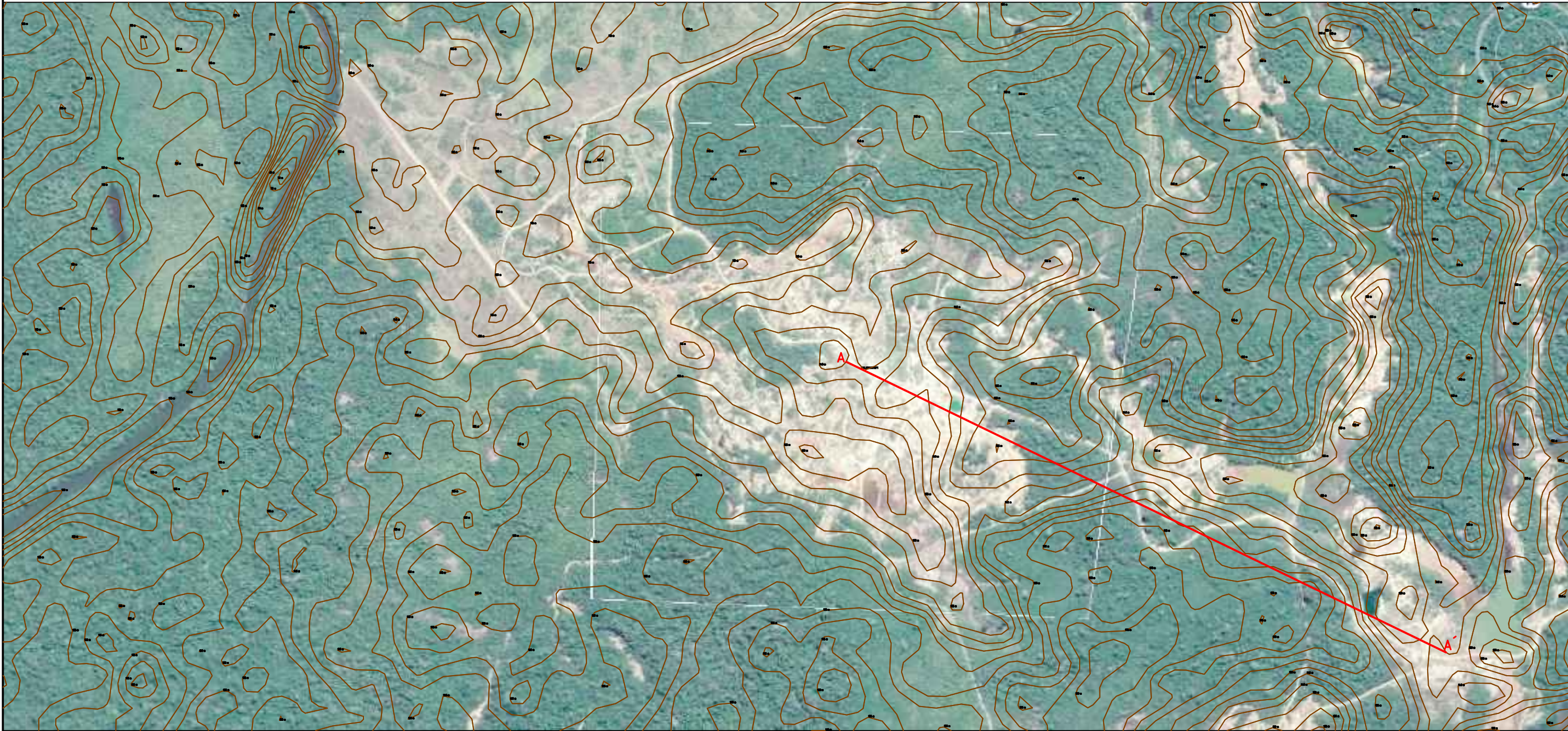
Perfil longitudinal 02



ESCALA:
1/10.000

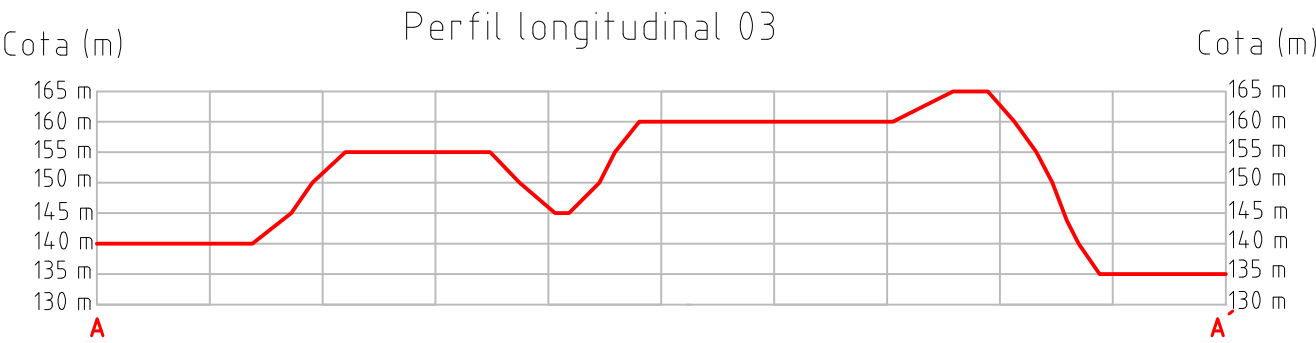


	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		D ^a Lunna Vezaro			
COMPROBADO		J.A.Martinez			
ESCALA:	Proyecto de estructuración y ampliación de un Garimpo y planta de tratamiento de casiterita. Realización de una campaña de sondeos de investigación. T.M. de Colniza, Brasil.			Nº PLANO	
1:10.000				5/10	
				SUSTITUYE A:	
	PERFIL LONGITUDINAL 02			SUSTITUIDO POR:	

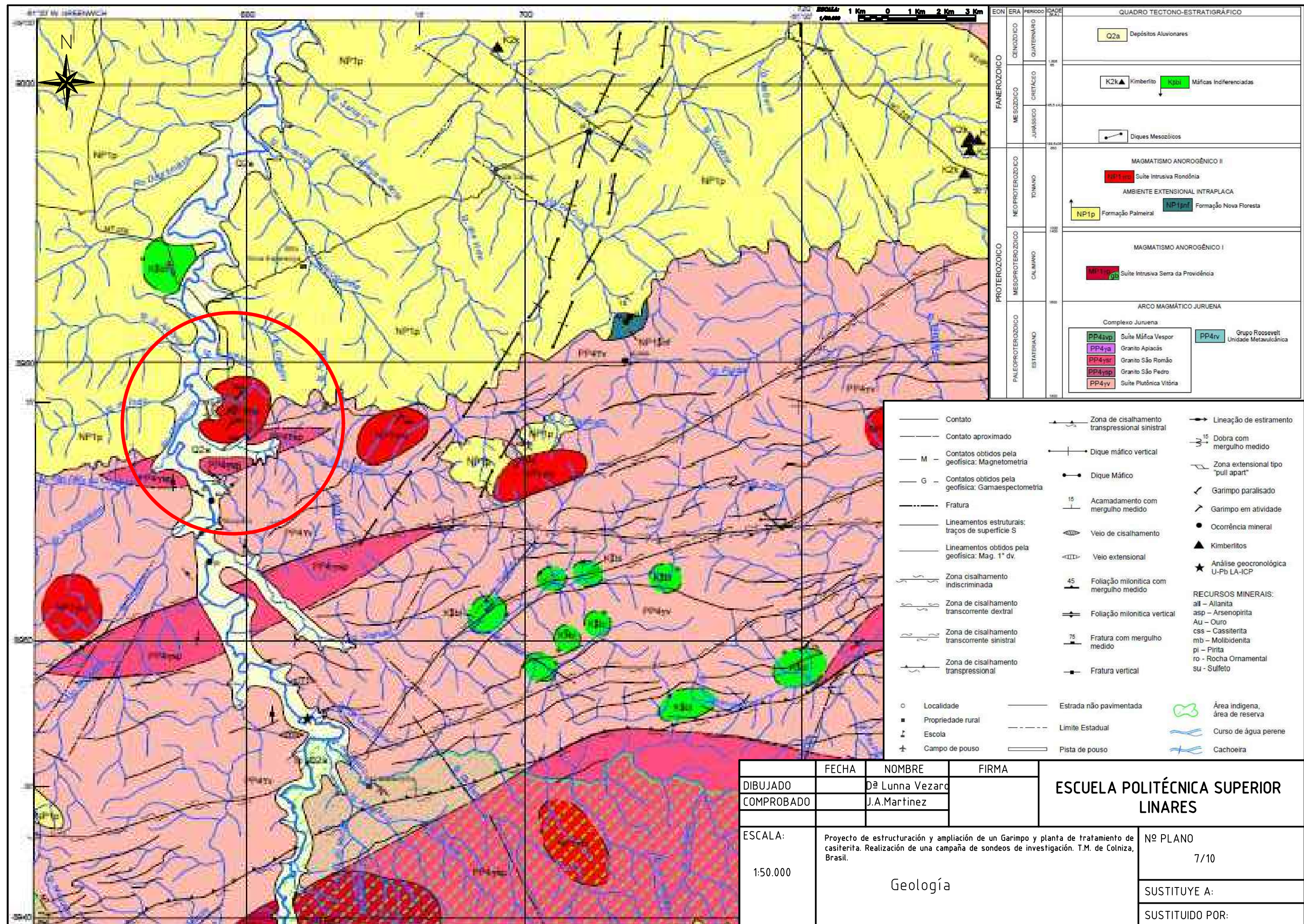


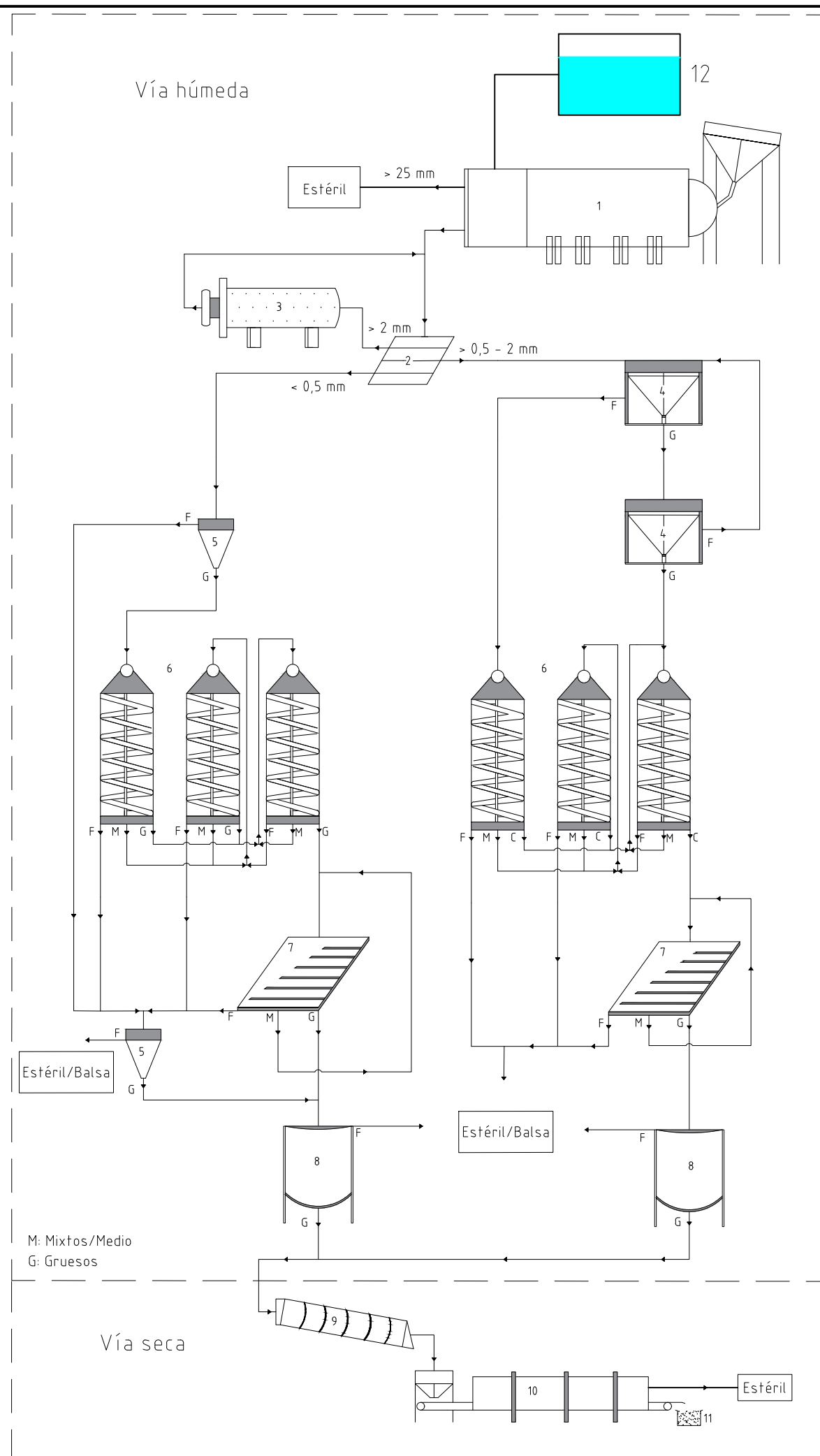
ESCALA: 1/10.000

200 0 200 400 600



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES	
DIBUJADO		D ^a Lunna Vezard			
COMPROBADO		J.A.Martinez			
ESCALA:	Proyecto de estructuración y ampliación de un Garimpo y planta de tratamiento de casiterita. Realización de una campaña de sondeos de investigación. T.M. de Colniza, Brasil.			Nº PLANO	
1:10.000	PERFIL LONGITUDINAL 03			6/10	
				SUSTITUYE A:	
				SUSTITUIDO POR:	





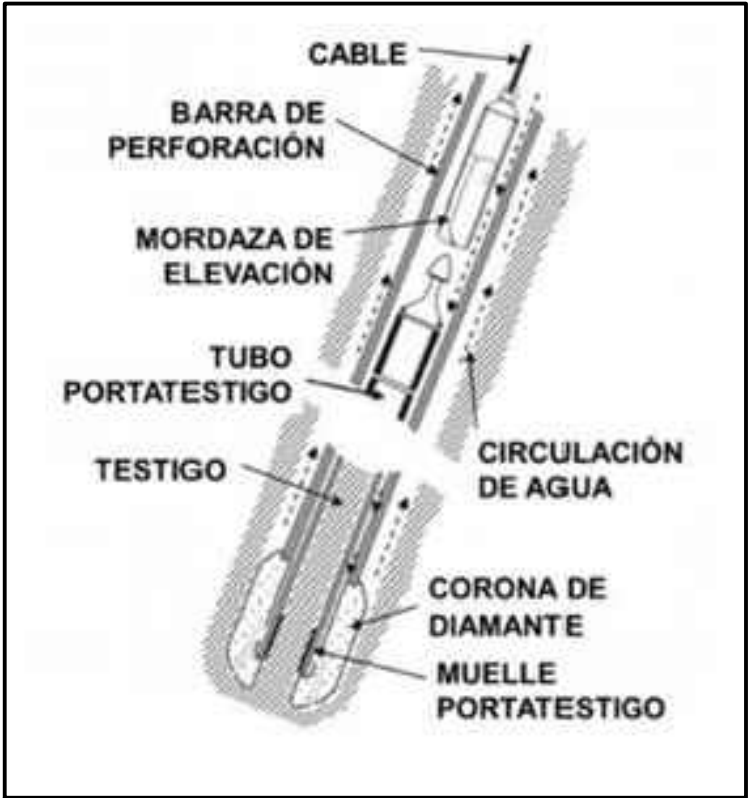
- 1) Rotary Scrubber
- 2) Criba Vibratoria
- 3) Molino de Bolas
- 4) Jigs
- 5) Hidrociclones
- 6) Espirales
- 7) Mesa Vibratoria
- 8) Concentrador Falcon
- 9) Horno Rotativo
- 10) Separador Magnético
- 11) Concentrado Final - Bags
- 12) Balsa de agua

F: FINOS
M: MIXTO
G: GRUESO

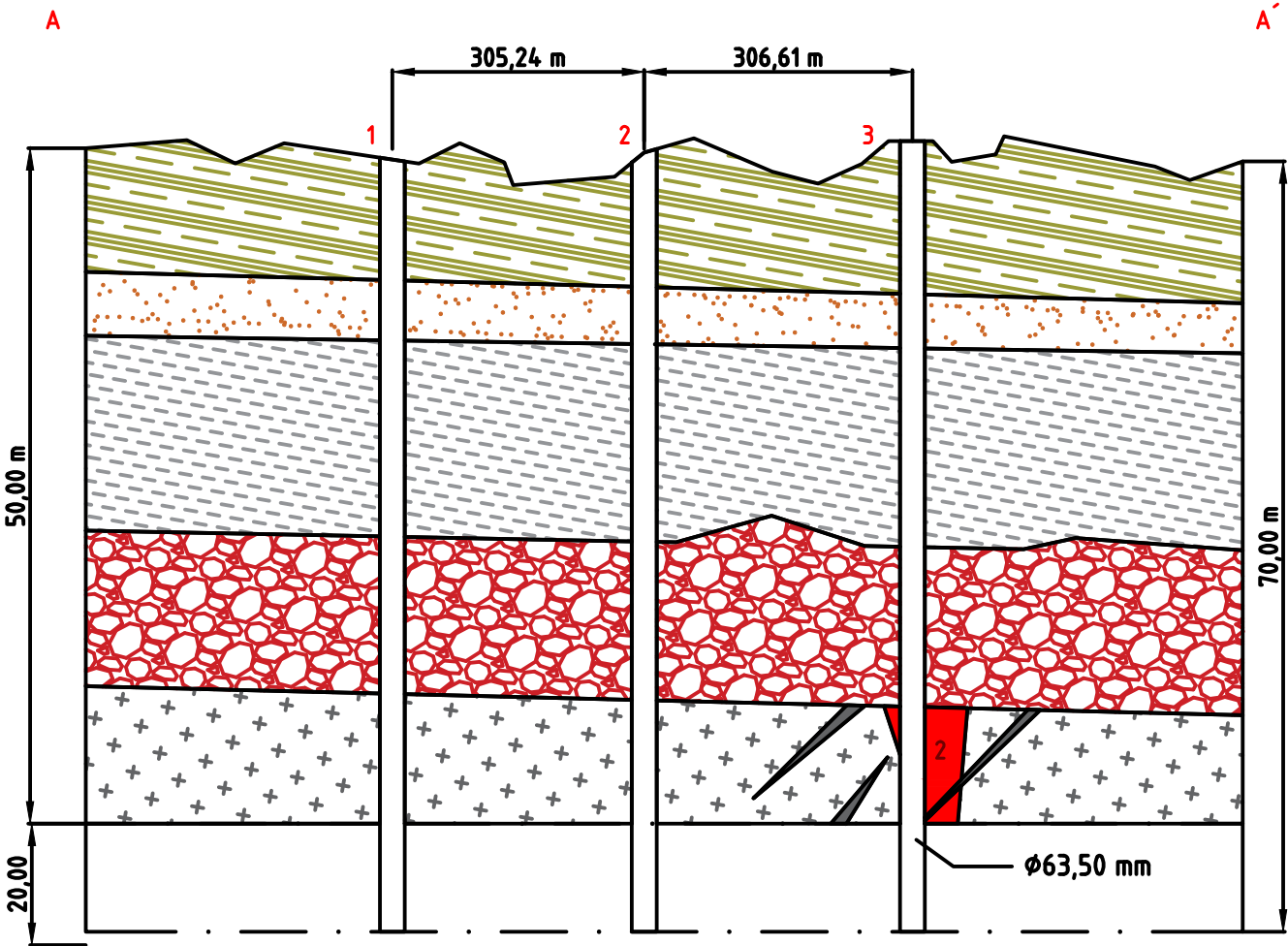
	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		Dª Lunna Vezard		
COMPROBADO		J.A.Martinez		
ESCALA:	Proyecto de estructuración y ampliación de un Garimpo y planta de tratamiento de casiterita. Realización de una campaña de sondeos de investigación. T.M. de Colniza, Brasil. FLOWSHEET PLANTA DE TRATAMIENTO			Nº PLANO 8/10
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



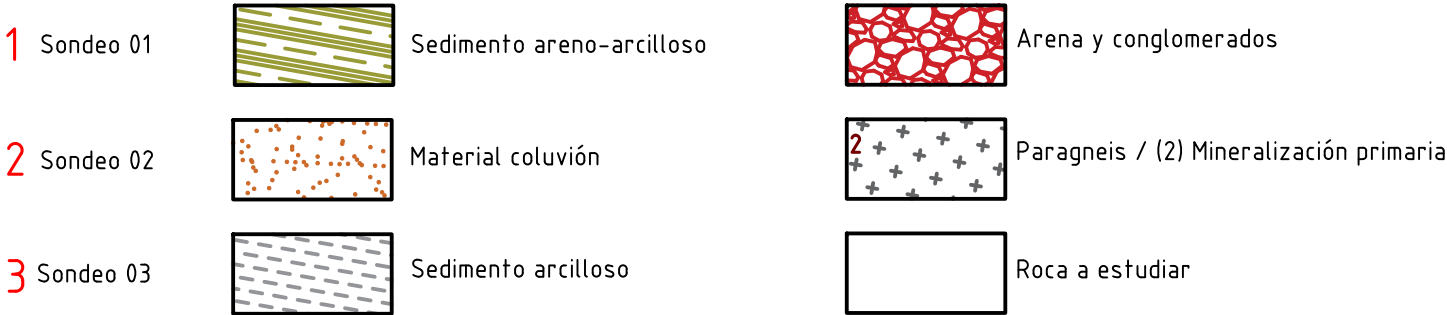
Imagen: Situación de los sondeos de investigación.



Esquema de la sarta de perforación.

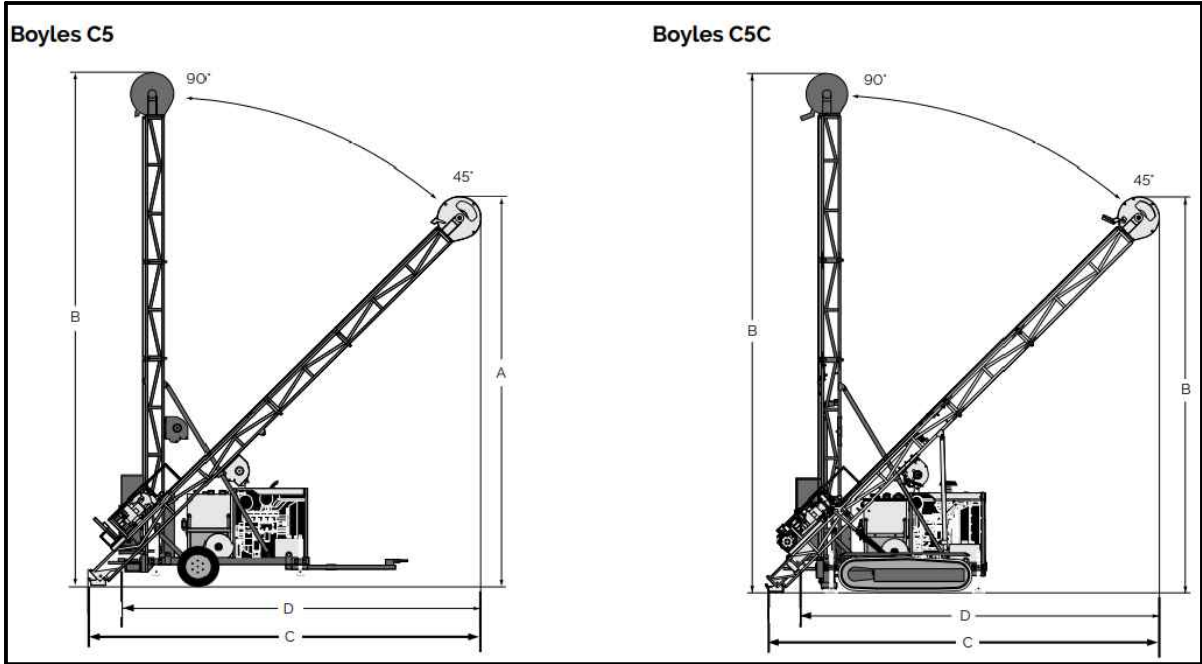
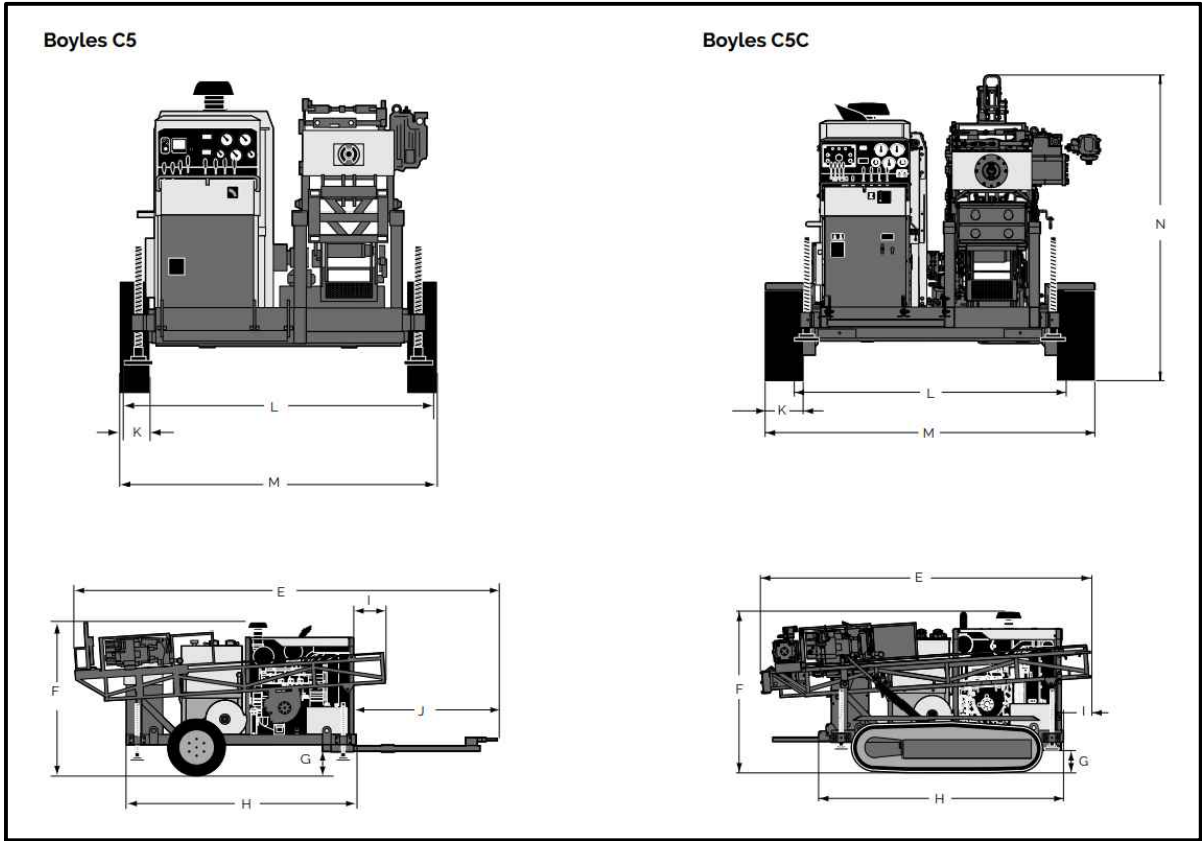


Perfil estratigrafico



Coordenadas de los sondeos de investigación			
Identificación	Sondeo 01	Sondeo 02	Sondeo 03
Lalitud	9°15`52,91"S	9°15`53.08"S	9°15.52.50"S
Longitud	61°22`57.90"O	61°22`47.95"S	61°22`37.97"O

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		Dª.Lunna Vezard		
COMPROBADO		J.A.Martinez		
ESCALA:	Proyecto de estructuración y ampliación de un Garimpo y planta de tratamiento de casiterita. Realización de una campaña de sondeos de investigación. T.M. de Colniza, Brasil. SITUACIÓN Y PERFIL DE LOS SONDEOS DE INVESTIGACIÓN			Nº PLANO 9/10
				SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR:



Working dimensions				
Dimension	Boyles C5		Boyles C5C	
	Metric	US	Metric	US
A (45° drilling)	7 719 mm	304"	7 726mm	304"
B (90° drilling)	10 112 mm	398"	10 119 mm	398"
C (45° drilling)	7 612 mm	300"	7 599 mm	299"
D (90° drilling)	6 073 mm	239"	4 513 mm	178"

Transport dimensions				
Dimension	Boyles C5		Boyles C5C	
	Metric	US	Metric	US
E	6 073 mm	239"	4 513 mm	178"
F	2 138 mm	84"	2 146 mm	85"
G	330 mm	13"	287 mm	11"
H	3 202 mm	126"	3 331 mm	131"
I	417 mm	16"	387 mm	15"
J	1 947 mm	77"	-	-
K	220 mm	9"	300 mm	12"
L	2 160 mm	85"	2 134 mm	84"
M (incl. wheels)	2 200 mm	87"	2 594 mm	102"
N	-	-	2 356 mm	98"

Drill base supports		Wireline hoist	
Mount /base system	Trailer mounted rig with two 770 mm wheels and towing package	Capacity	1 500 m x 6 mm, 1 850 m x 5 mm
Support	4 mechanical jacks and can adjust rig height manually	Line pull	Bare drum: 9.0 kN, full drum: 2.4 kN
Pad diameter	Ø200 mm	Line speed	Bare drum: 126 m/min, full drum 484 m/min
Leg adjust range	550 mm		
Hydraulic system		Spindle data	
Primary pump	25 MPa, 182 l/min	Range selection: Manual control from operator's station	
Secondary pump	20 MPa, 135 l/min	Hinged head: Swing away	
Auxiliary pump	21.5 MPa, 39 l/min		
Hydraulic oil cooling	Air		
Chuck assembly		Weight	
Type	Hydraulic open, spring close		
Maximum diameter	124 mm (4.6")		
Holding capacity	18 000 kg (39 600 lb)		
Power unit		Optional rodholder (gas pressure)	
Manufacture	Cummins	Type	Hydraulically opened, gas pressure locked
Mode	QSB4.5 Tier III		
Volume	4.5 liter, 4 cyl.		
Power	119 kW		
RPM	2 200		
Engine type	Diesel turbocharged, air-to-air charge air cooled		
Cooling system	Water		
Electrical system	24V		
Selections of options		• Tool kit • Gas pressure rod holder - PO size • Hydraulic mud mixer • Hydraulic mud pump kit, Trido 140, 140 l/min / 7 MPa • Battery terminal for export • RRC (Radio Remote Control) (Boyles C5C) • Water flow meter kit • Quick disconnect kit for fly operations • Engine covers	

	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR LINARES
DIBUJADO		Dª Lunna Vezaro		
COMPROBADO		J.A.Martinez		
ESCALA:	Proyecto de estructuración y ampliación de un Garimpo y planta de tratamiento de casiterita. Realización de una campaña de sondeos de investigación. T.M. de Colniza, Brasil.			Nº PLANO 10/10
1:10.000	EQUIPO DE PERFORACIÓN			SUSTITUYE A:
				SUSTITUIDO POR: