UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

"OPTIMIZACIÓN DE LA EXPLOTACIÓN DE ULEXITA COMPLEMENTANDO SU EXTRACCIÓN DE CORTE Y RELLENO POR TRANSFERENCIA CON MINIEXCAVADORAS PARA LA RECUPERACIÓN DE POTENCIAS ANGOSTAS DE BORATOS PRESENTES EN LOS HORIZONTES A Y B EN LA UNIDAD SALINAS INKABOR 2014"

TESIS

PRESENTADA POR:

BACH. ELVIS BERNARDO CABANA HANCCO

Para optar el título profesional de:

INGENIERO DE MINAS

MOQUEGUA – PERÚ

2016

06 002

UNIVERSIDAD NACIONAL DE MOQUEGUA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS

FOLIO N° .....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Según Resolución. PRESIDENCIAL N°0967-2016-UNAM

El Jurado Dictaminador ha calificado la defensa de la tesis:

TITULADA:

OPTIMIZACION DE LA EXPLOTACION DE ULEXITA COMPLEMENTANDO SU EXTRACCION DE CORTE Y RELLENO POR TRANSFERENCIA CON MINI EXCAVADORAS PARA LA RECUPERACION DE POTENCIAS ANGOSTOS DE BORATOS PRESENTES EN LOS HORIZONTES A Y B EN LA UNIDAD SALINAS INKABOR 2014

Asesor: ING. AGAPITO FLORES JUSTO

Asesor Externo: .....

Tesista: BACH. ELVIS BERNARDO CABANA HANCCO

Dictamina como APROBADO por UNANIMIDAD

La defensa del tema de investigación con la nota: TRECE (13)

Por lo que SI opta el Grado de Ingeniero de Minas.

Siendo las 16:00 horas, del 05 de DICIEMBRE del año 2016

se procede a firmar la presente.

Presidente del Jurado

Primer Miembro

Segundo Miembro

Tesista

DEDICATORIA

Mi gratitud a Dios por guiarme siempre por el buen camino y por regalarme el don más preciado que es la vida y permitido culminar mi carrera universitaria

A mis queridos padres Bernardo y Estefa que siempre estuvieron ahí cuando los necesitaba, y a mis hermanos Iván y Cynthia por compartir una vida maravillosa a mi lado.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas, por brindarme sus conocimientos en la formación de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería de Minas por ayudarme y orientarme en mi formación profesional.

A la Empresa INKABOR S.A.C. Por darme una oportunidad para laborar en la actividad minera no metálica, a los ingenieros por la oportunidad brindada, y por el apoyo incondicional para realizar el presente trabajo de investigación

RESUMEN

La Unidad Inkabor SAC. Se encuentra sobre la laguna Salinas, Distrito San Juan de Tarucani, Provincia y Departamento de Arequipa. el método de explotación es superficial por corte y relleno por transferencias, el arranque de boratos de potencias angostas en los horizontes A y B es con excavadoras y mini excavadoras, en el arranque de ulexita con excavadoras se mezcla con arcillas negras principalmente y pumicita debido al tamaño del cucharon de la excavadora el resultado de la recuperación es de baja calidad por debajo de 19% de B_2O_3, la ley optima es de 22.22% de ulexita, humedad optima de 14%-15% y el tamaño de mineral óptimo de 5 pulgadas, se plantea el presente trabajo de investigación de optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para la recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B en la unidad salinas inkabor 2014. Al respecto el área de planeamiento ha establecido cuatro tipos de minerales de ulexita que son: Mineral tipo A, B,C y D. los resultados sobre dimensionamiento de boratos de horizonte A, indica el 54.3% es potencia amplia, el 28.3% es angosto, para horizonte B; el 55.4% son amplios, las potencias del horizonte A y del horizonte B, son amplios, la recuperación de boratos con mini excavadoras de horizonte A el 47.8% indica recuperación muy buena con una ley de 24% a 27% de B_2O_3, el 42.4 % indica una recuperación buena, la ley de ulexita está por encima de los valores óptimos 22.22% de B_2O_3, en la recuperación de boratos con mini excavadoras de horizonte B, el 51.1% indica muy buena, el 39.1 % indican buena, es decir la recuperación con mini excavadora es buena y muy buena en el horizonte B comparado con excavadoras que tiene recuperación baja inferior a 19% de B_2O_3,las mini excavadoras con mineral tipo D de 25%-28% de B_2O_3 dan un aporte muy significativo en el cabeceo para alcanzar a la ley óptima de 22.22% de B_2O_3. La optimización de explotación de ulexita con mini excavadoras ha permitido un ingreso adicional de 1,052,728.97 US$ la optimización con mini excavadoras nos ha permitido obtener el 22.30% de B_2O_3 con el cabeceo.

Palabras Claves: Optimización, ulexita, excavadoras, mini excavadoras pallaqueo.

ABSTRACT

Unit Inkabor SAC. It is located on the lagoon Salinas, San Juan de Tarucani District, Province and Department of Arequipa. the method of operation is surface by cutting and stuffing transfers, starting borates narrow powers in the horizons A and B is with excavators and mini excavators, at the start of ulexita bulldozed mixed with black clays mainly and pumicite due to size of the bucket of the excavator the result of low-quality recovery is below 19% of B2O3, the optimal law is 22.22% of ulexita, optimum humidity of 14% -15% and ore optimal size of 5 inches the present research optimization exploiting ulexita complementing its cut and fill mining with mini excavators transfer for the recovery of narrow powers of borates present in the horizons a and B in the unit Inkabor 2014. salinas arises regarding the planning area has established four types of mineral ulexite are: mineral type a, B, C and D. sizing results on horizon borates, 54.3% indicates the power is wide, 28.3% is narrow, to horizon B; 54.3% are large, the powers of the horizon and the horizon B, are broad, recovery of borates with mini excavators horizon 47.8% indicates very good recovery with a grade of 24% to 27% B2O3, 42.4 % indicates a good recovery, law ulexita is above optimal 22.22% B2O3, recovery of borates with mini excavators horizon B, values 51.1% indicates very good, 39.1% indicate good, ie the mini excavator recovery is good and very good in the B horizon compared with bulldozers having lower low recovery to 19% of B2O3, mini excavators with mineral type D 25% -28% B2O3 give a significant contribution in pitch to reach the optimal law 22.22% B2O3. Optimization of operating ulexita with mini excavators has allowed an additional income of 1,052,728.97 US $ optimization with mini diggers get us has led to the 22.30% B2O3 with pitching.

Keywords: Optimization, ulexite, excavators, mini excavators pallaqueo.

ÍNDICE GENERAL

Pág

DEDICATORIA iii

AGRADECIMIENTO iv

RESUMEN v

ABSTRACT vi

ÍNDICE vii

INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO I

ÁMBITO DE ESTUDIO

1.1 Generalidades. 3

1.1.1 Ubicación y acceso. 3

1.1.2 Accesibilidad. 3

1.2 Clima y vegetación. 5

1.3 Fauna. 5

1.4 Calidad del aire. 6

1.5 Suelos. 6

1.6 Recursos hídricos. 6

1.7 Calidad del agua. 7

1.8 Monitoreo biológico de la laguna Salinas. 7

1.9 Mano de obra. 7

1.10 Historia. 8

1.11 Geología del yacimiento salinas. 9

1.11.1 Geología local. 9

1.11.2 Geología estructural. 9

1.11.3 Génesis de la formación de los boratos. 10

1.11.4 Geología económica. 16

1.11.5 Mineralización. 16

1.11.6 Horizonte A de laguna. 17

1.11.7 Horizonte B (masivo) de laguna. 18
1.12 Mineralización propiamente dicha. 18
1.12.1 Horizonte “A” en Huito. 18
1.12.2 Horizonte "B" de Huito. 19
1.13 Operación minera. 20
1.13.1 Proceso extractivo. 20
1.13.2 Preparación de block. 20
1.13.3 Cercado de block. 20
1.13.4 Labores de bombeo. 21
1.13.5 Secado de block 21
1.13.6 Preparación de carretera interior block. 22
1.13.7 Mantenimiento de vías. 23
1.13.8 Extracción de mineral SP (minado). 23
1.13.9 Desbroce. 23
1.14 Extracción de mineral. 24
1.14.1 Carguío y acarreo. 26
1.14.2 Almacenamiento de mineral. 27
1.14.3 Nivelación. 27
1.14.4 Pre nivelación. 28
1.14.5 Perfilado. 28
1.14.6 Flota de equipos de Compañía Minera Inkabor S.A.C. – Unidad Salinas. 29
1.15 Equipos de carguío y transporte de minerales. 29
1.15.1 Excavadoras. 29
1.15.2 Cargadores Frontales. 30
1.15.3 Volquetes. 31
1.15.4 Equipos auxiliares. 32
1.15.5 Motoniveladora CAT 135H. 32
1.15.6 Tractor de orugas *CAT D6R*. 33
1.15.7 Cisterna de agua *Volkswagen.* 33
1.15.8 Cisterna de combustible. 34
1.15.9 Equipos de preparación. 34
1.15.10 Tractor agrícola *Mafer Forbuson* 4291. 34

1.15.11 Motobombas *Wacker Neuson PT 6LT*. 35
1.16 Planeamiento de minado. 35
1.16.1 Planeamiento de minado a largo plazo 2015 – 2019. 36
1.17 Beneficio y comercialización. 36
1.17.1 Planta concentradora o beneficio del material. 36
1.17.2 Descripción de las etapas de beneficio para mineral alta ley. 36
1.17.3 Proceso de secado natural de ulexita. 36
1.17.4 Planta de calcinado (secado artificial). 37
1.17.5 Descripción de las etapas de beneficio para mineral baja ley. 39
1.17.6 Cancha de secado al sol. 39
1.17.7 Planta de molienda. 39
1.18 Estudio de mercado de la ulexita. 40
1.19 Características generales de la ulexita. 40
1.19.1 Características de la ulexita. 40
1.19.2 Características del bórax. 40
1.20 Usos de boratos y ulexita. 41
1.20.1 Usos del borato. 41
1.20.2 Usos industriales de la ulexita. 41
1.20.3 Usos del ácido bórico. 42
1.21 Mercado del borato. 44
1.21.1 Mercado nacional. 44
1.21.2 Mercado internacional. 44
1.22 Exportaciones de boratos y derivados. 45
1.23 Comercialización de los boratos. 45
1.23.1 Competencia en el sector. 45
1.23.2 Compradores. 47

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción de la realidad problemática. 50
2.2 Formulación del problema. 53
2.2.1 Interrogante General. 53
2.2.2 Interrogantes secundarias. 53

2.2.3 Justificación e importancia. 54
2.3.1 Objetivo General. 55
2.3.2 Objetivos Específicos. 56
2.4 Formulación de hipótesis. 56
2.4.1 Hipótesis General. 56
2.4.2 Hipótesis Específicas. 56
2.4.3 Variable Independiente. 56
2.4.4 Variable dependiente. 56

CAPÍTULO III
MARCO TEÓRICO
3.1 Antecedentes de la investigación. 57
3.2 Bases teóricas. 61
3.2.1 Opciones de procesos para el tratamiento de ulexita. 64
3.2.2 Propuesta de un nuevo proceso. 67
3.2.3 Beneficios económicos potenciales. 69
3.2.4 Características de yacimientos de ulexita. 72
3.2.5 Ambiente de depósito y ocurrencia borato. 73
3.2.6 El boro y sus aplicaciones con especificaciones técnicas. 75
3.2.7 Panorama de la industria boratera. 78
3.2.8 Aspectos económicos de los productos de boro. 79
3.2.9 Especificaciones técnicas. 80
3.2.10 Aspectos tecnológicos de la industria boratera 81
3.2.11 Metodología de cálculo de costos. 82
3.3 Definiciones conceptuales. 85
3.3.1 Definiciones sobre optimización en minería. 85
3.3.2 Definiciones básicas sobre depósitos minerales. 89
3.3.3 Conceptos generales sobre ulexita. 90
3.3.4 Borax y uso industrial. 92
3.3.5 Términos usados en la operación minera actual. 93
3.3.6 Términos en minado por corte y relleno por transferencia a tajo abierto. 96
3.3.7 Términos relacionados al uso de equipos. 98

3.3.8 Términos relacionados a la producción minera actual. 99

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Presentación de pruebas y resultados de acuerdo a hipótesis y objetivos. 101

4.1.1 Incremento de ley de ulexita recuperado con excavadoras en campañas anteriores a 2013. 101

4.1.2 Optimización. 102

4.1.3 Potencias angostas de boratos. 103

4.1.4 Recuperación de potencias angostas. 103

4.2 Metodología de investigación. 104

4.3 Tipo y diseño de investigación. 104

4.3.1 Tipo de investigación 104

4.3.2 Diseño de la investigación. 105

4.3.3 Nivel de investigación. 105

4.4 Variables de la investigación. 105

4.4.1 Variable Independiente. 105

4.4.2 Variable dependiente. 105

4.5 Población y muestra. 106

4.5.1 Población. 106

4.5.2 Muestra. 106

4.6 Operacionalización de variables. 107

4.6.1 Muestreo. 107

4.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos. 108

4.7.1 Técnicas de análisis de datos. 108

4.8 Técnicas para el procesamiento de la información. 109

4.9 Codificación. 109

4.9.1 Tabulación. 110

4.9.2 Consistencia. 110

4.9.3 Instrumentos. 110

4.10 Requerimiento de equipos y softwares. 111

4.11 Validación y confiabilidad de los instrumentos. 112

4.11.1 Procedimientos de validación. 112
4.11.2 Confiabilidad en recopilación y toma de datos de campo. 112
4.12 Métodos y técnicas para la presentación y análisis de datos. 113
4.12.1 Método 113
4.12.2 Técnicas de análisis de la información. 113
4.12.3 Análisis estadísticos. 114
4.12.4 Metodología de investigación realizada en zona Huito. 114
4.12.5 Análisis exploratorio de datos (AED). 116
4.12.6 Etapas del análisis exploratorio de datos. 116
4.12.7 Preparación de datos. 117
4.12.8 Análisis estadístico unidimensional. 117
4.13 Exposición de resultados de acuerdo a objetivos e hipótesis. 118
4.14 Evaluación de variables estadísticos. 119
4.15 Agrupación de datos de mediadas reales en intervalos. 119
4.16 Resultados de dimensionamiento de boratos en horizontes A y B de acuerdo a hipótesis 1. 121
4.16.1 Resultados de dimensionamiento de boratos en horizonte A. 121
4.16.2 Resultados de dimensionamiento de boratos en horizonte B. 122
4.16.3 Resultados de recuperación potencias angostas de boratos en horizontes A con excavadoras. 123
4.16.4 Resultados de recuperación potencias angostas de boratos en horizonte B con excavadoras. 124
4.16.5 Recuperación de boratos con pallaqueo en horizonte A. 126
4.16.6 Recuperación de boratos con pallaqueo en horizonte B. 127
4.16.7 Recuperación residual de boratos en plataforma del tajo. 128
4.17 Exposición de resultados de acuerdo a hipótesis 2. 129
4.17.1 Recuperación de boratos con mini excavadora en horizonte A. 129
4.17.2 Recuperación de boratos con mini excavadora en horizonte B. 131
4.18 Optimización de recuperación de boratos con mini excavadora. 133
4.19 Recuperación de ulexita de las escombreras con mini excavadora. ... 135
4.20 Tipos de mineral ulexita. 135
4.20.1 Mineral tipo A. 136
4.20.2 Mineral tipo B. 136

4.20.3 Mineral tipo C. 137
4.20.4 Mineral tipo D. 138
4.21 Leyes establecidas por área de planeamiento. 138
4.22 Destino de cuatro tipos de mineral ulexita. 138
4.23 Reducción de tamaño de mineral. 139
4.24 Almacenamiento de mineral por tipo. 139
4.25 Determinación de valores óptimos de ulexita de planta Inkabor SAC. 139
4.26 Proceso de secado en cancha de almacenamiento. 146
4.27 Cabeceo (blendeo). 146
4.28 Aporte de diferentes procesos de recuperación en cabeceo. 147
4.28.1 Aporte de mini excavadoras. 147
4.28.2 Aporte de excavadoras. 147
4.28.3 Aporte de pallaqueo. 148
4.28.4 Aporte de mineral residual. 148
4.28.5 Incidencia de aporte de mini excavadoras en cabeceo para elevar la ley de ulexita. 148
4.29 Optimización de explotación de mineral ulexita con mini excavadoras. 149

CAPÍTULO V
DISCUSIÓN Y APLICACIÓN

5.1 Discusiones. 158
5.1.1 Optimización de calidad de ulexita. 158
5.1.2 Aporte de mini excavadoras en el cabeceo. 159
5.1.3 Optimización de explotación de mineral ulexita con mini excavadoras. 161
5.1.4 Ganancias logradas. 162
5.2 Propuesta de nuevo proceso para el tratamiento de ulexita en Bolivia. 164
5.2.1 Opciones de procesos para el tratamiento de ulexita en Bolivia. 165
5.2.2 Discusión con los resultados obtenidos en Bolivia. 165
5.3 Aplicaciones de borato como recurso no metálico y sus aplicaciones. 166

5.3.1 Cerámica. 166
5.3.2 Fertilizantes y pesticidas..... 167
5.3.3 Retardarte de flama. 167
5.3.4 Vidrio y fibra de vidrio. 168
5.3.5 Inhibidor de corrosión. 168
5.3.6 Preservante de madera. 168
5.3.7 En metalurgia. 169
5.3.8 Farmacéuticos y cosméticos. 169
5.3.9 Pesticidas. 169
5.3.10 Pigmentos..... 169
CONCLUSIONES..... 170
RECOMENDACIONES 171
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 172
LINKOGRAFÍA 175
MATRIZ DE CONSISTENCIA. 176
ANEXOS 177
ANEXO 1: TABLAS 178
ANEXO 2: FOTOS 182
ANEXO 3: CICLO DE MINADO..... 183
ANEXO 4: RENDIMIENTO DE MINIEXCAVADORA 184
ANEXO 5. ESTADÍSTICA – MEDIDAS DE DISPERSIÓN 185
ANEXO 6: COSTOS UNITARIOS 187

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1. Rutas de acceso a la zona de estudio..... 3
Tabla 1.2. Fauna en el área del proyecto. 6
Tabla 1.3. Atributos geológicos regionales y locales. 17
Tabla 1.4. Planeamiento de minado a largo plazo 2015-2019. 36
Tabla 1.5. Usos, beneficios y productos sustitutivos de los principales boratos. 43
Tabla 1.6. Producción y reservas estimadas en 2014 - En miles de toneladas métricas. 44
Tabla 1.7. Producción no metálica en el Perú (2003 – 2012). 46

Tabla 1.8. Producción de boratos por unidad minera. 46
Tabla 1.9. Uso mundial de los boratos. 47
Tabla 1.10. Principales exportaciones de boratos y derivados (US$ FOB). 48
Tabla 1.11. Fertilizantes de Fertibagra 49
Tabla 3.1. Costos de térmicos de algunos combustibles. 68
Tabla.3.2 Análisis comparativo de costos y beneficios. 69
Tabla 3.3. Composición química de boratos de interés comercial. 78
Tabla 3.4. Producción mundial (miles de TM) 79
Tabla 3.5. Composición de las fibras de vidrio y cerámica contenedoras de boro. 81
Tabla 3.6. Resultados comparativos del cálculo del costo operativo de concentración de boratos 85
Tabla 4.1 .Operacionalización de variables. 108
Tabla 4.2. Variables estadísticos. 119
Tabla 4.3. Intervalos y semirrectas. 120
Tabla 4.4. Dimensionamiento de boratos de horizonte A. 121
Tabla 4.5. Dimensionamiento de boratos de horizonte B. 122
Tabla 4.6. Recuperación de boratos con excavadora de horizonte A. 123
Tabla 4.7. Recuperación de boratos con excavadora de horizonte B. 124
Tabla 4.8. Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A. 125
Tabla 4.9. Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B. 126
Tabla 4.10. Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A. 130
Figura 4.7. Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A. 130
Tabla 4.11. Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte B. 131
Tabla 4.12. Rango de leyes por tipo de mineral establecido por planeamiento-geología. 151
Tabla 4.13 Rentabilidad de acuerdo al tipo de mineral. 151
Tabla 4.14 tonelaje y ley de mineral en campaña 2014. 155
Tabla 4.15 Comparativo Pallaqueros vs Mini excavadoras 156
Tabla N° 01. Estadística de dimensionamiento de boratos de horizonte A. 178
Tabla N° 02. Estadística de dimensionamiento de boratos de horizonte B. 178
Tabla N° 03. Estadística de recuperación de boratos con excavadora de horizonte A. 179

Tabla N° 04. Estadística de recuperación de boratos con excavadora de horizonte B. 179
Tabla N° 05. Estadística de recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A. 180
Tabla N° 06. Estadística de recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B. 180
Tabla N° 07. Estadística de recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A. 181
Tabla N° 08. Estadística de recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte B. 181
Tabla N° 09. Rendimiento de mini excavadoras..... 184
Tabla N° 10 Parámetros de costos..... 187
Tabla N° 11 Equipos y personal..... 187
Tabla N° 12 Costo horario de equipo 187
Tabla N° 13 Costo de combustible..... 187
Tabla N° 14 Costo de sarga personal 188
Tabla N° 15 Costos de accesorios de seguridad..... 188
Tabla N° 16 Producción de pallaqueros (recuperacion manual) 188
Tabla N° 17 Resume costos recuperación manual 188
Tabla N° 18 Parámetros de costos..... 189
Tabla N° 19 Equipos y personal..... 189
Tabla N° 20 Costo horario de equipos 189
Tabla N° 21 Costos de consumo de combustible..... 190
Tabla N° 22 Costos de carga personal..... 190
Tabla N° 23 Costos accesorio de seguridad 190
Tabla N° 24 Producción de mini excavadoras..... 191
Tabla N° 25 Resumen de costos de recuperación con mini excavadora 191
Tabla N° 26 Costos de transporte de mineral 191
Tabla N° 27 Sueldo de personal para recuperación de mineral..... 192

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación de Unidad Salinas Inkabor..... 4
Figura 1.2. Mapa del yacimiento Borax Salinas 5

Figura 1.3. Esquema de secuencias deposicionales en
boratos de Ca-Na lacustres 13
Figura 1.4. Distribución comparativa de boratos más frecuentes en
depósitos actuales y antiguos..... 14
Figura. 1.5. Estabilidad de boratos de Ca y Ca - Na en función
de la temperatura 16
Figura 1.6. Zona de explotación 2015 al 2019 (proyecto). 38
Figura 3.1. Curvas de deshidratación de muestras de ulexita. 67
Figura.3.2. Minerales de boro y época de formación. 74
Figura 3.3. Minerales boratíferos usuales-Erd.1980,
Smith and Medrano 1996. 75
Figura 3.4. Composición de los minerales de boro más importantes 77
Figura 3.5. Precio por tonelada de B2O3 de los boratos. 80
Figura.3.6. Diagrama de flujos del proceso de obtención
de productos del boro. 83
Figura 3.7.Esquema de cálculo de costo operativo de
concentración de boratos 84
Figura 3.8. Ulexita transparente 91
Figura 4.1. Dimensionamiento de boratos de horizonte A..... 121
Figura 4.2. Dimensionamiento de boratos de horizonte B..... 122
Figura 4.3. Recuperación de boratos con excavadora de horizonte A. 123
Figura 4.4. Recuperación de boratos con excavadora de horizonte B. 124
Figura 4.5. Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A. 126
Figura 4.6. Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B. 127
Figura 4.7. Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A. 130
Figura 4.8. Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte B. 131
Figura 4.9. Almacenamiento de mineral por procedencia. 136
Figura 4.10. Almacenamiento de mineral por tipo y proceso de cabeceo. 137
Figura 4.11. Determinación de valores óptimos de ulexita –
planta Inkabor SAC. 140
Figura 4.12. Determinación de valores óptimos de ulexita –
planta Inkabor SAC. Continuación..... 141
Figura 4.13. Determinación de valores óptimos de ulexita –

planta Inkabor SAC. Continuación..... 142
Figura 4.14. Determinación de valores óptimos de ulexita –
planta Inkabor SAC. Continuación..... 143
Figura 4.15. Procedimiento para la producción de ulexita..... 144
Figura 4.16. Procedimiento para la producción de ulexita – continuación..... 145
Figura 4.17. Procedimiento para la producción de ulexita - continuación. 146
Figura 4.18. Ingreso por 01 TM por tipo de mineral. 152
Figura 4.19. Rentabilidad para 01 TM B2O3 – Tipo A..... 153
Figura 4.20. Rentabilidad para 01 TM de B_2O_3 – Tipo B. 153
Figura 4.21. Rentabilidad para 01 TM de B_2O_3 – Tipo C. 154
Figura 4.22. Rentabilidad para 01 TM de B_2O_3 – Tipo D. 155
Figura 4.23. Ingreso obtenido por cada método. 157
Figura N° 01. Ciclo de minado..... 183
Figura N° 02. Rendimiento de mini excavadoras 184

ÍNDICE DE FOTOS.

Foto 1.1. Muestra de mineral del horizonte A. 19
Foto 1.2. Muestra de mineral del horizonte B. 20
Foto 1.3. Cercado de block. 21
Foto 1.4. Labores de bombeo de agua. 21
Foto 1.5. Actividad de rastrillado en canchas de almacenamiento de mineral. 22
Foto 1.6. Preparación de accesos. 23
Foto 1.7. Lastrado de vías. 23
Foto 1.8. Mantenimiento de vías. 24
Foto 1.9. Desbroce de mineral 25
Foto 1.10. Extracción de mineral 25
Foto 1.11. Horizontes mineralizados con ulexita. 26
Foto 1.12. Carguío de mineral con excavadora. 27
Foto 1.13. Carguío de mineral con cargador frontal. 27
Foto 1.14. Carguío SP directo. 27
Foto 1.15. Descarga de mineral 28
Foto 1.16. Pre nivelación con excavadoras. 29
Foto 1.17. Pre nivelación con tractor oruga. 29

Foto 1.18. Perfilado con excavadoras. 30
Foto 1.19. Excavadora *Hitachi EX255.* 31
Foto 1.20. Excavadora *CAT 324DL* Nº5. 31
Foto 1.21. Cargador frontal *Hitachi W190*. 32
Foto 1.22. Cargador frontal *CAT 962H* Nº1. 32
Foto 1.23. Volquete *Volvo* F7 33
Foto 1.24. Volquete *Dodge* 800 33
Foto 1.25. Motoniveladora *CAT 135H* Nº1. 34
Foto 1.26. Tractor oruga *Cat D6R* Nº1. 34
Foto 1.27. Cisterna de agua *Volkswagen.* 35
Foto 1.28. Cisterna de combustible. 35
Foto 1.29. Tractor agrícola *Mafer Forbuson* 4291 Nº3. 36
Foto 1.30. Motobombas *Wacker Neuson* Nº4. 36
Foto 1.31. Producto final de boro en unidades de sacos de 25 kg. 40
Foto 3.1. Batería de hornos de ulexita en base a yareta. 64
Foto 3 .2. Yacimiento de ulexita en explotación 64
Foto 3.3. Mala combustión en horno de ulexita. 66
Foto 3.4. Planta de yareta en época de floración. 71
Foto 3.5. Corte y relleno por transferencia 97
Foto 4.1 Recuperación de boratos con excavadoras. 103
Foto 4.2. Pallaqueo para alcanzar ley óptima. 103
Foto 4.3. Potencia de mineral zona Huito (color blanco). 121
Foto 4.4 Recuperación con excavadora. 126
Foto 4.5. Pallaqueo y reducción de tamaño. 128
Foto 4.6. Recuperación residual - Repaso con recojo de mineral esparcido. 129
Foto 4.7. Ruma SP y las recuperaciones. 130
Foto 4.8 Mineral recuperado con mini excavadora. 133
Foto 4.9. Recuperación selectiva con mini excavadora y rumas en plataforma. 134
Foto 4.10. Ulexita de 29% de B_2O_3 recuperado con mini excavadora. 135
Foto 4.11. Ulexita con 28% de B_2O_3 mostrando geometría del cucharon de mini excavadora. 135
Foto 4.12. Porción de Copo de ulexita con 30% de B_2O_3 recuperado con mini excavadora. 135

Foto 4.13. Recuperación de ulexita de escombreras con mini excavadora. 136

Foto N° 01. Avance de recuperación-nivelación en mini excavadora..... 183

INTRODUCCIÓN

La Unidad Inkabor SAC. Se encuentra sobre la laguna Salinas, Distrito San Juan de Tarucani, Provincia y Departamento de Arequipa. La explotación minera se desarrolla dentro de la laguna Salinas misma, el método de explotación es superficial por corte y relleno por transferencias en los tajos de operación minera, el arranque de boratos de potencias angostas en los horizontes A y B es con excavadoras y mini excavadoras, en donde el mineral arrancado se coloca sobre la plataforma del tajo de acuerdo a la calidad ya sea en extendido y en rumas para pallaqueo, reducción del tamaño de fragmentos minerales de ulexita, el proceso de arranque del mineral ulexita con excavadoras y mini excavadoras se realiza desde la parte superior del tajo en sentido hacia el operador, en este proceso de arranque el operador no visibiliza la potencia de los boratos en los horizontes A y B de donde surge la recuperación de boratos de potencias angostas de horizontes A y B es mezclado con arcillas negras principalmente y arenas volcánicas conocidas como pumicita debido al tamaño del cucharón de la excavadora el resultado de la recuperación es una ulexita de muy baja calidad por debajo de 18% de B_2O_3, estos resultados de recuperación de ulexita no son satisfactorios para la empresa Inkabor SAC. no alcanza a ley optima de 22.22% de ulexita, humedad optima de 14%-15% y el tamaño de mineral óptimo de 5 pulgadas, para lograr alcanzar a los valores óptimos, surge el presente trabajo de investigación de optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para la recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B en la unidad salinas inkabor 2014,¿Cómo se puede optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras mediante dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor?. De donde surge la posible solución de que el dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B nos permitirá optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor. Al respecto el ara de planeamiento para optimización de la explotación de ulexita para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor SAC. Ha establecido cuatro tipos de minerales de ulexita que son: Mineral tipo A, de 19% a 21% de B_2O_3, mineral tipo

B, de 22% a 24% de B_2O_3, mineral tipo C, de 16% a 18% de B_2O_3 y mineral tipo D, de 25% a 28% de B_2O_3.

Los resultados del trabajo de investigación con la aplicación de software estadístico SPSS se ubican en los rangos establecidos por planeamiento, para la optimización de explotación de ulexita, los resultados en tabla 4.4 y Figura 4.1 sobre dimensionamiento de boratos de horizonte A, se observa que el 54.3% de medidas indica una potencia amplia, el 28.3% es angosto, para horizonte B la Tabla 4.5 y Figura 4.2, el 55.4% indica que son amplios, las potencias del horizonte A y del horizonte B, son aproximadamente del mismo tamaño y son amplios como resultado de análisis estadístico, pero se conoce como potencia angostas respecto a dimensiones mucho mayores de arcillas negras y arenas volcánicas.

Los resultados estadísticos sobre recuperación de boratos con mini excavadoras de horizonte A tal se observan en Tabla 4.10 y Figura 4.7, donde el 47.8% indica que la recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A es muy buena, el 42.4 % indica una recuperación buena, es una extracción selectiva, la ley de ulexita está por encima de los valores óptimos 22.22% de B_2O_3, la recuperación de boratos con mini excavadoras de horizonte B, se observa en Tabla 4.11 y Figura 4.8, el 51.1% indica recuperación muy buena, el 39.1 % indican recuperación buena, es decir la recuperación con mini excavadora es buena y muy buena en el horizonte B comparado con excavadoras que tiene recuperación baja inferior a 19% de B_2O_3,las mini excavadoras con mineral Tipo D de 25%-28% de B_2O_3 dan un aporte muy significativo en el cabeceo para alcanzar a la ley óptima de 22.22% de B_2O_3. La optimización de explotación de ulexita con mini excavadoras ha permitido un ingreso de US$ 1, 087,707.37 y con el método de recuperación manual se obtiene un ingreso de US$ 34,978.40, se tiene un ingreso adicional de US$ 1,052,728.97 el rendimiento de recuperación con mini excavadoras es de 6.10 TM/hr-equipo y con pallaqueros es de 0.48TM/hr-persona, su costo unitario de minado de la mini excavadora es de 8.79US$/TM y de recuperación manual es de 22.17US$/TM, el tonelaje de recuperación con mini excavadoras fue de 39,040.21 TMT con una ley de 27.43% y de recuperación manual fue de 9,872.25 TM con una ley de 23.72%.

CAPÍTULO I

ÁMBITO DE ESTUDIO

1.1 Generalidades.

1.1.1 Ubicación y acceso.

La ubicación del proyecto se encuentra sobre la laguna Salinas (incluyendo sus orillas) en el Distrito San Juan de Tarucani, Provincia y Departamento de Arequipa. La explotación minera se desarrollará dentro de la laguna Salinas misma, entre las coordenadas UTM N 8 184 000, N 8 196 000; E 264 000 y E 280 000, a una altitud promedio de 4 300 m.s.n.m.

1.1.2 Accesibilidad.

El acceso se logra mediante una vía asfaltada que sale desde la ciudad de Arequipa y pasa por la localidad de Chiguata, desde donde se continua por una carretera afirmada que permite acceder a la unidad, cubriéndose una distancia total de aproximadamente 103 km.

Tabla 1.1. Rutas de acceso a la zona de estudio

Ruta	Tipo de Acceso	Distancia (km)
Lima – Arequipa	Carretera asfaltada	1 020
Arequipa – Chihuata	Carretera asfaltada	29

Fuente: Revista Perú Travel

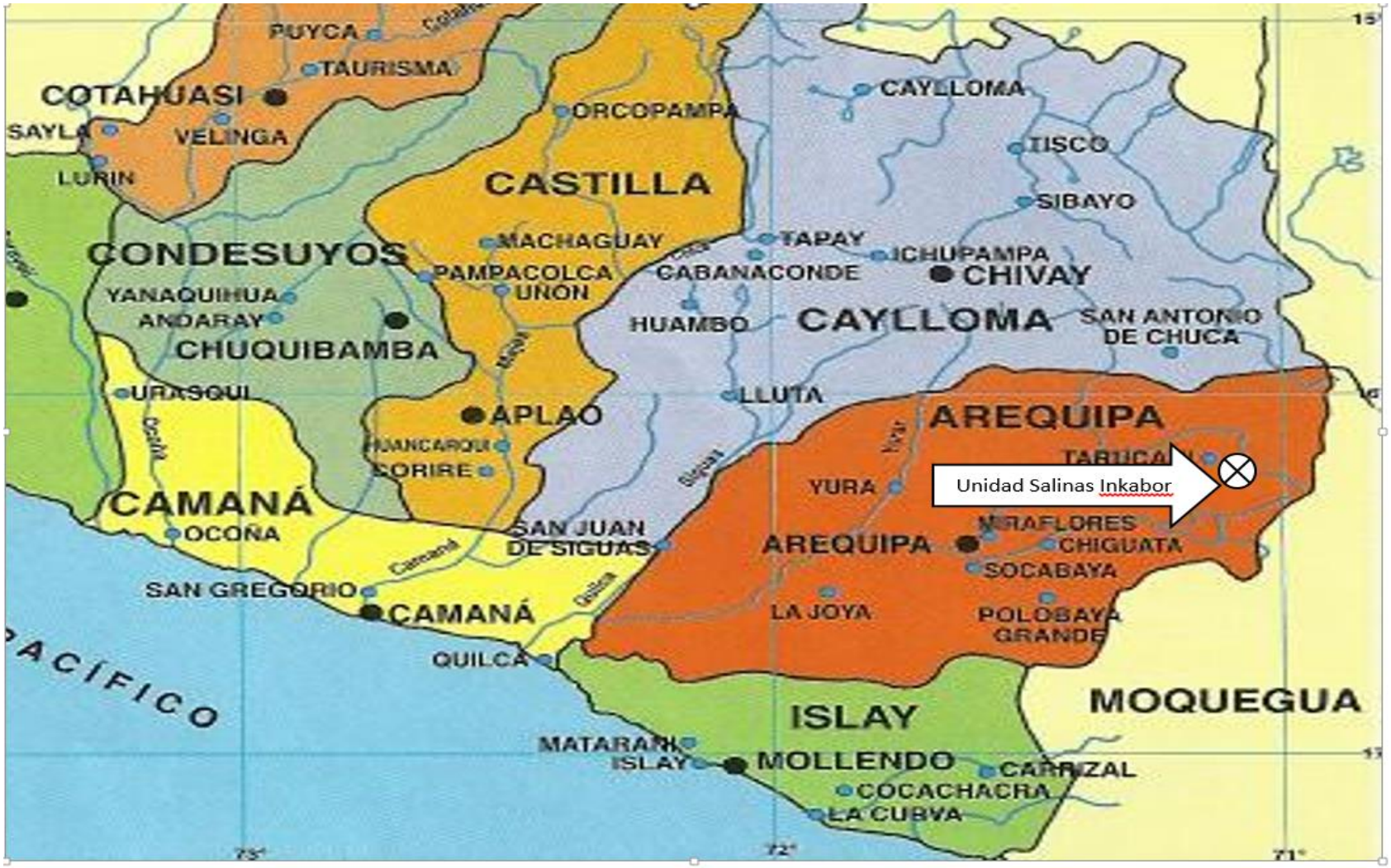


Figura 1.1. Ubicación de Unidad Salinas Inkabor
Fuente: Gobierno Regional Arequipa



Figura 1.2. Mapa del yacimiento Borax Salinas
Fuente: Google Earth.

1.2 Clima y vegetación.

El clima donde se desarrolla la operación corresponde al de Tundra Seca de Alta Montaña. Por tal razón, los rangos de temperatura máxima y mínima son bastante amplios, presentándose las primeras en periodos diurnos y las ultimas durante la noche principalmente. Los meses más fríos se presentan entre Junio y agosto, siendo Julio el mes en que las mínimas descienden hasta -9,45º C. Por otro lado los meses más cálidos están comprendidos entre noviembre a marzo, siendo el primero el que presenta la máxima más elevada equivalente a 15,05º C. A lo largo del año, podemos decir que la temperatura media es equivalente a 4,54º C.

La zona se caracteriza por la presencia de una capa de pastos homogéneos, carentes de rocas y material pedregoso. Es muy común observar la existencia de abundante cantidad de raíces, sobre todo en los primeros 30 cm de profundidad del suelo. Esto es debido a que hasta este nivel, el suelo se encuentra permanentemente humedecido.

1.3 Fauna.

La zona presenta una fauna muy variada, destacando los camélidos sudamericanos como la vicuña, mientras que entre los carnívoros destaca en puma, y entre las aves destaca el cóndor.

Entre las principales especies se puede observar en Tabla 1.2.

Tabla 1.2. Fauna en el área del proyecto.

Nombre vulgar	Nombre científico
Vicuña	Vicugnavicugna
Llama	Lama, Glama
Alpaca	Lama, Guanicoe
Zorro	Dusicyonculpaeus
Vizcacha	Lagidiumperuanum
Venado	Odocoileusvirginianus
Perdiz	Nothoproctapentland
Parihuana	Phoenicpteruschilensis

Fuente: Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.4 Calidad del aire.

Las posibles fuentes de impactos en la calidad del aire pueden producirse en las operaciones de mina, en la planta o en las operaciones auxiliares a la actividad minera. Por las características mineralógicas y del proceso industrial, se puede afirmar que el principal impacto a la calidad del aire la constituye la generación de material particulado, tanto en las operaciones de mina como en la planta. Se han realizado los monitoreos en las estaciones aprobadas por la DGAA con ayuda de muestreadores de alto volumen PM10, para medir de esta manera la presencia y concentración de material particulado.

1.5 Suelos.

La laguna Salinas posee una superficie que varía de plana a ondulada. Se encuentra en una depresión poco profunda que forma la parte final de una cuenca endorreica. El relieve circundante a la laguna se caracteriza por presentar relieves ligeramente ondulados y colinas con cimas que llegan hasta los 5 000 m.s.n.m.

1.6 Recursos hídricos.

La laguna Salinas es un salar que colecta las aguas de escorrentías de los deshielos de los nevados circundantes, así como las aguas pluviales y de las fuentes termales o manantiales que la rodean, no tiene un desembalse natural, aunque se supone que en el pasado tuvo un drenaje hacia el rio Huasamayo. Al Nor-Oeste. La laguna Salinas es un cuerpo de agua temporal. El espejo de agua

que se forma es producto de la acumulación de las precipitaciones de la temporada lluviosa (noviembre a abril), del agua proveniente de un manantial conocido localmente como manantial logen y de pequeños manantiales que se encuentran dispersos alrededor de la laguna, formando bofedales.

1.7 Calidad del agua.

No existe ningún cuerpo de agua permanente en el área de operaciones. La laguna Salinas es un cuerpo de agua estacional. Del total de su área, se observa que solo en su extremo oeste llega a formarse un espejo de agua entre los meses de enero y abril de cada año.

1.8 Monitoreo biológico de la laguna Salinas.

Desde los inicios del programa de monitoreo en 1997 (CMU, 1998), en el lecho de la laguna se diferencian dos zonas una con actividad minera y otra sin actividad minera, las mismas que están sometidas a igual intensidad de evaluación con la finalidad de reconocer efectos de la actividad minera. Los puntos muestreados de acuerdo al programa de monitoreo biológico – noviembre 2002, han sido 8 en la laguna Salinas, tres en la zona con actividad minera y cuatro en la zona sin actividad minera y uno en el manantial localizado al este de la planta de tratamiento de la U.E.A. Bórax en el lugar denominado logen.

Desde allí, se capta el agua mediante un canal de 10 km de longitud y de 1 m de ancho, para utilización de los caseríos locales y de las instalaciones de Inkabor.

1.9 Mano de obra.

La empresa cuenta con campamentos para el alojamiento del personal, profesional y obrero que trabaja en la unidad de producción de forma permanente, estas viviendas cuentan con todos los servicios básicos (luz, agua, desagüe), para el personal teniendo en cuenta que el ritmo de trabajo es de dos semanas por una de descanso. La descripción de la fuerza laboral consideró su desagregación de acuerdo a los siguientes factores: Sexo, capacidades técnicas y tipo de empleo.

1.10 Historia.

La laguna Salinas ha sido objeto de la extracción artesanal de boratos desde finales del siglo XIX hasta la actualidad. Desde esa época han venido siendo extraídos minerales de boro, principalmente la ulexita [$NaCaB_5O_6$ $(OH)_6$ $5H_2O$].

Entre 1920 a 1930, la empresa Inglesa Bórax Consolidated Ltd. extrajo minerales de boro de la laguna Salinas, para lo cual instaló un campamento que todavía existe y una línea férrea, actualmente desmantelada y retirada. Con posterioridad al retiro de la mencionada empresa, la explotación del depósito estuvo a cargo de Zegarra y Solano hasta el año 1987, fecha en el que las concesiones fueron transferidas a Compañía Minera Ubinas S.A.C, empresa que en julio del año 2004 absorbe a Inkabor y posteriormente cambia de razón social a Inkabor S.A.C., que es el nombre con el que opera actualmente y extrae minerales de boro de la laguna Salinas, siendo los principales accionistas Industrie Bitossi Spa, Colorobia Holding Spa, Colorobia Brasil productos para Cerámica Ltda. y B.M SRL.

De conformidad con la legislación ambiental peruana aplicable para el sector minero, Compañía Minera Ubinas antigua razón social de Inkabor elaboró el programa de adecuación y manejo ambiental de la U.M. Salinas (PAMA, 1996) sobre la base de la evaluación ambiental preliminar (EVAP, 1995), en la que se realiza una identificación completa de las principales fuentes potenciales de contaminación ambiental ocasionadas por las operaciones de U.M. Salinas. Dicho PAMA fue aprobado mediante RD No 289-97 EM/DGM el 5 de agosto de 1997 y en él se indican las medidas de manejo ambiental y de mitigación que se incorporaron a las operaciones minero – metalúrgicas de la unidad operativa para cumplir con el reglamento para la protección ambiental en las actividades minero-metalúrgicas y sus emisiones y efluentes con los niveles máximos permisibles establecidos.

Entre estas medidas de manejo ambiental y de mitigación figuran las actividades de cierre, tales como la rehabilitación de las áreas disturbadas, desmontaje de la planta de calcinado de mineral y áreas techadas de almacenamiento de mineral, desmantelamiento de instalaciones industriales como la poza de oxidación, oficinas, laboratorios, campamento.

1.11 Geología del yacimiento salinas.

1.11.1 Geología local.

En los ciento treinta metros de profundidad que se ha explorado el relleno de la cuenca salina, tanto con calicatas como con sonda diamantina, se ha podido reconocer dos ciclos de sedimentación bien diferenciados que definen claramente la litología de la cuenca: Un ciclo Inferior, cuya base se desconoce, corresponde a sedimentos depositados en una situación paleo climática diferente a la actual, es decir, en un momento de máxima extensión de la laguna durante el pleistoceno.

Así, en un lago de gran extensión y aguas dulces y tranquilas, se habrían depositado los sedimentos arcillosos de acuerdo a los cambios estacionales.

En toda la secuencia observada no se han encontrado facies que indiquen volcanismo activo, un ciclo superior, de mucha menor potencia (prácticamente superficial) con fuerte participación volcánica y evaporítica que es donde se ha desarrollado el cuerpo de boratos y otras sales.

1.11.2 Geología estructural.

Las rocas que circundan a la cuenca son de origen volcánico. Sus edades se extienden desde el periodo terciario al cuaternario reciente y conforman las siguientes unidades litológicas:

Volcánico llallahui (terciario medio). Aflora al NO de la laguna Salinas, sector de la quebrada Huayarane. Este afloramiento constituye el cerro Cebeguilla y aparece infrayacendo a las andesitas del volcánico Chila. Consiste de tufos riolíticos y derrames andesíticos de color marrón con textura porfirítica presentando disyunción en forma de lajas.

Volcánico Chila (terciario superior). Las rocas de este volcánico forman los cerros más prominentes de los alrededores de la laguna Salinas y están conformadas por derrames andesíticos y bancos piroclásticos de color oscuro que reposan en discordancia sobre el volcánico Llallahui.

Volcánico Barroso (pleistoceno). Las rocas de esta unidad son de amplia distribución y al igual que los volcánicos Chila conforman los cerros de los alrededores de la laguna Salinas. Están constituidas por derrames andesíticos de color gris y textura porfirítica.

Volcánico Ubinas (pleistoceno). Afloran en quebradas al sur de la laguna Salinas. El afloramiento consiste de rocas de composición andesítica intercaladas con mantos de piroclastos, los que en conjunto conforman el domo del volcán Ubinas.

Depósitos fluviales (cuaternario reciente). Ocupan áreas restringidas en las pampas aledañas al volcán Pichupichu (parte SO de la laguna Salinas) y constan de fragmentos redondeados de diferente tamaño y naturaleza.

Depósitos piroclásticos (cuaternario reciente). Están conformados por intercalaciones de arenas volcánicas oscuras y lapillis. Forman algunas pampas que bordean la laguna.

Arenas eólicas (cuaternario reciente). Existen pequeños afloramientos de arenas eólicas sobre todo en la parte sur de la laguna Salinas. Son de color blanquecino y están compuestas de pómez, feldespatos, minerales ferromagnesianos, lapillis y cuarzo en cantidades reducidas.

Depósitos aluviales – lacustres (cuaternario reciente). Están conformados por arenas y arcillas no consolidadas. Se extienden desde los alrededores hasta el lecho mismo de la laguna. Esta unidad alberga el yacimiento mineral de Inkabor.

1.11.3 Génesis de la formación de los boratos.

Según Ortí F. (1996), en el paper con título Boratos cálcico-sódicos de ambientes evaporiticos, lacustres, aspectos sedimentológicos y diagenéticos generales publicado en Geogaceta. 20(2) 1996, 270-273, considera: Los boratos constituyen un grupo de mineral muy amplio (Sureda 1991) que da lugar a depósitos de gran interés económico. Aunque existen varios tipos de yacimientos, los principales son los sedimentarios de origen evaporítico continental.

Las cuencas lacustres con boratos, conocidas desde el oligoceno hasta la actualidad, se emplazan en áreas ligadas a la acción de fluidos hidrotermales o volcanogénicos, a sustratos regionales enriquecidos con boro, a climas áridos o semiáridos, y con frecuencia a bajas temperaturas ambientales.

En relación con las salmueras lacustres los boratos pueden precipitar en un amplio rango de salinidades y asociadamente a diferentes tipos hidroquímicos, desde carbonatados a clorurados de alta concentración.

Los principales boratos de formaciones continentales son de Ca y Na en menor grado de Mg, y en pequeñas cantidades de Sr, As.

En la actualidad las principales regiones con sedimentación boratífera lacustre son:

- Los salares de los altiplanos andinos (Argentina, Bolivia Perú y Chile);
- Las playas de lagos salinos del desierto de Mojave y de *Death Vally* (California).
- Los lagos salinos de *Plateau Qinghai-Xizang* (Tibet; y
- La región del lago Inder (Al Norte del Mar Caspio).

En estas zonas endorreicas la sedimentación de boratos se produce en diferentes ambientes:

- En las proximidades a las surgencias boratíferas, frecuentemente hidrotermales, en forma de conos o abanicos (spring apron).
- En el subsuelo de algunas playas salinas.
- En las orillas (más raramente en los fondos) de numerosos lagos efímeros y de unos pocos lagos permanentes, mayores y más profundos.

En todos estos ambientes las soluciones boratíferas pueden presentarse solas, dando lugar a depósitos exclusivamente de boratos emplazados entre lutitas, cineritas y niveles volcanoclásticos, o bien mezclados con soluciones evaporíticas diversas dando lugar a boratos en complejas paragénesis con carbonatos, sulfatos y cloruros.

Condiciones de sedimentación, litofacies y transformaciones petrogenéticas. Las facies desarrolladas por los boratos son en todo comparables a las de otras evaporitas, en particular los sulfatos. Así se distinguen litofacies laminadas masivas, nodulares, bandeado-nodulares, meganodulares, colunmnares-verticales, macrocristalinos intersticiales, enterolíticas, etc, así como brechoides, cavernosas, en venas fobrosas y en masas irregulares .Las texturas van desde micro a macrocristalinos. Muy pocos boratos, en particular el bórax. dan lugar a depósitos lacustres estratificados y potentes, con fábricas cristalinas propias de precipitación primaria subacuática. El resto de boratos suelen presentar litofacies propias de crecimientos diagenéticos (nodulares macro cristalinos intersticiales), así como mostrar diversos tipos de reemplazamientos petrológicos, los ciclos de formación de los boratos se observan en Figura 1.3. En los ambientes lacustres del holoceno algunos boratos son muy frecuentes (bórax-tincalconita, ulexita), otros son más esporádicos (meyerhofferita, inyoita, hidroboracita, kurnakovita y inderita), tal como se observa en Figura 1.4. La comparación de estos hechos con la distribución de boratos en las formaciones del Neógeno, revela algunos aspectos de interés. así en los depósitos antiguos:

- La colemanita es el borato cálcico más importante.
- Otros boratos, como la inyoita, probertita, priceíta (pandermita), etc. Están mejor representados que en los medios actuales.
- La kernita está ligada alborax en profunididad, existiendo un ciclo de transformaciones bórax primario-kernita (de reemplazamiento en profundidad- bórax (secundario de exhumación
- En superficie es corriente el reemplazamiento frecuentemente pseudomórfico de varios boratos cálcicos y sódicos (colemanita, priceíta, bórax) por los carbonatos en particular la calcita.
- De acuerdo con lo anterior, los principales boratos de interés petrológico (formadores de roca), son la colemanita, ulexita y el bórax, y en menor medida la kernita. Varios de los anteriores procesos, en particular las reacciones diagenéticas de hidratación – deshidratación, aproximan este grupo particular a la problemática general de las evaporitas más comunes.

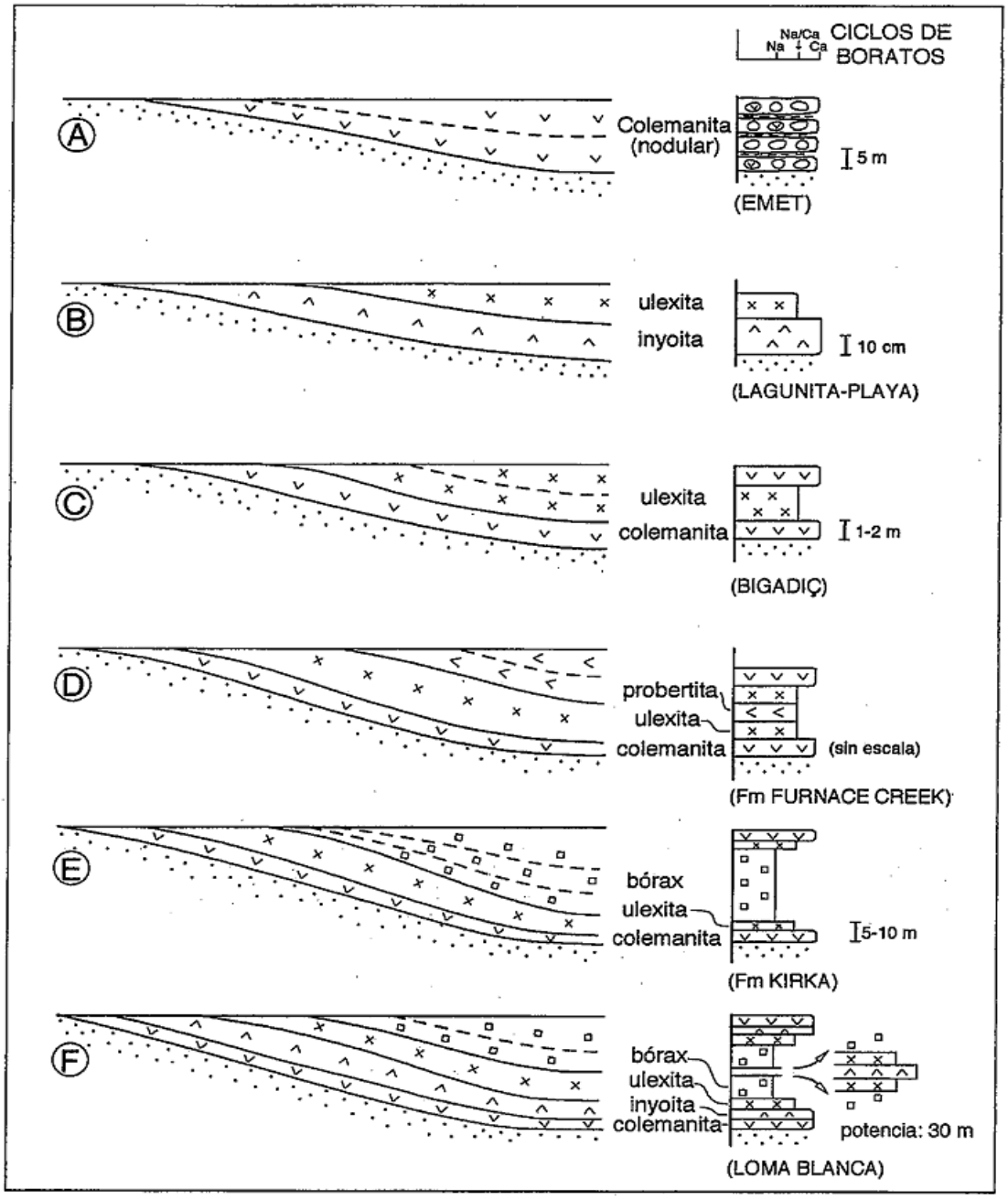


Figura 1.3. Esquema de secuencias deposicionales en boratos de Ca-Na lacustres
Fuente. Geogaceta 20(2) - Ortí F. 1996.

El estudio de los sistemas de equilibrio químico entre el boroto, los diferentes cationes y el agua (*Hanshaw*, 1963), *Christ et al* 1967; *Inan et al* 1973 ha permitido establecer que:

- En relación con el principal grupo cálcico integrado por la inyoita meyerhofferita y colemanita, se observa que las condiciones de precipitación directa de la fase anhidra (colemanita), son difíciles de alcanzar en los

ambientes sedimentarios. Por ello ha sido invocada en la literatura la precipitación de la colemanita exclusivamente a partir de las reacciones de deshidratación de la inyoita o de la disolución incongruente de la ulexita (colemanita diagenética de enterramiento),

- En la serie de boratos de Na-Ca algo similar puede decirse de la probertita (considera en general como secundaria), respecto de la ulexita.

Ello no obstante, la absoluta dominancia en las formaciones neógenas de algunas de esta fases consideradas secundarias en particular la colemanita nodular, ha llevado a algunos autores a admitir su origen sinsedimentario (*Kistler y Helvasi*, 1994, *Helvasi* et al 1995), en el campo de los sulfatos, controversias similares se conocieron para la anhidrita nodular de *sabkha* (*Shearman* 1966), estos grupos se observan en la Figura 1.4. Algunos de los principales requerimientos físico-quimicos para la precipitación primaria sinsedimentaria de los boratos han sido resumidos por *Sun Dapeng* y *Li Bingxiao* 1990 en su estudio experimental a bajas temperaturas con salmueras procedentes de numerosos lagos boratíferos actuales de china.

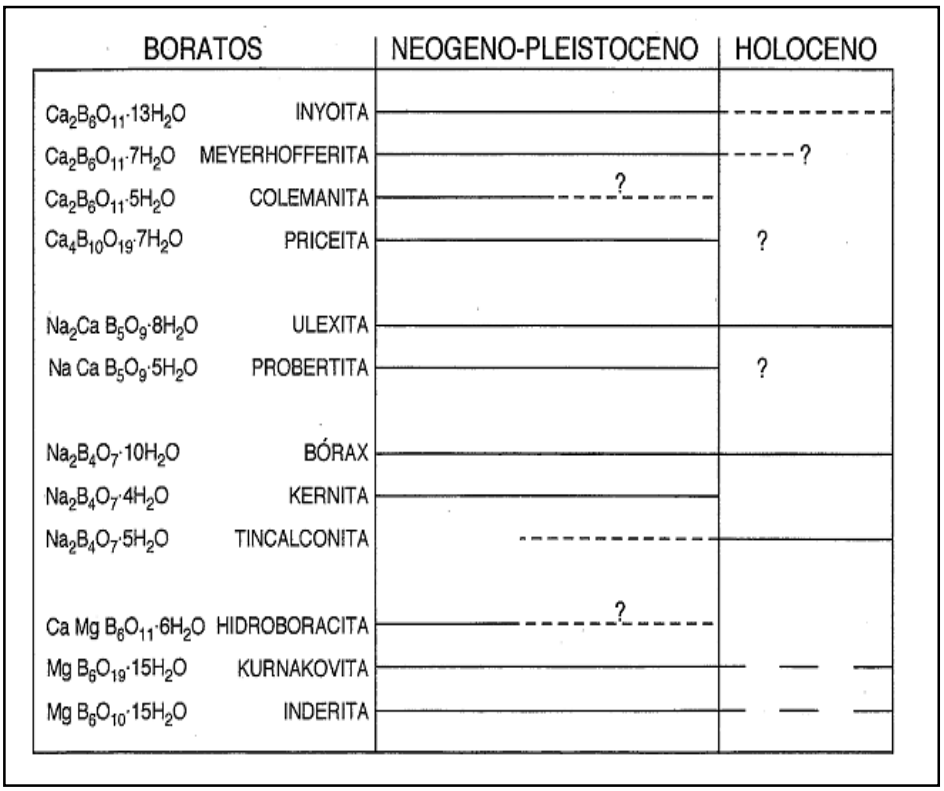


Figura 1.4. Distribución comparativa de boratos más frecuentes en depósitos actuales y antiguos
Fuente. Geogaceta 20(2) - Ortí F. 1996.

- **Equilibrio estable**. Solo el bórax precipita en laboratorio en condiciones metastables (rápidos). Los demás boratos requieren condiciones muy estables y largos periodos de tiempo para precipitar, haciéndolo siempre de un modo intersticial (en los sulfatos con comportamientos similares ofrecido por algunos minerales típicamente biogenéticos, como la anhidrita, glauberita y polihalita, frente al yeso primario.
- **Bajas temperaturas**. Muchos boratos tienen un comportamiento preferentemente en invierno y haciéndolo conjuntamente con minerales como la mirabilita.
- **Estadios de concentración**. El bórax precipita preferentemente en aguas del tipo cabonatado y suele asociarse a varios carbonatos alcalinos, además de la mirabilita. La Ulexita se asocia a carbonato, mirabilita, yeso y halita. Muchos boratos y en particular los de Mg , precipitan en aguas sulfatadas en un amplio rango de concentración.
- **Mezcla de salmueras**. La precipitación de boratos viene facilitada por la mezcla de salmueras, en particular de soluciones relativamente diluidas pero ricas en boro (procedente de fuentes termales), con las salmueras intersticiales lacustres, más concentradas pero de menor contenido de ese elemento.
- **Suministro continuo de soluciones boratíferas**. Un aporte continuado y de larga duración de estas soluciones a los medios lacustres y playas holocenas ha sido imprescindible para la sedimentación de cantidades apreciables de boratos.

Boratos de Ca/Na Tipos hidroquímicos, secuencias deposicionales y cinturones de facies.

La distribución de sedimentos de los boratos de Ca y Na lacustres tanto holocenas como actuales, muestra zonaciones basadas en la solubilidad mineral (menor en los cálcicos y mayor en los sódicos), y en la existencia de gradientes laterales de concentración. Igualmente en los depósitos neógenos esta zonación se desarrolla en la vertical, dando lugar a una secuencia sedimentaria ya sea única o ciclica, la estabilidad de los boratos se observa en Figura 1.5.

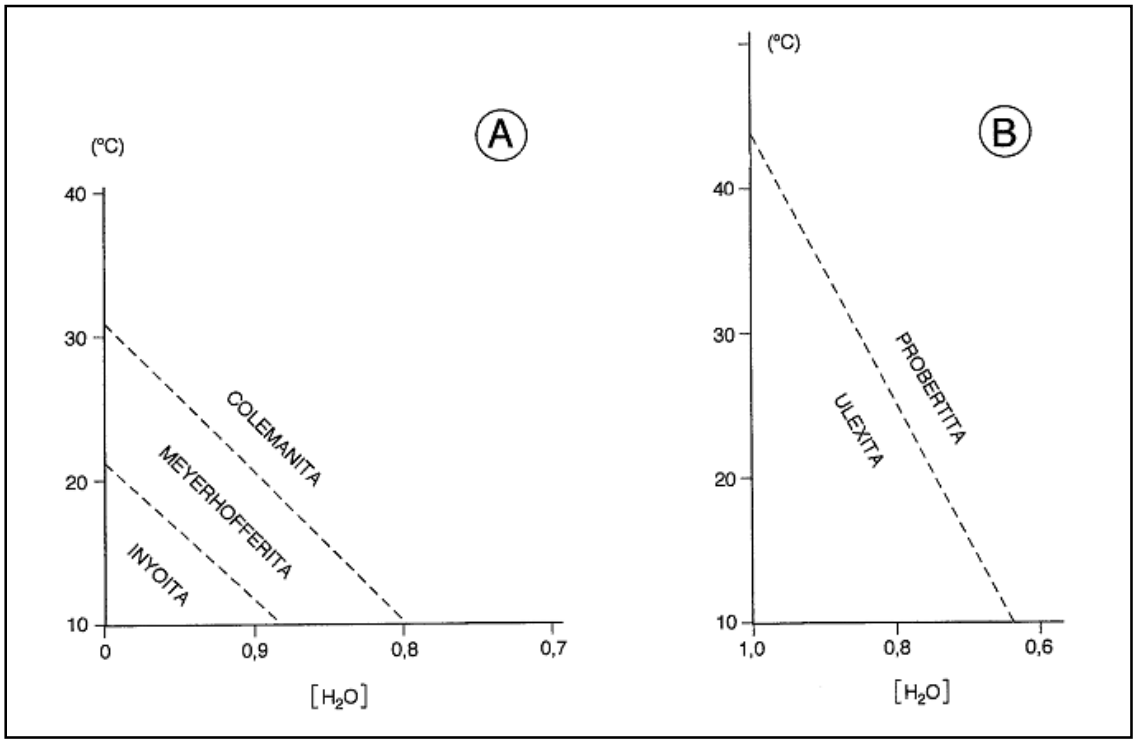


Figura. 1.5. Estabilidad de boratos de Ca y Ca - Na en función de la temperatura
Fuente. Geogaceta 20(2) - Ortí F. 1996.

1.11.4 Geología económica.

La mineralización económica del depósito de boratos de la Laguna Salinas está constituida por el mineral ulexita e inyonita como minerales de mena y habita, yeso, mirabilita, tenardita se les considera como minerales de ganga. El contorno es aproximadamente paralelo al contorno de la zona evaporítica. Se localiza entre las dos capas guías de pumicita que definen el ciclo superior de sedimentación.

1.11.5 Mineralización.

La ulexita, se encuentra distribuido en gran parte de la Laguna, se le aprecia en sus dos litofacies clásicas que son la masiva (horizonte B) y nodular (horizonte A).

La potencia de esta capa mineralizada llega a medir hasta 2,7 m en la parte depocentral y se acuña hasta desaparecer en los bordes del salar. La profundidad a que se encuentra también es variable siendo superficial en los bordes encontrándose hasta 2,5 m en la zona depocentral; por sus diferentes características el mencionado manto mineralizado ha sido separado en dos

horizontes, el superior nodular llamado Horizonte “A” y el inferior masivo llamado horizonte “B”. Ambos normalmente yacen en contacto directo, aunque no es raro encontrar entre ellos una capa estéril de ceniza volcánica que llega a medir hasta 0,5 m.

Tabla 1.3. Atributos geológicos regionales y locales.

ATRIBUTOS REGIONALES	
Escenario tectonoestratifigráfico	Límites de placas convergentes y terrenos extensionales asociados con vulcanismo
Ambiente deposicional regional	Cuencas cerradas o semicerradas, típicamente cuencas estructurales.
Rango de edad	Terciario al cuaternario reciente
ATRIBUTOS LOCALES	
Roca caja	Sedimentos lacustrinos y evaporitas, especialmente calizas y yeso.
Rocas asociadas	Flujos volcánicos calcio alcalinos y tobas
Mineral mena	Boraz, kernita, ulexita, colemanita, tincalconita, salmueras y otros.
Mineral ganga	Incluye yeso, dolomita, oropimente, rejalgar, calcita, anhidrita, tenardita, trona, zeolitas, hectorita, azufre nativo, aragonito, halita, silvita, otros.
Escenario estructural	cuencas comúnmente controladas por fallas
Control de la mineralización	Cuencas estructurales cerradas o semi-cerradas durante la deposición
	Fuente de boratos dentro de la cuenca de drenaje
	Climas áridos a semi-aridos.
	Vulcanismo contemporáneo.
	Capacidad de agua suficientemente grande como para introducir
	Preservación de boratos solubles por arcillas superpuestas o por otras unidades insolubles.
Dimensiones típicas del deposito	La mayoría de los depósitos de boratos presentan cuerpos de forma elongada, lentes, con longitudes de las mayores zonas mineralizadas conocidas superior a 4km y un espesor aproximado de 100 m. lo más común es que se presenten cuerpos de 100 m. de largo y 10 m. de espesor.
Efecto de la meteorización	Antiguos depósitos re expuestos en la superficie pueden someterse a hidratación o disolución de minerales de borato que pueden finalmente conducir a la destrucción del depósito.
Efecto de la diagénesis/metamorfismo	La diagénesis conduce a la eliminación de agua, Na, B, Ca de los depósitos. Durante periodos más largos de tiempo y condiciones extremas, cambios diagenéticos contribuyen a la destrucción de los depósitos.

Fuente: Estudio estructural e hidrotermal del volcán Ubinas – XI Congreso peruano de Geología

1.11.6 Horizonte A de laguna.

Lo constituye la ulexita gris fibroso y se localiza en toda la laguna; por consiguiente, tienen las mismas dimensiones del manto mineralizado.

1.11.7 Horizonte B (masivo) de laguna.

La mineralización es masiva de color blanco grisáceo con tonos amarillentos naranjas, compacta, limpia o con pocas impurezas de cenizas volcánicas, arcillas, materia orgánica, sulfuros de arsénico, yeso mirabilita, etc. Las impurezas le otorgan coloraciones amarillentas (productos químicos) o gris negruzcas (cenizas).

Está alojado en arcillas y cenizas volcánicas de variados colores que van desde el gris verdoso, pardo amarillento, y gris oscuro.

La potencia de la capa también es variable y llega a medir hasta 1,00 m; su contacto inferior es muy uniforme, a veces lo hace directamente sobre la pumicita gruesa inferior y en otras está separado de ella por una delgada capa de arcilla que en algunos casos llega a medir hasta 0,30 m. en ningún caso se ha observado ulexita dentro de la pumicita de grano grueso mencionada; lo que si en pequeñas zonas por debajo del horizonte macizo se ha encontrado pequeños lentes de ulexita.

1.12 Mineralización propiamente dicha.

Según la génesis los boratos de origen continental se encuentran ocurridos una serie de parámetros geológicos, hidrológicos y climáticos, estos son: volcanismo activo, fuentes termales, cuencas cerradas y clima árido. El estrato mineralizado está conformado por dos horizontes bien diferenciados que por facilidad de manejo se les denomina horizonte “A” y horizonte B”.

1.12.1 Horizonte “A” en Huito.

Conformado por la ulexita de aspecto nodular, se trata de copos de formas y tamaños diversos, alojados en cenizas volcánicas negras de grano medio a fino, consta de abundantes copos de ulexita fibrosa de color gris oscuro hasta negro, también se alojan en cenizas volcánicas gris verdosas que contienen copos aislados de ulexita masiva blanca. En ningún caso llegan a formar capas por lo que no tiene importancia económica, en algunos lugares contiene cristales aislados (a veces en forma masiva), de mirabilita. También se determina un horizonte A1, conformado por una ulexita blanca masiva intercalada con finas capas de arcillas y se presenta suprayaciendo al horizonte B. La mineralización de este horizonte al parecer tiene su origen a partir de un núcleo de ulexita que fue creciendo al ir

captando el borato del medio enriquecido, desplazando a las cenizas volcánicas clásticas permeables que los contienen.



Foto 1.1. Muestra de mineral del horizonte A.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.12.2 Horizonte "B" de Huito.

La mineralización es masiva de color blanco amarillento y grisáceo a veces con tonos amarillentos y naranjas; es una capa compacta, limpia o con pocas impurezas de cenizas volcánicas, arcillas, yeso mirabilita, etc.

Está alojado en arcillas y cenizas volcánicas de variados colores que van desde el gris verdoso, pardo, amarillento, y gris oscuro. La potencia de la capa también es variable va de 12 cm., hasta 80 cm. La mineralización de este horizonte probablemente se formó en un ambiente lacustre de baja profundidad en la interface agua a sedimento siendo el agua el medio que se encargó de difundir las soluciones mineralizadas cargadas de borato.



Foto 1.2. Muestra de mineral del horizonte B.

Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.13 Operación minera.

La operación minera actual es mecanizado y por método de corte y relleno por transferencias.

Ciclo de minado. El ciclo de minado en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C. es el siguiente:

- Arranque
- Carguío
- Transporte
- Descarga.

1.13.1 Proceso extractivo.

El proceso extractivo se realiza con excavadoras y mini excavadoras.

1.13.2 Preparación de block.

El proceso inicia con la designación del block de explotación y su delimitación, se subdivide en delimitación del block y el cercado de la zona de operaciones.

1.13.3 Cercado de block.

Delimitado y marcado el block la excavadora ingresa para cercar el block, mediante un procedimiento de trabajo con 2 guías y supervisor a una altura de 40 cm.



Foto 1.3. Cercado de block.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.13.4 Labores de bombeo.

Terminado el cercado, se derivan el agua de zanjas hacia la laguna, se realiza con motobombas *Waker Neuson* y Varisco.



Foto 1.4. Labores de bombeo de agua.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.13.5 Secado de block

Concluido el bombeo, se procede el secado del block con tractores agrícola con el método de remoción en donde los polidiscos proceden a cortar la superficie para acelerar el proceso de secado.



Foto 1.5. Actividad de rastrillado en canchas de almacenamiento de mineral.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.13.6 Preparación de carretera interior block.

Cuando el block está seco, se preparan carreteras por las partes centrales y diagonales del block, para que los volquetes que extraerán el mineral puedan ingresar y salir del mismo.



Foto 1.6. Preparación de accesos.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.13.7 Mantenimiento de vías.

Se realiza el lastrado de accesos para darle condiciones para al transporte de mineral, luego el mantenimiento con una motoniveladora y cisterna de aguan para evitar la polución.



Foto 1.7. Lastrado de vías.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.



Foto 1.8. Mantenimiento de vías.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.13.8 Extracción de mineral SP (minado).

El método de explotación es minado por corte y relleno por transferencia a tajo abierto, este método de explotación se inicia con el desbroce dela capa superior.

1.13.9 Desbroce.

Se inicia con la remoción del material de desbroce, que es la eliminación de la capa superior o cobertera (incluyendo a la pumicita que tiene un espesor de

aproximadamente de10 cm. a 1 m.) mediante la apertura de una trinchera de 5 m. de ancho, la altura está dada por la profundidad de la mineralización, el minado se realiza con una excavadora a lo largo de todo el perímetro del tajeo delimitado. La apertura de este material se deposita a un costado de la trinchera en áreas ya explotadas.



Foto 1.9. Desbroce de mineral
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

En Foto 4.9 se observa a la excavadora realizando la extracción de la parte superficial del terreno, las medidas aproximadas de cada pozo que realiza la excavadora son: 5 metros de ancho. 4-5 metros de longitud. 1.60 - 2.00 metros de profundidad.

1.14 Extracción de mineral.

Una vez que se limpia el material de cobertera, se deja expuesto el mineral y se procede a la extracción del manto mineralizado, dependiendo del tipo y calidad del mineral se realiza el carguío directo a volquetes o se acumula en ruma (Hz B) y se extiende en superficie (Hz A). En la extracción se discriminan tres horizontes mineralizados: horizonte A, horizonte A1 y horizonte B, contando con un horizonte guía que es la pumicita. Si el horizonte presenta buena concentración de copos de ulexita, será arrumado a un costado de la zanja como mineral SP (sin pallaqueo), el cual será cargado directamente a las canchas de extracción. Si el horizonte

presenta regular concentración de copos de ulexita que se pueden recuperar, serán extendidos a un costado de la zanja para una recuperación manual. Si el mineral presenta una mínima concentración de copos de ulexita este será desechado rellenando la zanja anterior, es por ello que este proceso de minado recibe el nombre de corte y relleno por transferencia.



Foto 1.10. Extracción de mineral
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

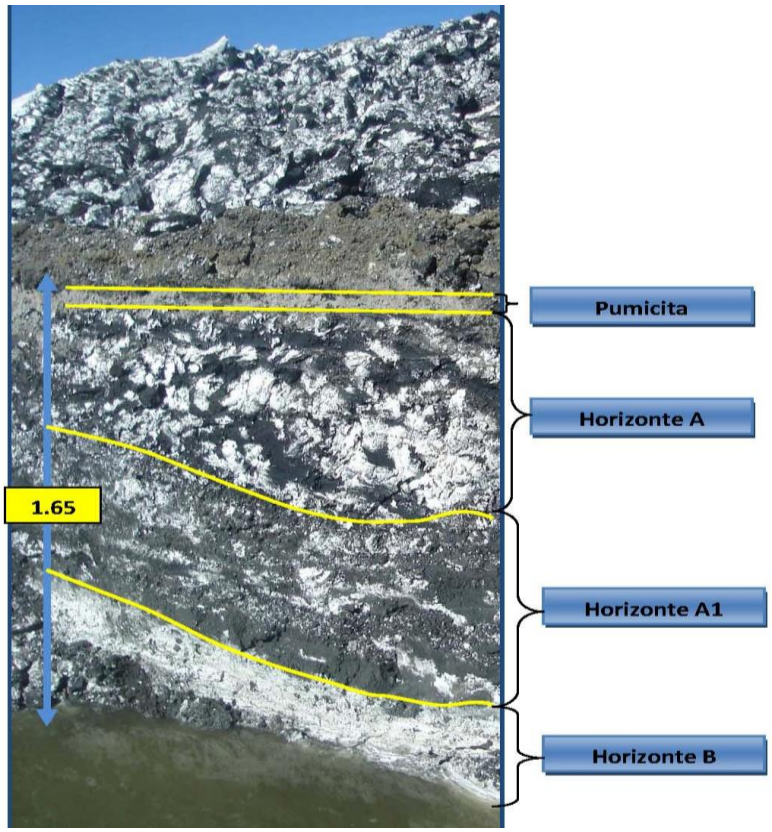


Foto 1.11. Horizontes mineralizados con ulexita.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.14.1 Carguío y acarreo.

Carguío mineral SP en rumas. El carguío de mineral SP (sin pallaqueo) se realiza con excavadoras CAT 324DL, 336D y cargadores frontales CAT 962H, *Hitachi W190*.



Foto 1.12. Carguío de mineral con excavadora.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.



Foto 1.13. Carguío de mineral con cargador frontal.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

Carguío mineral SP directo.

Consiste en extraer el mineral del corte sin depositarlo en rumas, tiene la desventaja de causar demoras en el ciclado pero disminuye la dilución.



Foto 1.14. Carguío SP directo.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.14.2 Almacenamiento de mineral.

El mineral se transporta a las canchas de almacenamiento, previamente preparadas, se tolvea de manera continua, mientras un cargador frontal acumula las rumas tolveadas para dar área de descarga.



Foto 1.15. Descarga de mineral
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.14.3 Nivelación.

Concluida la campaña de extracción, continúa la remediación del terreno impactados mediante la nivelación, se utilizan motobombas, excavadoras, tractor oruga y motoniveladora.

1.14.4 Pre nivelación.

Consiste en la distribución del material de escombreras hacia las zanjas dándole un primer nivel al terreno ya explotado, se realizará con excavadora, motoniveladora y tractor oruga (dependiendo de las condiciones del terreno), estos equipos han presentado el siguiente rendimiento:



Foto 1.16. Pre nivelación con excavadoras.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.



Foto 1.17. Pre nivelación con tractor oruga.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.14.5 Perfilado.

Llamada también perfilado, consiste en un perfilado de las áreas pre niveladas con la finalidad de reducir las elevaciones de terreno y dejar una superficie que permita la acumulación de agua y su distribución en el terreno.



Foto 1.18. Perfilado con excavadoras.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.14.6 Flota de equipos de Compañía Minera Inkabor S.A.C. - Unidad Salinas.

La flota de equipos principales de Inkabor S.A.C Unidad Salinas, son de las proveedoras *Caterpillar, Hitachi, Mafer Forbuson y Wacker Neuson* y está conformada por excavadoras, cargadores frontales, equipos de servicios auxiliares y de preparación las cuales poseen características específicas que se describe a continuación.

1.15 Equipos de carguío y transporte de minerales.

1.15.1 Excavadoras.

Excavadora *Hitachi EX255*. Esta excavadora de la línea *Hitach*i, poseen una cuchara de capacidad de 1.8 m^3, su principal uso es para desbroce y carguío, son usadas también para la etapa de nivelación.

Su característica principal es su brazo que le permite realizar cortes de hasta 5 metros de profundidad en ocasiones donde el mineral se encuentra a esas profundidades.



Foto 1.19. Excavadora *Hitachi EX255.*
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

Excavadora *CAT 324DL*. Excavadora de la línea *Caterpillar*, poseen una cuchara de capacidad de 1.6 m^3, su principal uso es para desbroce y carguío, también es usada para la etapa de nivelación.



Foto 1.20. Excavadora *CAT 324DL* Nº5.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.15.2 Cargadores Frontales.

Cargador *HITACHI W190 & FR160*. Su uso principal es para el carguío, también para realizar actividades de servicios auxiliares, su capacidad de cucharon es de 3 m^3.



Foto 1.21. Cargador frontal *Hitachi W190*.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

Cargador *CAT 962H*. Su uso principal es para el carguío, también para realizar actividades de servicios auxiliares, su capacidad de cucharon es de 3.6 m^3.



Foto 1.22. Cargador frontal *CAT 962H* Nº1.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.15.3 Volquetes.

El transporte interno de mineral lo realizan los comuneros teniendo estos un convenio con la empresa para realizar esta actividad. Los equipos de acarreo son de línea *Dodge* 800 y *Volvo F7*, con una capacidad de tolva de 8 cubos.



Foto 1.23. Volquete *Volvo* F7
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.



Foto 1.24. Volquete *Dodge* 800
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.15.4 Equipos auxiliares.

La flota de equipos auxiliares es muy surtida en cuanto a tipo de equipos.

1.15.5 Motoniveladora CAT 135H.

Las motoniveladoras en la Unidad Salinas son equipos de vital importancia para mantener las vías en buen estado.

La cuchara rectangular que posee en la parte delantera para remover lodo o piedras en el camino y las uñas posteriores para escarificar las vías en mal estado son las dos herramientas principales que posee para nivelar el terreno.



Foto 1.25. Motoniveladora *CAT 135H* Nº1.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.15.6 Tractor de orugas *CAT D6R*.

Equipo auxiliar usado básicamente para trabajar en el piso de las excavadoras para acumular el material chorreado de estas al cargar, adicionalmente es una herramienta muy útil en el mantenimiento de las vías en condiciones operativas.



Foto 1.26. Tractor oruga *Cat D6R* Nº1.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.15.7 Cisterna de agua *Volkswagen.*

El uso de estas cisternas se basa el regado de vías para aplacar el polvo.



Foto 1.27. Cisterna de agua *Volkswagen.*
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.15.8 Cisterna de combustible.

Cisterna de combustible diésel D2 con una capacidad de 1,200 galones.



Foto 1.28. Cisterna de combustible.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.15.9 Equipos de preparación.

Estos equipos son usados tanto en las etapas de preparación como en la etapa de nivelación.

1.15.10 Tractor agrícola *Mafer Forbuson* 4291.

Este equipo se utiliza netamente en la etapa de preparación, su finalidad es remover el material de la superficie para que sea secado naturalmente. El área de planta también usa estos equipos con la misma finalidad.



Foto 1.29. Tractor agrícola *Mafer Forbuson* 4291 Nº3.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.15.11 Motobombas *Wacker Neuson PT 6LT*.

Desarrolla un caudal es de 120 m^3/hora, es de suma importancia para la evacuación del agua de los cortes hacia el exterior del block, permite que la excavadora realice su corte sin dificultades; es indispensable en la etapa de preparación y cercado de blocks.



Foto 1.30. Motobombas *Wacker Neuson* Nº4.
Fuente. Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

1.16 Planeamiento de minado.

Dentro del planeamiento a largo plazo de la Empresa Inkabor para los años 2015 al 2019 para la explotación de ulexita se tiene que extraer los blocks en los 05 años (2015-2019); hasta el momento (año 2015), hay un pequeño déficit con el programa de explotación establecido. En los planos se observan los blocks demarcados con líneas rojas como parte de segunda etapa de producción que comprendería entre los años 2015 al 2019.

1.16.1 Planeamiento de minado a largo plazo 2015 – 2019.

El planeamiento de minado para los años 2015 al 2019 se muestra en Tabla 1.4 de acuerdo a cada block mineralizado y es el siguiente:

Tabla 1.4. Planeamiento de minado a largo plazo 2015-2019.

Block	Área	Pot.	%B_2O_3 BH	%B_2O_3 BS	%H_2O	G.E.	TMS	TM B_20_3	TM	% Rec.	TM Rec.
BX-35	12.6	0.42	18.62	31.68	40.38	1.44	38,545	11,844	63,615	95%	60,434
BX-36	18	0.52	16.54	31.1	46.81	1.38	64.290	19,997	120,895	95%	114,850
BX-44	22.5	0,69	16.23	31.26	48.06	1.37	103,015	32,199	198,455	95%	188,532
BX-40	22.5	0.69	17.62	32.56	45.86	1.38	112,454	36,618	207,826	95%	197,435
A1-25	12.5	0.46	17.21	30.72	42.19	1.41	44,868	13,782	77,632	95%	73,750
B1-55	11.5	0.47	16.61	31.44	44.03	1.40	40,785	13,375	80,525	95%	76,499
B1-56	10.5	0.47	17.76	32.04	47.52	1.39	35,067	3,583	20,176	95%	19,167
A1-23	12.5	0.47	16.76	31.52	44.09	1.40	45,868	13,495	80,525	95%	76,499
BX-47	16	0.43	17.69	30.47	41.92	1.42	56,688	17273	97,606	95%	92,726
											899,892

Fuente: Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

De los datos anteriores determinamos lo siguiente:

- Los blocks que se explotaran en siguientes años serán: BX-35, BX-36, BX-44, BX-40, B1-55, B1-56, A1-23, A1-25, BX-47
- El tonelaje de los blocks a explotar será de 899,892 TMH.
- La producción anual de mineral (por campaña) considerada es de 190 000 TM.

1.17 Beneficio y comercialización.

1.17.1 Planta concentradora o beneficio del material.

A continuación se describen los procesos de beneficio de mineral.

1.17.2 Descripción de las etapas de beneficio para mineral alta ley.

Para el mineral con pallaqueo se tienen los siguientes procesos:

1.17.3 Proceso de secado natural de ulexita.

El mineral extraído de la mina no se puede comercializar tal como se extrae entonces se somete a un proceso de secado al sol durante 5 días, volteando con un rotucultor (tractor agrícola), para variar la exposición del mineral al sol, con la finalidad de reducir su contenido en humedad de 36 % a 29 %.

Luego se alimenta a un molino de martillos para obtener la granulometría adecuada. En esta etapa no generan ningún residuo, ya que el proceso solo consiste en evaporar el contenido de agua. La pérdida en peso (TM), del mineral ulexita debido a que este minera! es hidroscópico, en general, contiene además de su agua de cristalización un gran volumen de agua intersticial que puede alcanzar en casos extremos hasta cerca de 60% del volumen total.

1.17.4 Planta de calcinado (secado artificial).

El mineral proveniente de la cancha de secado al sol, es secado artificialmente en horno rotatorio con la finalidad de eliminar la humedad restante y el agua de composición de la ulexita.

Este proceso tiene lugar en la planta Industrial, donde el mineral es sometido a un secado artificial en un horno rotatorio a una temperatura de 500°C. Con la finalidad de eliminar la humedad restante y el agua de composición de la ulexita.

Representa la parte gruesa del mineral que alcanza a pasar por todo el horno y es además sometido a una limpieza para eliminar la parte que contiene hierro y/o sus minerales.

El control de calidad de los ingresos a cancha planta, cancha mina, los despachos a almacén Uchumayo y todas las ventas de los productos son analizados por laboratorio químico que es el que emite los certificados de análisis para el control del rendimiento, los análisis en la planta industrial tiene un control horario de los productos.

Ulexita natural: $NaCaB_5O_6((OH)_6),5H_2O$-1/2Na_2O+Ca0+5/2B_2= 3+8H_2O

- Peso molecular 261,975 – 1/2*61,994+54,08+5/2*69,959
- Porcentaje 100-7,64+13,81 +43,08+35,47.

Ulexita anhidra: $NaCaB_5O_6$-1/2Na_2O+Ca0+5/2 B_2O_3

- Peso molecular 261,975 - 1/2*61,994+56,08+5/2*69,959
- Porcentaje 100-11,84 +21,4+66,76

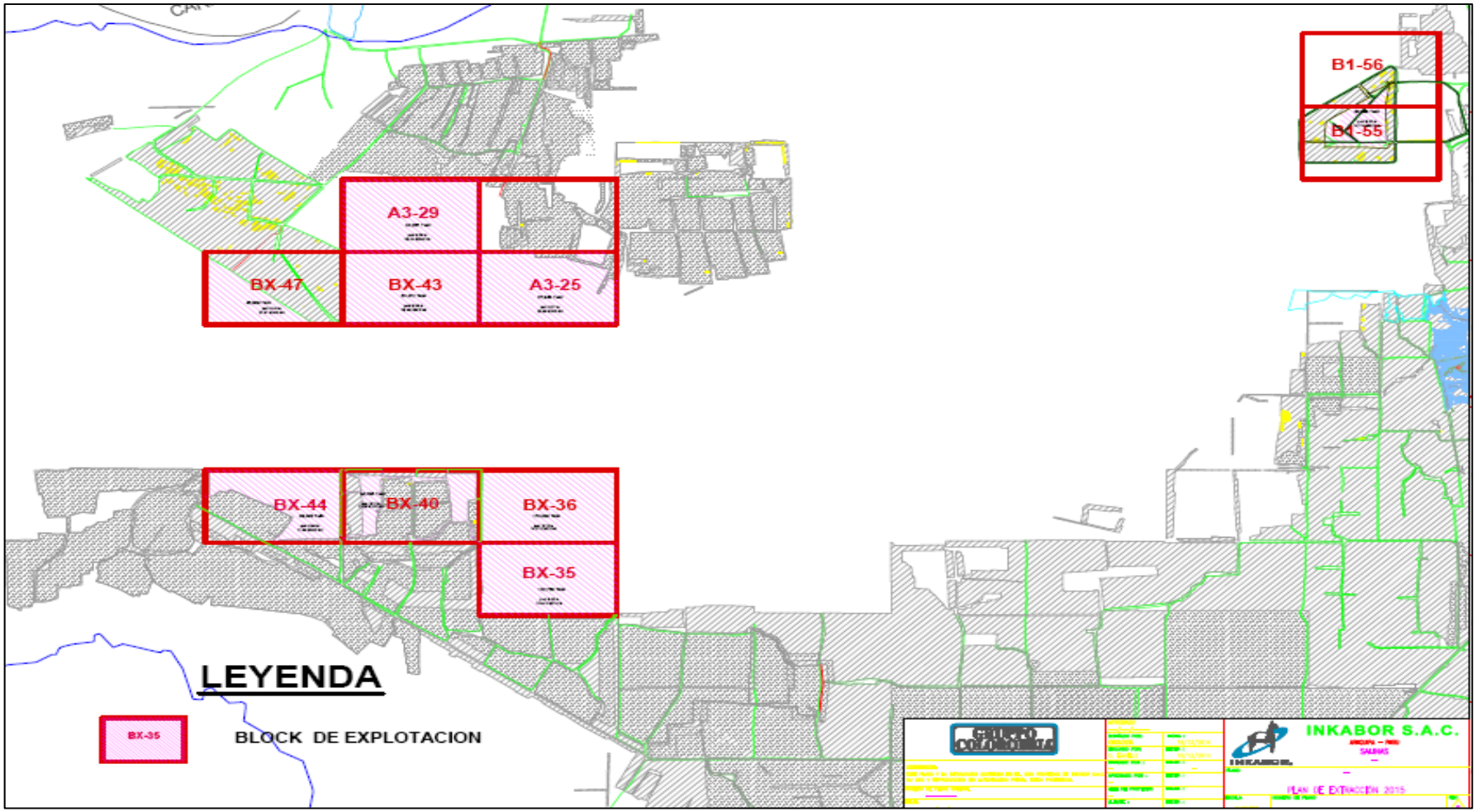


Figura 1.6. Zona de explotación 2015 al 2019 (proyecto).
Fuente: Operaciones Mina – Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

Ulexita 40 (Ubor 12). Es un producto con contenido de 39 % a 41% de B_2O_3 y proviene de la parte más fina del mineral, que es arrastrado por el aire y recuperado en los ciclones, para luego ser transportado a los silos de almacenamiento y posteriormente ensacado.

Ubor15. Este producto normalmente alcanza una ley de 46% a 47% de B_2O_3, representa la parte gruesa del mineral y que alcanza a pasar por todo el horno rotatorio, además es sometido a limpieza para eliminar el hierro y finalmente, es enviado a silos para el correspondiente ensacado. En estas etapas de producción, aparece un polvo fino de ulexita debido al flujo de aire usado para secar el mineral. Este polvo fino primero es recuperado en ciclones y luego en el filtro de mangas. Por último el proceso no genera efluentes líquidos.

1.17.5 Descripción de las etapas de beneficio para mineral baja ley.

Para el mineral sin pallaqueo se tienen los siguientes procesos:

1.17.6 Cancha de secado al sol.

La ulexita es extendida en cancha de secado al sol, con la finalidad de reducir la humedad de 54% a 27%.

1.17.7 Planta de molienda.

Este mineral se pone en rumas para luego pasar por molienda y con una ley constante que oscila entre 22 % de B_20_3 es trasladado a la planta de ácido bórico en Arequipa. Planta de beneficio Ubinas.



Foto 1.31. Producto final de boro en unidades de sacos de 25 kg.
Fuente. Mineral en planta de Inkabor S.A.C.

1.18 Estudio de mercado de la ulexita.

Para realizar el estudio de explotación de la ulexita y el bórax se deberá tener un claro concepto de los productos; es de vital importancia hacer el estudio de mercado que se describirá a continuación.

1.19 Características generales de la ulexita.

1.19.1 Características de la ulexita.

Propiedades físicas y químicas. Exfoliación perfecta, pero raramente observable. Dureza, 2,5; densidad, 2,0. Lentamente descompuesta en el agua y fácilmente en los ácidos.

Lugar de formación.- En los yacimientos de boratos. La ulexita es un mineral bastante común. Quizá los mejores ejemplares son los de California, en el Monte Blanco y Corkscrew Canyon, en el Valle de la Muerte, en la región de Kramer. Otros ejemplares proceden de Chile (provincia de Tarapacá), de Argentina (provincia de Jujuy), de Perú (Arequipa), de Canadá (Nueva Escocia, New Brunswick), de Rusia (Lago Inder), etc. La priceita, de fórmula química $Ca_5B_{12}O_{23}$ $9H_2O$, se encuentra en forma de nódulos blancos en Oregón (Chetco, Curry Co.) y en California (Furnace Creek, junto al Valle de la Muerte). Similar, y según algunos, idéntica, es la pandermita de Turquía (Sultan Tschair, junto a Panderma, en el Mar de Mármara), donde se encuentran nódulos que llegan a pesar hasta una tonelada.

1.19.2 Características del bórax.

Propiedades físicas y químicas. Exfoliación perfecta. Densidad, 1,71; dureza, 2-2,5. Fácilmente soluble en agua.

Lugar de formación. En yacimientos de boratos. El bórax es una de las especies más importantes que contienen boro; es más, precisamente el nombre del elemento deriva de este mineral ("buraq" en árabe quiere decir blanco, y de Oriente se importaban en Europa los cristales más o menos deshidratados de bórax). Esta especie se encuentra en varias localidades del Tíbet y de Kashmir (Rudok, Tengri-Nor junto a Lhasa, también en Ladakh), también en Rusia, en Irán, en India, etc. Los mejores ejemplares para el coleccionista proceden de California, sobre todo de Boron, de Bórax Lake (Lake Co.) y de Searles Lake (San Bernardino Co.), este

último es un lago salado donde se encuentran varias especies insólitas (haksita, pirssonita, sulfohalita, schairerita, tychita, northupita, galeita, etc.), se presenta en cristales en general tabulares, ricos en caras, fácilmente alterables.

La ezcurrita, de fórmula química $Na_2B_5O_6(OH)_5.H_2O$, es un raro borato de sodio que se presenta en forma de cristales incoloros, triclínicos, dotados de excelente exfoliación o bien de masas espáticas. Se encuentra con bórax y karnita en la Mina Tincalayu, en la provincia de Salta, en Argentina. Se debe conservar lejos del aire, puesto que se deteriora.

1.20 Usos de boratos y ulexita.

1.20.1 Usos del borato.

Los principales usos de los boratos, no han cambiado mucho en esta última década. Las aplicaciones más importantes son:

- Industria de esmaltes y cerámicas.
- Vidrio y fibra de vidrio.
- Detergentes y blanqueadores.
- Fertilizantes.
- Fibras textiles.
- Retardador de fuego.

1.20.2 Usos industriales de la ulexita.

- Cerámicas: El bórax deshidratado y fundido que es obtenido de la ulexita puede ser usado principalmente como recurso para abrillantar las cerámicas y en alfarería.
- Farmacia: Otro componente de la ulexita, el ácido bórico refinado, tiene grandes potenciales para el uso farmacéutico en colirios y desinfectantes.
- El perborato sódico por otro lado sirve para colorantes y blanqueadores, pasta dentífrica y lavado bucal.
- Construcción: La ulexita es fuente de bórax deshidratado y fundido que es también apreciado en el rubro de la construcción en tejas para techos, losetas, ladrillos y otros materiales.

- Vidriados: El ácido bórico puede ser también aprovechado en la producción de vidrios, espejos, vidrios ópticos, cristal, lentes y lupas de vidrio, así como para el refinado de oro y plata.
- Agroindustria: La exportación de ulexita se realiza principalmente para agroindustrias que aprovechan el bórax refinado, del que se obtiene potasio y magnesio como fertilizantes.

1.20.3 Usos del ácido bórico.

- Industria del vidrio: borosilicatos y vidrios térmicos usados para material de laboratorio, tubos, vasos, termómetros, etc. Enseres de cocina resistentes al calor como fuentes para horno y para llama directa, cafeteras, lecheras, etc. Faros para automóviles. Lentes para señales luminosas y semáforos. Lentes para anteojos, cámaras fotográficas, telescopios, microscopios, etc. Fibra de vidrio usada como aislante térmico y acústico.
- Esmaltes: Fabricación de superficies duras, durables y fácilmente lavables de cocinas, lavarropas, heladeras, bañeras, estufas, hornos, chapas para nomenclaturas de calles, etc.
- Fritas: Esmaltes vítreos para la industria cerámica: azulejos, baldosas, tejas, etc.
- Productos químicos derivados: Fluoboratos, fluoruros de boro, aleaciones de boro, carburo de boro, ferro-boro, etc. Hidruros de boro, boranos, diboranos, ácidos borónicos, borazinas, etc.
- Fruticultura: Lavado de citrus y conservación de los mismos.
- Funguicidas.
- Cosmética y farmacia: Cremas, lociones y polvos faciales, dentífricos, anti-transpirantes, shampúes, soluciones oftálmicas, medicamentos en general.
- Estabilizador de colorantes.
- Refinación de metales no ferrosos: Cromo, níquel, cobre, plomo, aluminio, etc.
- Insecticidas.
- Curtiembres: acabado de cueros y pieles.
- Industria textil: acabado de tejidos.
- Conservación de carnes.

- Ignífugos: Protección contra el fuego de telones teatrales, papeles decorativos, trajes ignífugos, etc.
- Pinturas: Pinturas a base de látex.

Tabla 1.5. Usos, beneficios y productos sustitutivos de los principales boratos.

USOS	BENEFICIOS	BORATOS	PRODUCTOS SUSTITUTIVOS
Industria del Vidrio, cristales y, vidrios Pyrex para utensillos, lámparas y focos Fibras de vidrio	Tolerancia térmica a la expresión.	Borax10, borax5, bórax anhidro y ácido bórico Colemanita, ulexita, ácido bórico y bórax	
Detergentes, jabones	Emulsionante de grasas, reduce tensión superficial del agua.	Bórax	Alquibenceno sulfonato de sodio, sulfatos lauricos.
Blanqueadores (en Europa)	Fuente estable de oxigeno activo.	Perborato de Sodio	Blanqueadores clorados, percarbonato de sodio.
Esmaltes y cerámicas: revestimiento de sanitarios, piletas, vajilla, cerámicos, porcelanas, azuleros	Evita quiebres y mejora apariencia.	Bórax, ácido bórico, colemanita	
Fertilizantes: B es micronutriente	Crecimiento normal	Concentrados de hidroboracita y paletizados de ulexita	
Herbicidas	Efecto fitóxico en concentraciones superiores a las requeridas como micronutriente	Bórax solo combinado con clorato de potasio	Glifosatos.
Retardadores de fuego	Formación de agua durante su calcinación, lo que absorbe calor y reduce la temperatura, luego forma un sustrato vidrioso que inhibe la aparición de la llama.	Bórax, ácido bórico y boratos de Zinc	Hidróxido de aluminio, hidróxido de magnesio, oxido de antimonio.
Preservación de la madera, pinturas	Fungicida.	Borato de cinc, ortoborato de sodio. Ácido bórico	
Metalurgia Niquelado y cromados	Disuelve a la mayoría de los óxidos no metálicos Regulador de pH y como reductor de picaduras y porosidad en el revestimiento.	Anhidrido bórico, colemanita y ulexita	Fluorita en aceros.
Curtiembres.	Evita putrefacción.	Ácido Bórico.	
Farmacia.	Antiséptico suave.	Bórax, ácido bórico.	

Fuente: Garret (2014) especificaciones comerciales de los productos de US Bórax.

1.21 Mercado del borato.

1.21.1 Mercado nacional.

La Región Arequipa representa el 100% de la oferta de boratos en el Perú, debido a que es la única reserva que se explota actualmente, esta abastece a la demanda nacional a través de sus productos derivados, los mismos que van alcanzando éxito en el mercado mundial. La producción de minerales no metálicos en el Perú en los últimos 10 años (2003 - 2012), se observa en Tabla 1.7en forma detallada y la producción de boratos de la Unidad Minera Inkabor S.A.C. Se observa en Tabla 1.8. Desde 2010 hasta 2014.

1.21.2 Mercado internacional.

Producción y reservas de boro. La producción mundial de boro declarada por el USGS asciende aproximadamente a 4,3 millones de toneladas métricas, pero al igual que el litio, Estados Unidos no publica su producción interna, la cual es estimada por el Servicio Geológico del Reino Unido en 1,2 millones de toneladas métricas, por lo que total aproximado sería de 5,5 millones de toneladas.

América Latina produce el 39% de ese total, o sea 1,6 millones de toneladas métricas y posee el 19,5% de las reservas conocidas (en este cálculo no se dispone de las reservas bolivianas). Este mineral tiende a ser consumido en una proporción importante por sus propios productores.

La producción mundial de boratos por principales países en miles de TM es:

Tabla 1.6. Producción y reservas estimadas en 2014 - En miles de toneladas métricas.

Países	Producción	Reservas
Turquía	2100	60 000
Argentina	630	2 000
Chile	480	35 000
Rusia	400	40 000
Perú	**370**	**4 000**
China	150	32 000
Bolivia	120	N.D.**
Kazajstán	30	N.D.**
Irán	2	1 000
Estados Unidos	N.D.**	40 000
Total Mundial (aproximado)	**4300**	**210 000**

.

Fuente: Fuente: *USGS. Mineral Commodity Summaries*, Enero 2015.

El principal productor de este mineral es Argentina (11,5% de la producción mundial), luego le siguen Chile, Perú y Bolivia, con el 8,7%; 6,7% y 2,2% del total de la producción mundial, respectivamente.

Perú, a pesar de ser el quinto productor, es el país que a nivel regional posee la mayor cantidad de reservas después de Chile, las cuales ascienden en América Latina a 41 millones de toneladas métricas. Es preciso aclarar que en ese dato como fue indicado, no se contabilizan las reservas Bolivianas. Como el boro se encuentra frecuentemente asociado al litio, y considerando las grandes potencialidades de Bolivia con relación a este último, es muy probable que las reservas latinoamericanas sean muy superiores al cálculo realizado por el *USGS*, elevando aún más el potencial productivo y exportador de este mineral.

1.22 Exportaciones de boratos y derivados.

El comercio de los boratos se ha fortalecido debido a un mayor dinamismo de los mercados (esencialmente de América Latina) por los usos y aplicaciones que estos vienen encontrando en diversos sectores de la producción. Los principales productos de demanda internacional en los últimos años fueron los boratos naturales como ácido bórico así como también ácido orto bórico, y perboratos y boruros que vienen a formar parte como otros boratos.

1.23 Comercialización de los boratos.

El sur del Perú se caracteriza por la presencia de yacimientos de boratos, lo cual hace ventajosa su explotación y diferentes usos derivados de los boratos.

1.23.1 Competencia en el sector.

La competencia de los productos de boratos peruanos es muy variada según el producto que se trata y el país consumidor al cual se venden.

A modo genérico y dado que se exporta a Brasil, los principales competidores existentes son los países sudamericanos: Bolivia, Chile y Argentina. Si bien estos países producen principalmente ulexita, también son potenciales competidores en otros productos de mayor valor agregado.

Tabla 1.7. Producción no metálica en el Perú (2003 – 2012).

Productos	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Arcillas	297 621	638 929	1 176 370	948 617	2 183 804	1 720 894	2 048 130	1 120 043	1 021 502	1 098 537
Arena	893 536	883 512	1 277 873	2 041 646	2 248 222	2 892 025	2 908 260	1 908 705	1 069 534	1 292 780
Baritina	2 906	3 606	5 647	1 499	27 368	45 213	27 881	52 275	87 848	79 451
Bentonita	15 290	18 471	19 028	27 106	21 451	31 566	119 452	44 266	27 534	22 977
Boratos /	243 822	9 729	147 461	-	233 991	349 892	187 221	292 855	-	104 072
Calcita	-	674	5 061	205 343	351 169	312 813	506 541	331 156	421 598	752 088
Caliza /	6 021 502	6 325 053	7 385 176	8 425 304	9 609 966	10 364 558	10 303 947	11 527 997	11 593 903	16 305 211
Caolín	2 653	2 720	2 567	5 049	4 772	13 230	9 655	16 678	18 169	34 585
Carbón	17 104	29 407	58 889	71 185	100 621	131 951	144 661	120 954	182 792	214 350
Feldespatos	7 349	6 005	8 876	9 280	15 450	13 353	5 154	3 589	11 645	26 359
Fosfatos	11 610	45 504	-	-	-	-	-	1 134 086	8 889 295	10 345 925
Mármol	21 134	22 208	72 510	8 842	24 513	596	338	-	-	16 335
Piedra /	1 409 528	1 569 096	1 815 097	1 773 107	2 659 359	5 827 834	5 541 328	4 612 927	4 374 124	5 340 723
Pirofilita	12 291	14 282	10 100	-	-	22 114	21 567	19 185	30 389	30 399
Pizarra	14 260	11 950	20 365	30 110	10 844	42 436	16 447	315	18 165	33 948
Puzolana	214 958	219 462	192 955	278 477	329 266	425 095	477 591	700 514	986 673	735 704
Roca	11 610	45 504	-	-	-	-	-	-	-	-
Sílice	199 542	227 603	230 874	175 556	203 872	266 328	216 658	283 098	316 877	374 611
Talco	10 791	23 830	30 317	20 700	23 096	18 003	13 359	19 767	28 296	31 559
Travertino	4 658	6 038	33 763	129 805	284 755	231 924	97 937	105 392	126 200	149 214
Yeso	136 642	276 043	316 091	290 418	330 687	463 079	321 012	313 025	481 770	390 738

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Minería.

Tabla 1.8. Producción de boratos por unidad minera.

Titular	Unidad	Región	Provincia	Distrito	Producto	2010	2011	2012	2013	2014
INKABOR S.A.C	Bórax	Arequipa	Arequipa	San Juan de Tarucani	Botatos/Ulexita	292,855.08	-	104,072.00	189,214.00	190,618.50

Fuente: Ministerio de Energía y Minas - Dirección General de Minería.

1.23.2 Compradores.

Los principales países consumidores de los boratos son los países desarrollados europeos, EE.UU., Australia, China, Japón y Brasil. Europa se caracteriza por no poseer depósitos de boratos explotables, sin embargo es un importante consumidor de boratos; y, es abastecido principalmente por boratos naturales de Turquía. En Latinoamérica los principales importadores de boratos son Brasil, México, Colombia y Venezuela con origen en los boratos de Estados Unidos y Argentina, en mayor medida, aunque también con boratos procedentes de Bolivia, Chile y Perú. El consumo de los minerales de boro y sus compuestos difiere en los países altamente industrializados. Estados Unidos consume casi la mitad del boro en la producción de varios tipos de vidrios (por ejemplo: fibras de vidrio para aislación y para la industria textil, vidrio pírex, etc.), mientras que en Europa un tercio de todo el boro es consumido en la industria de los detergentes (como perborato de sodio), un cuarto en esmaltados y cerámicas y casi un 10% del total en fibras de vidrio textiles y para aislación. La distribución mundial de boratos según los usos (U.S. Bórax, 2014), Se observa en Tabla 1.9.

Tabla 1.9. Uso mundial de los boratos.

Uso Mundial de boratos	Porcentaje (%)
Vidrios, fibras de vidrio, fibras textiles	43
Detergentes, jabones, productos de cuidado	17
Cerámica, barnices, fritas	12
Micronutrientes agrícolas	5
Otros	23

Fuente: Elaboración Propia a partir de especificaciones comerciales de los productos de US Bórax

El peso extra del agua y otras impurezas en las materias primas (minerales) aumenta el costo de transporte y el costo de la energía para producir boratos anhidros. Es por ello que la demanda de boratos hidratados crudos ha decaído en los últimos años.

Esto ha forzado que los productores fabriquen boratos deshidratados y boratos más refinados (BAVA).

La calidad exigida por los clientes es uno de los factores de interés.

Tabla 1.10. Principales exportaciones de boratos y derivados (US$ FOB).

Años	Boratos naturales (incluye ácido Bórico)		Ácido orto bórico		Otros boratos		Total exportaciones
	Cantidad (T.M)	Valor FOB (US$)	Cantidad (T.M)	Valor FOB (US$)	Cantidad (T.M)	Valor FOB (US$)	Valor FOB (US$)
2010	9,068.00	2,627,325.00	17,353.00	7,199,745.00	2,062.00	1,926,932.00	11,754,003.00
2011	14,526.00	4,108,462.00	21,020.00	8,689,989.00	1,568.00	1,438,793.00	14,237,244.00
2012	15,882.00	5,188,152.00	19,794.00	8,553,016.00	1,673.00	1,356,245.00	15,277,413.00
2013	15,482.00	6,905,289.00	24,152.00	18,517,135.00	1,307.00	465,292.00	25,887,716.00
2014	15,482.00	6,871,585.00	30,139.00	20,574,699.00	900.00	320,400.00	27,766,684.00

Fuente: Adex data trade.

El precio de los boratos depende principalmente del contenido de B_2O_3. Allí surge la necesidad constante de mejorar los procesos productivos y asegurar una mayor ley del mineral. Los contenidos de impurezas (hierro, arsénico, cloruros, sulfatos, entre otras), son otras de las exigencias de los compradores. Ellos afectan notoriamente el precio de los productos. Es por ello que, el procesamiento de los boratos está destinado a la obtención de productos que satisfacen los requerimientos de la futura aplicación: bajo contenido en hierro para la fabricación de cristales de calidad, carencia de alcalinos para la obtención de fibra de vidrio tipo textil (fibra E), carencia de arsénico para materias primas de procesos pirometalúrgicos o para la fabricación de micronutrientes del suelo, refinados de alta pureza para productos farmacéuticos, etc.

Fertibagra: Se comercializa alrededor del mundo, con excelentes resultados. Fertibagra ofrece 02 tipos de fertilizantes, fertilizantes solubles y fertilizantes edáficos:

Tabla 1.11. Fertilizantes de Fertibagra

FERTILIZANTES SOLUBLES	FERTILIZANTES EDÁFICOS
Ácido Bórico (17.5% B) Polvo 100% soluble para aplicación foliar y vía fertirriego.	Fertibagra 15 ME Fertilizante en polvo (15% B)
Fertibagra 21 (Octoborato de Sodio Tetrahidratado 55% B_2O_3) Polvo 100% soluble para aplicación foliar y vía fertirriego.	Fertibagra 15 G Fertilizantes granular (15% B) de lenta liberación para aplicación directa al suelo.

Fuente. Inkabor S.A.C.

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 Descripción de la realidad problemática.

Para Hernández S. (1991), es la descripción donde se ubicará el problema, con indicación de su importancia y justificación para el avance del conocimiento en el área seleccionada, plantear el problema no es sino afirmar y estructurar más formalmente la idea de la investigación, permite al investigador la realización de una descripción de los hechos y/o situaciones que pueden llegar a constituirse en el objeto de verificación o comprobación. En minería no metálica, la explotación de la ulexita por método de corte y relleno por transferencia comprende el arranque del mineral ulexita del block mineralizado hasta la colocación en cancha de secado teniendo en consideración fundamentalmente la calidad del mineral es decir la ley de ulexita en una campaña pre establecida anualmente, en las operaciones de extracción de mineral ulexita con excavadoras con cucharones mayores en la Unidad Salinas Inkabor se observa que la cantidad de mineral que se pierde en el proceso de extracción es de aproximadamente el 20% debido a que las potencias de mineral se encuentran con dimensiones angostas variadas, este problema

repercute en la disminución de la ley de mineral ulexita esta realidad problemática ha motivado la aplicación de mini excavadoras, pallaqueo y zarandeo propuesta por la alta gerencia que de alguna manera ha mejorado en cuanto a ley de mineral que alcanza a un 17%-18% con alta presencia de estériles, sin embargo no ha sido tan satisfactorio debido a que la producción de ulexita que requiere la Unidad Salinas Inkabor no ha alcanzado a las expectativas programadas con una ley optima de 22.22% de ulexita, además de la ley óptima también se ha determinado el porcentaje de humedad optima de 14%-15% y el tamaño de mineral óptimo de 5 pulgadas, estas características óptimas de mineral ulexita se ha determinado por la alta gerencia que debe formar parte fundamental de los estándares y procedimientos de conformidad con las normas de seguridad y salud ocupacional en minería, los minerales de ulexita extraídos se almacenan en el depósito de secado o cancha de secado en 4 zonas diferentes especialmente seccionadas y áreas considerables, cancha A es el almacenamiento para secado de mineral arrancado con excavadoras, cancha B mineral de pallaqueo, cancha C mineral residuo y cancha D mineral arrancado con mini excavadoras; con leyes diferentes antes de ser enviados a la planta, la planta se ha visto con ciertas dificultades con la ulexita de baja ley al respecto el área de planeamiento se encarga de hacer el cabeceo para lograr un ley más adecuada para envió a la planta con ley de 22.22% de B_2O_3, en el método de explotación de corte y relleno por transferencia los minerales de baja ley pasa directamente a formar parte del relleno las potencias angostas con las arcillas negras, arenas volcánicas(pumicita), la extracción con excavadoras tiene una de ley del 16%-18% aproximadamente por las características mecánicas, lo cual está muy por debajo de la ley mínima de 22.22%, por lo que se toma la decisión de extraerlo y depositarlo en algunos casos por impurezas a la escombrera como relleno, posteriormente toda la zona extraída es rellenada y pasa a la etapa de nivelación, conforme se realiza el avance por corte y relleno por transferencia, cuando se realiza la extracción con excavadoras con cucharones de tamaños mayores el avance es mayor sin duda por el tamaño del cucharon sin embargo, la ley de mineral ulexita es muy bajo inferior a un 16% no es absolutamente comercial inclusive adicionando a ello la presencia de arcillas negras de volúmenes mayores, arenas volcánicas que dificulta el proceso de excavación y descarga en el proceso de extracción por corte y relleno por transferencia, y repercute en la producción programada por campaña anual lo que

obliga recurrir a las formas adicionales de recuperación de ulexita como es el pallaqueo y acuerdos con las comunidades del entorno del yacimiento considerando que el programa de producción por campaña se realiza con participación con las comunidades en el marco de relaciones comunitarias ambientalmente sostenibles y sustentables con la responsabilidad social empresarial en el marco las normas legales mineras actuales D.S.014-92-EM, D.S.055-2010 EM.

En la Unidad Salinas Inkabor la potencia de los horizontes estratificados de ulexita requiere tener un conocimiento verdadero del comportamiento de cada horizonte estratificado de ulexita, la empresa minera tiene información sobre la potencia de los estratos de ulexita considerado algo uniformes inclusive hasta tres horizontes A, A1 y B en otras zonas sin embargo en Huito zona del presente trabajo de investigación se presentan solo dos horizontes A y B totalmente definidos pero que varían en potencias el cual de acuerdo a la evaluación minuciosa varia de una zona a otra, de campaña en campaña estas características geológicas difieren respecto a las operaciones de años pasados y no se observa la uniformidad considerada en la evaluación de reservas minerales, el horizonte A1 pasa a ser estéril con algunas incrustaciones de ulexita que no pueden ser recuperados con las excavadoras, todo el horizonte A1 es destinado al relleno estos dos problemas repercuten en la obtención de minerales de baja ley de 16%, por debajo de los requerimientos de la planta, considerando el estudio dentro de un contexto amplio que permita comprender sus limitaciones, proyecciones e importancia en el presente trabajo de investigación se plantea, la optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para la recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B de la zona Huito en la Unidad Salinas inkabor S.A.C., Para elevar la ley del mineral extraído y recuperar la perdida de mineral en un 20% que beneficia directamente a la empresa en mayor producción y mineral para alcanzar a la ley óptima 22.22% de ulexita, para la optimización se requiere conocer el comportamiento de la estructura geológica de los horizontes es por ello se ha considerado el dimensionamiento de potencias angostas que requiere necesariamente la evaluación estadística de potencia verdadera de cada uno de los horizontes y el requerimiento de equipo para la extracción de la ulexita en

función al performance de los equipos de excavación, para este propósito se ha utilizado el software SPSS para el dimensionamiento de potencia angostas y la mini excavadora para la parte de extracción de la ulexita considerando que todo el mineral extraído se transporta al depósito o cancha de secado para el cabeceo respectivo o blendeo de donde posteriormente se traslada a la planta en cumplimiento del programa de campaña con acuerdo de las comunidades aledañas dentro de las normas legales vigentes de responsabilidad social empresarial y relaciones comunitarias, el presente trabajo de investigación que beneficiaria tanto a la empresa así como a los trabajadores y comunidades aledañas con una operación minera mecanizada y buena calidad de ulexita

2.2 Formulación del problema.

En la formulación del problema se ha considerado en el presente trabajo de investigación dos interrogantes que son:

- Interrogante general.
- Interrogante específico.

2.2.1 Interrogante General.

- ¿Cómo se puede optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras mediante dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor?.

2.2.2 Interrogantes secundarias.

- ¿Cómo se puede optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia mediante dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor?.

- ¿Cómo se puede optimizar la explotación del ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor?.

2.2.3 Justificación e importancia.

Es necesario mencionar que, justificar una investigación es exponer las razones por las cuales se realiza la investigación, Toda investigación debe realizarse con un propósito definido, se explica porque es conveniente la investigación y qué o cuáles son los beneficios que se esperan con el conocimiento obtenido es decir, si por campaña que tiene una duración de cuatro meses de extracción por año se extraen 300 000 TM de borato, representando un 80% de entonces, estaríamos perdiendo 60 000 TM que representan el 20% restante, que después de entrar al proceso de nivelación no se podrá volver a extraer con lo que se puede afirmar que el 20% de mineral de ulexita perdido no se recuperará, es necesario mencionar que la extracción por año no es uniforme esto varía de acuerdo a las diferentes zonas, sugerencia y participación de las comunidades, en la zona de Huito la extracción es menor alrededor de 250 000 TM. La justificación nos expone las razones por las cuales es necesario hacer el esfuerzo investigativo. Los criterios de factibilidad se basan en la disponibilidad de recursos, conveniencia social, relevancia, implicaciones prácticas, respeto al derecho de autoría que significa mencionar al autor en tema específico de su investigación de acuerdo a las normas vigentes de derecho de autor, valor teórica y utilidad metodológica. En el presente trabajo de investigación de optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para la recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A Y B en la Unidad Salinas, se ha considerado incluir aspectos de ética profesional respetando la confidencialidad, obra intelectual y prácticas que respeten la dignidad humana, por lo que se establece una serie de criterios para evaluar la utilidad de un estudio propuesto teniendo presente los derechos del autor.

Propósito académico y utilidad social, El presente trabajo de investigación constituye un aporte para los estudiantes de la especialidad de minas y profesionales en operaciones mineras de minerales no metálicos de ulexita e investigadores académicos para ellos esta experiencia y operación por transferencia para elevar la ley de mineral ulexita para satisfacer el requerimiento de la planta constituye un aporte técnico muy importante.

Relevancia social. Se refiere a la trascendencia, utilidad y beneficios, el método de extracción de mineral ulexita por transferencia no es conocido su aplicación en yacimientos similares puede constituir una propuesta muy importante para plantear el método de minado en minería no metálica en nuestro país.

Implicaciones prácticas. Respecto a la interrogante planteada el método selectivo de extracción de minerales de ulexita en horizontes de potencias delgadas con mini excavadora es muy importante debido a que la selectividad nos permite elevar la ley del mineral ulexita, que repercute directamente en los costos.

Valor teórico. En la actualidad hay muy pocas empresas en nuestro país que dedican a la extracción de minerales de ulexita por método de corte y relleno por transferencia, siendo la Unidad Salinas de Inkabor, uno de los más importantes productores en este rubro, en este contexto el presente trabajo de investigación es un aporte en la minería no metálica para le Región y el País.

Utilidad metodológica. La extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras mediante el dimensionamiento de potencias angostas de boratos para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor constituye un aporte en el minado de minería no metálica ya que el cucharon de mini excavadora por sus dimensiones permiten una selectividad única para poder extraer la mayor cantidad de mineral por campaña y así mismo incrementar la ley ponderada de la producción anual, la metodología de investigación realizado en el dimensionamiento de potencias angostas tiene un objetivo de mejorar la ley de mineral es decir elevar a 22.22% de ulexita B_2O_3, en este proceso no se utiliza la hidrolisis como se hace en otros países como en caso de Bolivia pues genera un costo adicional.

2.3 Formulación de objetivos.

2.3.1 Objetivo General.

Optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras mediante el dimensionamiento de potencias angostas de boratos para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.

2.3.2 Objetivos Específicos.

- Optimizar la explotación del mineral ulexita complementando su extracción mediante el dimensionamiento de potencias angostas de boratos en los horizontes A y B en la Unidad Salinas Inkabor.
- Optimizar la explotación del mineral ulexita complementando su extracción con mini excavadora para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.

2.4 Formulación de hipótesis.

2.4.1 Hipótesis General.

El dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B nos permitirá optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.

.

2.4.2 Hipótesis Específicas.

- El dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B nos permitirá optimizar la explotación del ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.
- El complemento de su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras nos permitirá optimizar la explotación del ulexita para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.

2.4.3 Variable Independiente.

Dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para optimizar la explotación de ulexita.

2.4.4 Variable dependiente.

Optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3.1 Antecedentes de la investigación.

Según Arias F.G. (2004). Se refieren a todos los trabajos de investigación que anteceden al nuestro, es decir, aquellos trabajos que sirven de guía al investigador y le permiten hacer comparaciones y tener ideas sobre cómo se trató el problema en esa oportunidad. Los antecedentes reflejan los avances y el estado actual del conocimiento en un área determinada y sirven de modelo o ejemplo para futuras investigaciones, en el presente trabajo de investigación se han considerado trabajos de investigación en el área del estudio de la minería no metálica.

Según Araucano D.E. (2014), texto guía de minería de no metálicos-explotación de boratos por sistema de canteras en laguna Salinas, de la Universidad Nacional del Alitplano, Facultad de Ingeniería de Minas. La mineralización económica del depósito de boratos en la laguna salinas está constituido por el mineral Ulexita e Inyoita con minerales de mena y halita, yeso, mirabilita, tenardita que se les considera como minerales de ganga; la Ulexita (borato de sodio y calcio), este se encuentra en etapas subhorizontales macizas y se defines en 2 horizontes mineralizados (Horizontes “A” y “B”) cada uno con características particulares que

llegan a potencias de 2.70 m. en la parte depocentral. La ocurrencia de Inyoita se encuentra en el horizonte"B" como pequeños cristales y esferas aisladas en arenas volcánicas del horizonte "A". La Inyoita se presenta como una capa de hasta 0.5 m. de espesor; está alojado en fango arcilloso verde olivo a gris en agregados de cristales subhedrales. En la explotación de la mina Salinas, se han empleado diferentes sistemas de canteras de minado superficial, iniciándose con el sistema convencional con empleo mano de obra, semi mecanizado y mecanizado, que en la actualidad se continúa con el último. Para el arranque se emplea retroexcavadoras y cargadores frontales para el carguío del material, para el trasporte camiones tipo volquete.

Según Eguiluz V.N.D..(2013), tesis "Aspectos generales y ocurrencia de mineralización en sector de la zona este del yacimiento boratífero – laguna Salinas" de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología Geofísica y Minas, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica: La mineralización del yacimiento se basa en la Ulexita, mineral que presenta dos formas bastante marcadas de ocurrencia a las cuales se las denominaron horizonte A y horizonte B, la primera característico por presentarse en copos dentro de las arenas negras y la segunda tipo barras seguido de arcillas, ambos horizontes delimitados por capa centimétrica de pumicita. (Modelo y esquema idealizado para la laguna Salinas), mineral que es extraído a través del método corte y relleno por transferencia en tajo abierto, mineral denominado SP (sin pallaqueo), el cual cumple con ciertas características para uso en el proceso en planta. Con respecto al presente informe se basa exclusivamente en las ocurrencias de mineral en sector de la zona Este de la Laguna Salinas, todo esto se logró determinar a través de un programa de exploración realizado en el 2013, para lo cual se utilizó como método de evaluación el desarrollo de calicatas o pozos, método que comparado con otros es el que nos brinda mayor información geológica, seguido de ello se logró realizar secciones con dirección W-E y N-S así como también el desarrollo del zoneamiento en base a las profundidades y potencias mineralizadas, dando como parte final un ligero modelo en 3D de la zona evaluada. Cabe señalar que en todo momento solo se está haciendo uso de información de potencias mineralizadas por horizonte. Aún se encuentra en evaluación por los Departamentos de Geología y Mina el software

que nos ayudará en el procesamiento y manejo de datos requerido por el área. A modo de prueba.

Según Gutiérrez C. J. E. (2014), tesis, ”Proyecto de Inversión: Planta de procesamiento y comercialización de ladrillos ecológicos, producidos con barros residuales provenientes de la producción de boratos a partir de ulexita” de la Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Escuela de Ingeniería Industrial; La producción industrial de ácido bórico a partir de ulexita (borato de sodio y calcio) se establece por la reacción del mineral con ácido sulfúrico, agua madre del proceso y vapor, lo que ocasiona una disgregación del mineral, disolviéndose las sales del boro. Dicho proceso genera como desecho final barros residuales con alto contenido de boro, los cuales no pueden ser vertidos en aguas ni suelos, ya que son altamente tóxicos para la vida vegetal y animal, por lo que se acumulan en piletones. En el siguiente proyecto se evaluó principalmente la factibilidad técnica y económica, de producir y comercializar ladrillos fabricados a partir de los mencionados barros residuales, aprovechando la característica de fundente metalúrgico del boro para la fabricación de cerámicos, logrando así mitigar el riesgo que éstos significan para el medio ambiente, obteniendo al mismo tiempo un beneficio económico. Para lograr este propósito se emplearon distintas herramientas que permitieron definir el mercado potencial, la tecnología y recursos necesarios, las estrategias óptimas y la conveniencia económica para llevar adelante el proyecto.

Según Achata V. J.D (2002), informe trabajo profesional con título de explotación de tajo abierto de boro en mina salinas de la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería de Minas en su resumen considera que la laguna salinas es el yacimiento más importante de ulexita en America del Sur descubierto hace 1890 cuyas principales características son: Cuenca cerrada enmarcada por estratos volcanes clima árido y fuentes termales en extinción, el relleno de la cuenca está conformada por materiales volcaniclásticos y evaporíticos (carbonatos, sulfatos, boratos y cloruros), el ambiente sedimentario es rico en boro y otros elementos alcalinos, en las exploraciones realizadas en la zona con calicatas y con perforaciones diamantinas se han reconocidos dos ciclos de sedimentación un ciclo inferior correspondiente a sedimentos depositados en una situación paleoclimática

y un ciclo superior de menor potencia en la superficie con fuerte participación volcánica.

Para Flores H.R.,Tinte M. (2004), Cálculo del costo comparativo de la obtención de concentrados de boratos de la Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ingeniería, Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI), CONICET, Instituto de Investigación para la Industria Química (INIQUI), Salta-Argentina, la similitud existente entre los diagramas de flujo, balances de materia y equipos empleados en la concentración de boratos para obtener refinados y boratos de alto valor agregado. Se usa una planilla de cálculo para determinar el costo de producción para distintas condiciones de operación, a fin de determinar la oportunidad y conveniencia de cambiar el producto final, empleando la misma planta productora. Se analiza un caso particular que compara la producción de 10 tn/hr de concentrado de ulexita o de hidroboracita. Se obtiene un costo de producción por tonelada de B_2O_3 de 94.3 US dólares para la concentración de ulexita, que se reduce a 67.5 US dólares para la concentración de hidroboracita. Se concluye que el método propuesto es una herramienta que facilita el análisis económico del proceso productivo estudiado.

Garcés I., Chong G. (1993), Paper, Minerales de boro de yacimientos Chilenos, características, usos, mercado y aplicaciones, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Antofagasta, Departamento de Geología, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile, en su resumen menciona: Se hace una descripción de detalle de los yacimientos de boratos en Chile y también de alternativas potenciales. Los yacimientos se emplazan en los salares andinos, salares pre andinos y en horizontes salinos y salares de la depresión central como alternativas se indican la industria del salitre y las salmueras de campos geotermales. Son descritos algunos yacimientos tipos de esta clasificación. Se analizan las características químicas, físicas y mineralógica que presentan las minas de boratos y su incidencia en la explotación y usos principales de los boratos, como también las condiciones de mercado mundial. Asimismo, se entrega información general en relación a la industria y mercado del borato en Chile y alguna característica que deben ser consideradas en proyectos de explotación y beneficio de boratos en Chile.

Para Alonso R.N.(1999), en paper, Origen de los boratos en la puna de la Universidad Nacional de Salta UNSA-CONICET-Acta Geológica Hispánica, v. 34 (1999), Nº 2-3, p. 141-166. La fenomenología que llevó a la formación de importantes depósitos de boratos cenozoicos en la puna Argentina. En esa región se conocen yacimientos miocenos y cuaternarios. Los depósitos miocenos corresponden a una tipología de evaporitas interestratificadas en sedimentarias de cuencas lacustres de ambiente semiárido. Durante el cuaternario se formaron depósitos a partir de fuentes termales, y en los actuales salares. Se realiza un análisis histórico de las ideas genéticas de diferentes autores. Se discute el origen "primario" versus "secundario" de los principales boratos terciarios y las teorías "lixiviacionista" versus "termalista" para los boratos de salares. En base a las observaciones de campo y trabajos actuales se elabora un modelo sintético que contempla la concurrencia de volcanismo, clima semiárido, fuentes termales y cuencas cerradas como parámetros mayores en la generación de estas sales exógenas.

3.2 Bases teóricas.

Según Quispe M. Z. (2013), seminario de elaboración de tesis - la tesis naturaleza y estructura de la Universidad Nacional de Cajamarca, Facultad de Ingeniería Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica. La elaboración del marco teórico y conceptual implica la revisión de literatura antes y durante el proceso de redacción del mismo, lo que significa visitar bibliotecas y otras fuentes de información. Se debe hacer una revisión y selección de los elementos teóricos y conceptuales que deberían ser tratados y que servirán de guía para el estudio.

Guzmán J.C. (2010), en Artículo científico Sustitución de biomasa en procesos alternativos de tratamiento de ulexita, Programa nacional de biomasa centro de información de energías renovables (CINER) Energía & Desarrollo N° 19. La paz – Bolivia, p-30. Menciona: El presente artículo describe la propuesta de un nuevo proceso para el tratamiento de ulexita y esta compilado de un estudio realizado por la consultora Sistemática para el diseño de un proyecto de uso racional de la biomasa contratado por el programa nacional de biomasa (PNB). El argumento

central del presente artículo apunta a la factibilidad de un proyecto de sustitución de la biomasa (yareta) que se utiliza como combustible para el procesamiento de la ulexita (B_2O_3), por otro proceso alternativo que redunda en beneficios económicos y ambientales. Estos últimos son particularmente importantes en vista de los resultados del inventario de yareta realizado por Sistemática (2000),cuyo resumen se incluye al final del artículo.

La ulexita es un borato que se encuentra normalmente en la región de los salares al Sur Oeste de Potosí y se ha explotado crecientemente en Bolivia desde la década pasada. En la actualidad, se exporta principalmente al Brasil, aunque también a otros países vía Chile, siendo también un insumo para la producción de ácido bórico en la zona fronteriza de apacheta. Existen más de 30 empresas de productos químicos en el Brasil, las cuales demandan ulexita como materia prima para la elaboración de productos relacionados con la agricultura, industria de vidrios, esmaltes y otros.

Básicamente el tratamiento corriente de la ulexita consiste en un proceso de deshidratación que permite obtener una determinada ley de borato (40%)que es la que tiene un mercado ya establecido hacia Brasil.

La ulexita o boronatrocalcita, que en su forma química simplificada se escribe como $NaCaB_5O_9.8\ H_2O$, es sometido a un proceso de deshidratación donde se eliminan 3 de 8 moléculas de agua en hornos que utilizan biomasa como combustible en este caso se utiliza la yareta, una especie arbolífera tipo musgo de alto poder calorífico.

En el proceso de deshidratación la ley de B_2O_3 (Oxido de boro), se encuentra desde un 22% hasta un 23% hasta el 40% a partir de los 300°C obtenidos en los hornos por yareta que se usan actualmente de 0.67 kg de yareta por kilo de producto, tal como se puede observar en Foto 3.1.

Los yacimientos de ulexita en Bolivia se encuentran en la ribera de los salares de la región sur oeste del departamento de Potosí.



Foto 3.1. Batería de hornos de ulexita en base a yareta.
Fuente. Guzmán J.C. (2010).

De los yacimientos de ulexita identificados en las provincias de los Lipez del Departamento de Potosí se reconocen a tres como los más importantes.

Una reserva está ubicada en rio grande, al lado este de donde se extrae la mayor parte de la ulexita de exportación. Una segunda reserva en pastos grandes donde se extrae ulexita destinada a la producción de ácido bórico que una empresa realiza en apacheta. Otra reserva se encuentra en el salar de Kapina, también destinada a la producción de ácido bórico.

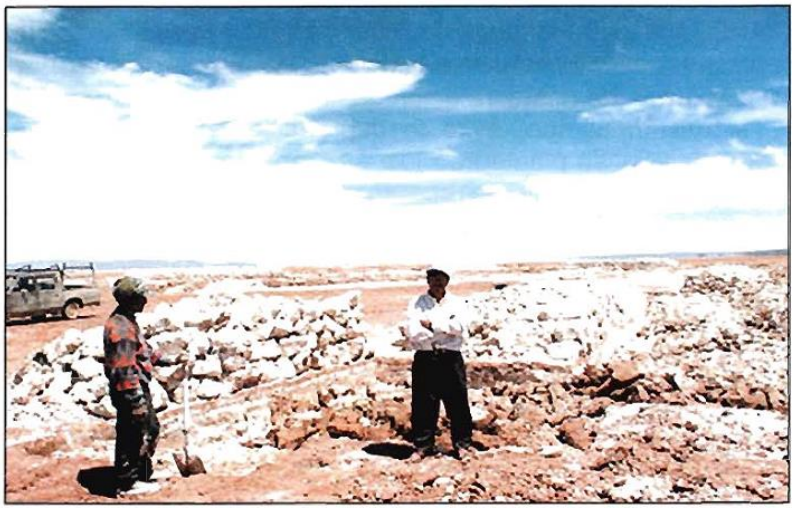


Foto 3 .2. Yacimiento de ulexita en explotación
Fuente. Guzmán J.C. (2010).

Se han encontrado varias empresas que procesan la ulexita de los salares de sur Oeste Potosino, las cuales previo un proceso de deshidratación, exportan este

producto. Existe también una empresa actualmente paralizada que procesa la ulexita para la producción de ácido bórico con merado en Estados Unidos y otros Paises. Una empresa con una planta de procesamiento próxima a la yacimiento tenía una capacidad de producción del orden de 8000 toneladas anuales de ulexita hasta el años 2000, Otras empresas tienen subcontratistas que extraen la ulexita en Rio Grande para embolsarla y/o embarcarla hasta sus plantas en otros lugares del País donde se la deshidrata en hornos que utilizan otro tipo de combustible gas natural (G.N.).Estas empresas alquilan también algunos parajes de sus concesiones mineras a productores locales de ulexita organizados en sociedades para entregar ulexita de determinada ley de borato a preciosa bastante reducidos, tal como se observa en Foto 3.2.

3.2.1 Opciones de procesos para el tratamiento de ulexita.

Extracción. La extracción de la ulexita se realiza (salvo algunas empresas que introducen maquinaria) con herramientas manuales y con un descaje de 30 cm o más y es de alta pureza. Trozos grandes de ulexita son apilados para que eliminen parte de su humedad, durante el menos una semana. Esto facilita el carguío y el transporte a la planta de tratamiento. En general las opciones existentes para el tratamiento de la ulexita se resumen de la siguiente manera.

Secado solar. El secado solar en playas reduce el contenido de humedad desde el 37% hasta el 10-12 %. La ley resultante siempre en términos de B_2O_3 se incrementa fácilmente del 22-23% hasta el 28-30%.

Deshidratación. Se procesa la ulexita a temperaturas entre 200°C a 300°C, obteniéndose una ulexita con menos moléculas de agua e hidratación (aproximadamente de 3 a 8), la ley que se obtiene para su comercialización en el mercado de exportación más conocido alcanza hasta el 40-43%.

Calcinación. A temperaturas entre 400°C a 500°C se rompe la molécula de ulexita resultando en otro compuesto conocido como probertita. Se sabe que la Argentina exporta ulexita calcinado a Brasil.

Fundición. Esta opción implica que prácticamente se llega a B_2O_3 en estado Puro, la volatilización sucede a los 800°C requiriendo grandes inversiones, cuya factibilidad habría que evaluar en caso de identificarse un mercado atractivo, el proceso se puede observar en Foto 2.3.

Lixiviacion. Previo al tratamiento para deshidratar la ulexita se puede remover la sal entre crecida, mediante el lavado de ulexita cruda (que podría extraer también la arcilla fina). Se diseñaron varias pruebas de lixiviación y deshidratación de la ulexita en hornos de laboratorio. Los resultados se han analizado conjuntamente con información que proviene de fuentes confiables y que ha sido obtenida en base a precios, costos y mercados.

Lixiviacion-prueba.

Se prepararon varios lotes de muestras ulexita agregando agua destilada y dejando en remojo durante varias horas ,este procedimiento permite la dilución de la sal común contenida en las muestras, las cuales posteriormente fueron lavadas, filtradas y secadas en un horno de laboratorio a una temperatura menor a la de la ebullición. El contenido de humedad promedio para un determinado número de muestras es de 37%(base humedad).

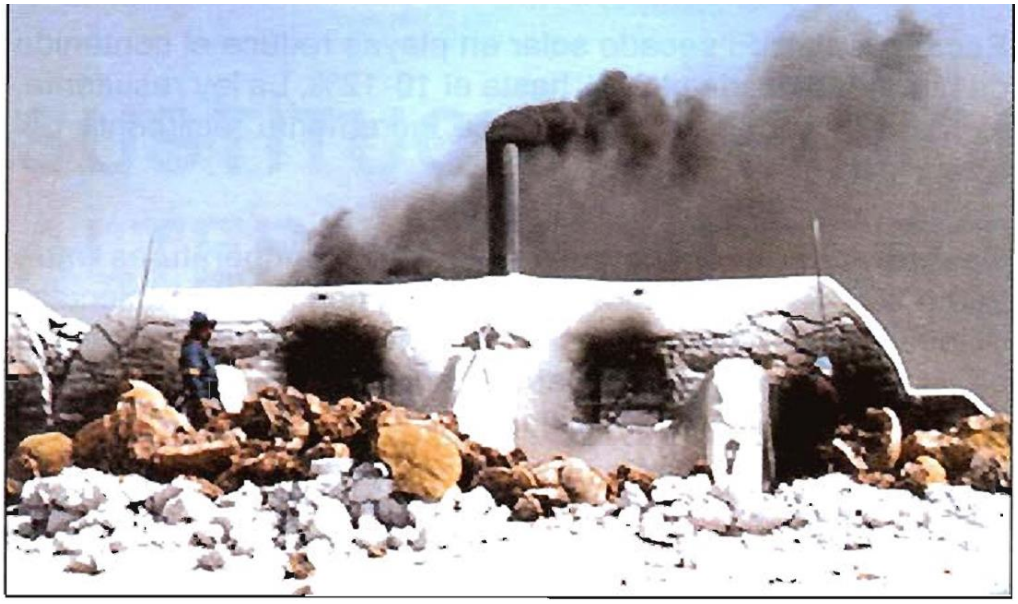


Foto 3.3. Mala combustión en horno de ulexita.
Fuente. Guzmán J.C. 2010.

Po otro lado, el contenido de sal en las muestras utilizadas llega apenas a 6% (base peso ulexita seca: 100%), aunque es posible obtener valores mayores con otras muestras. El análisis de los resultados obtenidos en las pruebas de lixiviación indica que se puede alcanzar aquella ley de B_2O_3 (40-43%), que actualmente venden las empresas de Bolivia al mercado de Brasil, solamente lavando el mineral y secándolo a bajas temperaturas, es decir sin necesidad de deshidratarlo.

Análisis químico de investigación.

Se realizaron dos análisis químicos; el primero en una muestra de ulexita secada en horno y el otro en una muestra de ulexita lixiviada y secada. Los resultados fueron de 39% y 42% de contenido de B_2O_3.

Cinética de deshidratación. En la medida en que la ulexita comercializada por las empresas está sometida a un proceso de deshidratación mediante el cual se alcanza una determinada ley de B_2O_3.

El estudio se ha centrado en el análisis del comportamiento del mineral sometido a un proceso de transferencia de calor, cuyos principales resultados son las constantes de deshidratación, en Figura 3.1 se observan la variación, así como los valores de la entalpia y entropía e la reacción.

En función de la temperatura .Estos valores de un nuevo diseño para el tratamiento de la ulexita.

Con estas variables ya identificados, se puede diseñar una nueva forma de deshidratación de la ulexita que se rentable y al mismo tiempo, evite le depredación de la yareta.

A continuación se plantearan los componentes que a nuestro juicio, debería tener un nuevo proceso que contenga: Un componente de lixiviación y la deshidratación de mineral sustituyendo al combustible.

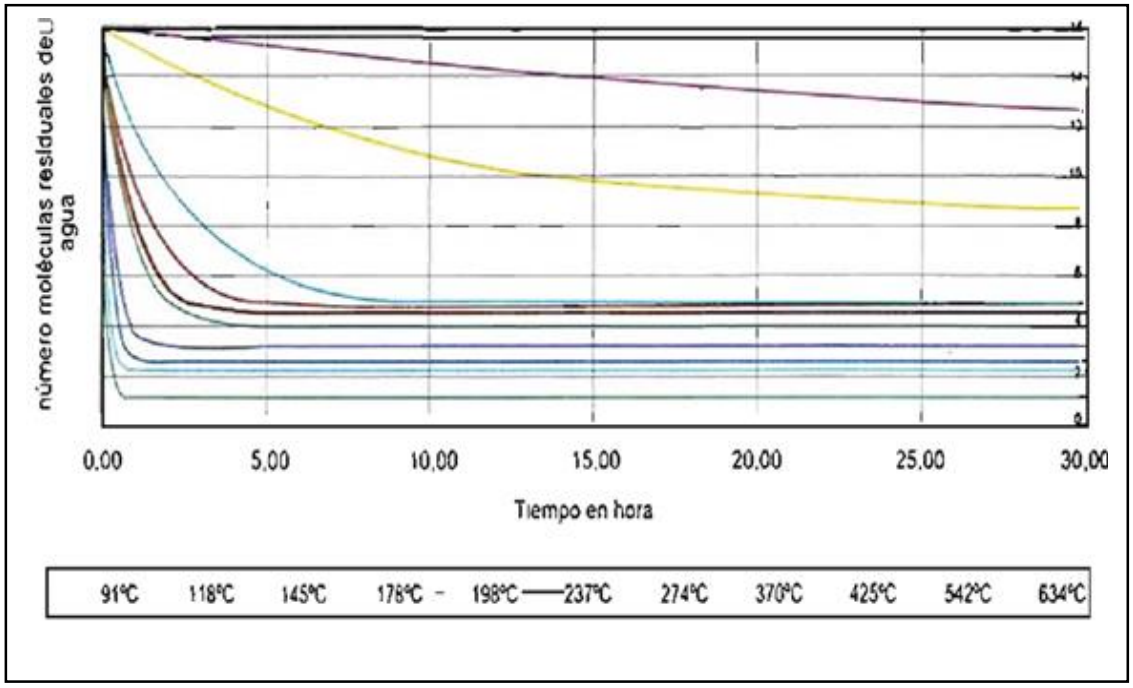


Figura 3.1. Curvas de deshidratación de muestras de ulexita.
Fuente. Guzmán J.C. (2010).

3.2.2 Propuesta de un nuevo proceso.

Lixiviación previa de la ulexita. La propuesta consiste en un tratamiento previo de lixiviación (lavado), una posibilidad es que el mismo sea realizado por los productores locales que entregan a las empresas beneficiándose también estas últimas, puesto que:

- La ley mejorada de B_2O_3 con que la ulexita es entregada significa un precio a razón de 4-5 US $/ton. Por punto adicional o, alternativamente un menor costo de transporte para un mismo nivel de ventas.
- Existe la posibilidad de acceder a otros nichos de mercado con volúmenes de venta mayores, gracias al porcentaje de mejora en la ley que resulta de la lixiviación.
- Según los análisis químicos, la eliminación del contenido de sal puede elevar en unos 3 puntos la ley en contenido de B_2O_3, es decir un beneficio adicional para el industrial minero de a 15 dólares por cada tonelada procesada, Sin embargo como todo incremento en ley está asociada a un mayor costo de procesamiento, será necesario estimar el costo de inversiones y operaciones de una planta de lixiviación.

- De cualquier manera el mayor beneficio de la eliminación de sal estará en el acceso del producto final a otro mercado con mayores volumen en de ventas.

Deshidratación sustituyendo la yareta con otro combustible. ¿Cuáles son las consideraciones que nos llevan a sugerir un cambio del proceso actual?. Algunos estudios estiman un monto no mayor de 2000 USD $ anuales de ahorro para una planta de dos hornos, sin modificaciones mayores y solo con algunos mejoras al diseño actual, sin embargo estos arreglos tendrían que superar varias dificultades. Para evitar que los gases de combustión circulen a través del producto sin contaminación, seria indispensable lograr una combustión total o casi total de la yareta. Para ello se necesitaría molerla y utilizar alimentadores mecánicos que permitan un control preciso de la combustión.

Tabla 3.1. Costos de térmicos de algunos combustibles.

COSTOS DE TERMICOS DE ALGUNOS COMBUSTIBLES				
	Yareta	Fuel oil	GLP	GN
Precio al industrial	25USD/ton	409 USD/ton	333 USD/ton	1,70 USD/mpcs
Capacidad calorífica	3,516 kcal/kg	11,050 kcal/kg	11,800 kcal/kg	263,34 kcal/pc
	14,721 kJ/kg	46,264kJ/kg	49,542kJ/kg	1,103 kJ/pc
Costo térmico	1,73 USD/GJ	8,84 USD/GJ	6,73 USD/GJ	1,54 USD/GJ
Eficiencia energética	23%	50%	50%	50%
Costo térmico real	7,50 USD/GJ	17,68 USD/GJ	13,46 USD/GJ	3,08 USD/GJ
Consumo específico	0,67 kg/kg	0,10 kg/kg	0,09 kg/kg	4,10 pc/kg
Costo unitario de energía	16,9 USD/ton	39,9 USD/ton	30,4 USD/ton	7,0 USD/ton

Fuente. Guzmán J.C. (2010).

La yareta tiene un precio de 25 USD $ la tonelada en el lugar de procesamiento de ulexita, se la comercializa seca, después de un año de haber sido cortada, con un contenido de humedad de más o menos al 13%. Es un hecho que el costo dela la yareta está muy por debajo de cualquier combustible comercial (excepto del gas natural que no pasa por la región). Sin embargo el precio asociado a su capacidad calorífica y a su baja eficiencia en el proceso actual, nos permite afirmar que la sustitución en términos del importe de la energía puede ser factible si analizamos otras variables tal como se observa en la Figura 3.2, el volumen de exportaciones está limitado a un mercado cuyos requerimientos esta hoy cubiertos bajo el sistema actual de procesamiento. Existe otro mercado con mayores exigencias, particularmente en lo que se refiere a la ley de B_2O_3, que debe llegar a un mínimo

de 50%. Alcanzar esta ley resulta dificil, inclusive con un nuevo proceso que pretenda ser energéticamente eficiente. Sin embargo, si asociamos este proceso con el lavado (lixiviación) del producto se pue alcanzar dicha ley, lo que haría que la sustitución sea perfectamente rentable a pesar de la diferencia en el costo unitario de la energía. En los hornos actuales se tiene una eficiencia energética al 25%, es decir que con una eficiencia en torno a dicho porcentaje se consume actualmente un equivalente a 9.8 MJ/ kg. Para poder llegar a una ley de 50% es necesario eliminar mayor cantidad de agua, aun después de la lixiviación. La experiencia de Sistemática con otros diseños para incrementar la eficiencia energética, nos indica que un incremento del 50% es factible con un nivel de inversiones relativamente bajo.

Tabla.3.2 Análisis comparativo de costos y beneficios.

ANALISIS COMPARATIVO DE COSTOS Y BENEFICIOS									
	YARETA			GAS LICUADO			GAS NATURAL		
	Cantidad	Precio	USD/ton	Cantidad	Precio	USD/ton	Cantidad	Precio	USD/ton
COSTO TOTAL			154			190			171
Materia prima	420 kg B_2O_3	0,040	17	500 kg B_2O_3		28	500kg B_2O_3	0,055	28
Energía			17			42			10
Yareta	0,7 ton	25,40	17						
GLP				0,126 ton	333	42			
GN							6,24 GJ	1,54	10
Transporte			90			90			103
Otros costos	1 global		31	1 global		31	1 global		31
PRECIO DE			174			210			210
Precio base ulexita 40% B_2O_3	165 USD/ton			165 USD/ton			165 USD/ton		
Precio por punto adicional	450 USD/ton/punto			450 USD/ton/punto			450 USD/ton/punto		
Ley de comercialización	42 % de B_2O_3			90% de B_2O_3			90% de B_2O_3		
Beneficio adicional	9 USD/ton			USD/ton			USD/ton		
BENEFICIO UNITARIO			18,7			20,0			39,4

Fuente. Guzmán J.C. (2010).

3.2.3 Beneficios económicos potenciales.

Para comparar los beneficios unitarios (utilidad por unidad de producto),en caso de implementarse el nuevo diseño para el procesamiento de ulexita que contemple la lixiviación del mineral y la sustitución de la yareta por otros combustibles comerciales, se presenta un cuadro comparativo en la Figura 3.3 que permite visualizar lo que ocurre con una u otra alternativa (GLP o GN),en ambos casos se

incluye el efecto neto de la lixiviación tomando en cuenta que el incremento en los ingresos del industrial que resulta de este componente, se traducen también en un costo unitario incrementado dela materia prima lixiviada, este costo de lixiviación dependerá del nivel de inversiones ,costos financieros y otros.

La yareta. El tratamiento de la ulexita en el lugar del yacimiento implica un elevado e irracional consumo de yareta como combustible la yareta tiene un poder calorífico de 3.516 kcal/ kg. Pero su ventaja radica en que arde lentamente. Se estima que una sola empresa quema yareta en cantidades considerables que están en el orden de 6 mil toneladas por año, no se han podido establecer las cantidades de yareta que consumen otros hornos que proveen a diferentes empresas que también compran ulexita en la región para terminar de procesarla con gas natural en otras regiones del país, tampoco se tiene información cierta sobre la cantidad de yareta que consumen las azufreras y la que se usa como combustible doméstico, tal como se observa en Foto 3.4

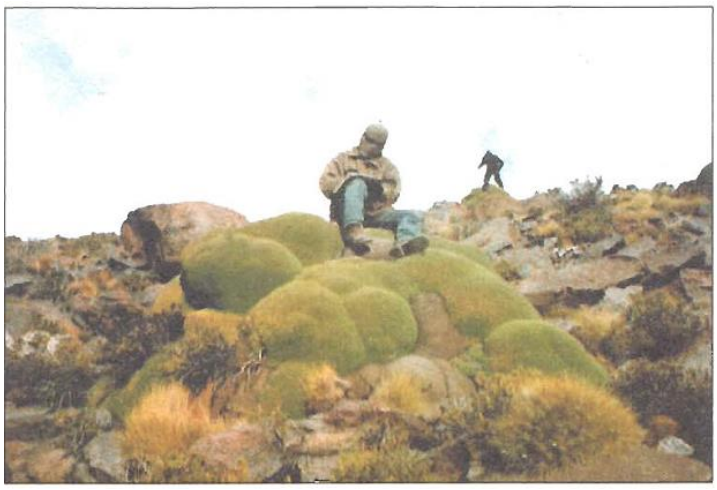


Foto 3.4. Planta de yareta en época de floración.
Fuente. Guzmán J.C. (2010).

Según Alonso, R.N., (1999), en boratos terciarios de la Puna, Jujuy, Salta y Catamarca, las características de la ulexita de acuerdo a los resultados de laboratorio son:

Ulexita (*Ulexite*) NaCaB5O6(OH)6 . 5H2O.

- **Nombre**: Dado en 1950 en homenaje a George L. Ulex (d.1883), químico alemán.

- **Datos cristalográficos**: Triclínico, $\bar{1}$, P1, a= 8.816, b= 12.870, c= 6.678, α= 90.36°, β= 109.05°, γ= 104.98°, Z= 2. SN= 6.EA.
- **Difracción de rayos X**: 12.2 (10), 7.75 (8), 6.00 (3), 4.16 (3), 8.03 (2), 4.33 (2), 3.10 (2), 3.01 (2) 12-419.
- **Propiedades físicas**: Como nódulos, en agregados fibrosos y esporádicamente como agujas. Incoloro o blanco, con raya blanca y brillo vítreo o sedoso.
- **Clivaje**. Perfecto según {010} y bueno según {110}. D= 2,5. Pe= 1,95.
- **Propiedades ópticas**: Transparente. Incoloro, α= 1.493, β= 1.505, γ= 1.526. Biáxico (+), 2V= 75°, orientación X=b, Y$\wedge$c= 20°.
- **Análisis químicos**: Se descompone en agua caliente y en soluciones ácidas. Fue analizado en Sijes, Salta: a, b, c, d, Na_2O_8,90 7,8 7,78 7,65 a- Jujuy. CaO 15,91 13,85 13,96 13,84 b y c- Sijes, Salta. B_2O_3 42,06 41,61 42,90 42,95 d- Teórico. H_2O 33,48 36,61 35,40 35,56 Anthony et al., 2003. Total 100,35 100,00 100,04 100,00
- **Yacencia**: Se encuentra en salares de zonas áridas.
- **Asociación:** Frecuentemente asociado a colemanita, bórax, meyerhofferita, hidroboracita, probertita, glauberita, calcita, yeso y halita.
- **Observaciones**: Con anterioridad denominado boronatocalcita.

Localidades. Este mineral constituye uno de los principales boratos de los salares de la Puna, principalmente en las provincias de Salta y Jujuy. Se presenta en los salares mismos y en sus márgenes bajo dos formas distintas:

- En nódulos del tamaño de 2 a 20 cm, mezclados en las orillas de los salares con arena y arcilla;
- En capas compactas de mineral más puro, cuya formación se atribuye a una evaporación más espontánea de las soluciones salinas.
- También se lo encuentra como producto de vertientes recientes que corresponden a la fase póstuma de la actividad neoterciaria y cuaternaria.
- En el salar de Cauchari, minas El Porvenir y otras (Dpto. de Susques).
- En Salinas Grandes, con sus borateras de Tres Morros y Aguadita (dpto. de Tumbaya) y boratera Coyahuaiman (Dpto. Rinconada, Jujuy).
- En Salinas Grandes, boratera Niño Muerto (dpto. de La Poma, Salta).

- En las borateras de Coyahuaima (Dpto. de Rinconada)
- En las borateras por la quebrada por Alumbrío (Dpto. de Susques, Jujuy)
- En la Quebrada de Antuco, cerca de Tocomar (Dpto. de La Poma, Salta).
- Cerca del salar de Pastos Grandes y en las orillas del salar del Hombre Muerto.
- Al Oeste de los cerros Overo y Médano, Departamento de Los Andes, Salta (5). Se encuentra incluido en sedimentos de la formación Pozuelos del grupo de Pastos Grandes. Aquí la ulexita se halla en forma de discos integrados por cristales anhedrales como fibras de varios milímetros de largo por 1 a 3 mμ de espesor, orientados paralelamente entre si y perpendicularmente a la superficie de los discos.
- En el salar de Diablillos, en el sector Suroriental del Departamento de los Andes, Provincia de Salta. Aquí se encuentra como nódulos que alcanzan los 25 centímetros de diámetro (denominados “papas”) o como capas mantiformes de ulexita maciza (“barras”).
- En el grupo minero Maggie, salar Centenario, Salta, se presenta en barra o en nódulos de diferentes tamaños.

3.2.4 Características de yacimientos de ulexita.

Según Alonso (1986), Ciertas características del yacimiento, tales como las camas enormes borato, la forma del depósito, y el verde coloración, que indica un medio fuertemente reducido, muestran esto. El lago habría recibido el borato de calor aguas directamente en su interior donde el enfriamiento podría causar la precipitación química de bórax, que después se gradúa, y cubierto por las nuevas camas de borato y cenizas. Otra prueba de esta hipótesis se encuentra en el hundimiento de lecho del lago que condujo a la formación del espesor sustancial de mineral que se encuentra en el depósito. También había la afluencia de aguas meteóricas y subterráneas cargadas con otros elementos. El yeso con un poco de ulexita fue depositado a lo largo de la frontera oriental del lago, probablemente debido a una variación de la solubilidad. Debido a la falta de agujeros de perforación en la zona de transición borax-yeso no es posible determinar si esto es un cambio facies dentro del mismo cuerpo o si existía un par de lagos paralelos, uno de los cuales depositan bórax y el otro de yeso. Excelentes ejemplos de fuentes termales

extintos en numerosos salares de borato de los Andes centrales que se alimentan directamente a la parte central de sus depresiones pueden ser encontrados. Entre ellos, el caso que nos ocupa el día de la laguna Salinas (Perú), nos permite extrapolar esta situación en el tiempo para explicar los depósitos Tincalayu. Sin embargo algunas cuestiones merecen un tratamiento cuidadoso en el marco de la presente discusión. Todo los depósitos de bórax conocidos en la puna están compuestas de cristales de distintos tamaños euhedrales debido dentro de una matriz de barro.

Así, por ejemplo, Turi Lari exhibe un depósito de cristales de bórax perfectamente euhedrales no más de 2 cm de largo incluido en una matriz arcillosa de plástico verde. Un casi idéntica ejemplo del Mioceno es proporcionado por el Loma Blanca depósito de bórax. Dentro del salar de Cauchari, grandes cristales de bórax llegar un tamaño máximo de hasta 30 cm aparecen en la parte inundada, bórax camas de este tipo no han sido previamente reportados.

3.2.5 Ambiente de depósito y ocurrencia borato.

Un análisis cuidadoso tanto de los sucesos actuales de borato y mayores exógenos en la una Argentina revelan rápidamente sus diferencias. Sólo dos especies de boratos están bien representados en ambas Tertiro y depósitos cuaternarios: Ulexita y bórax. No hay diferencias importantes entre la ulexita de Tincalayu y de algunas partes de Sijes por un lado y la de salares presentes día por el otro. Ninguno de los dos es el bórax de la loma blanca diferente de la de los salares Turi Lari Lari y Lina. Inyoíta, sin embargo, que ocurre en apreciable los importes en las tres principales depósitos terciarios (Tincalayu , Sijes , y Loma Blanca), y también en el pleistoceno terrazas del salar Pastos Grandes es prácticamente ausente en salares modernos. Hasta la fecha sólo dos pequeñas apariciones son conocidos en América del Sur , uno de cada laguna Salinas, Perú (Muessig, 1958b) y el otro en un pequeño lago en la puna cerca del volcán Coyambuyo (Alonso,1986; Helvaci y Alonso, 1994). Inderite ocurre en Tincalayu y el géiser Socacastro Pinnoite ocurre en el géiser Socacastro tal como se observa en Figura 3.2. Todas las ocurrencias de bórax que depositan actualmente en la puna se *evapocrystals growing* en barro rojo (áreas Cauchari, Rincón, Centenario) o en el barro verde (Turi Lari, Lari áreas Lina), en salares o pequeños lagos efímeros. El Tincalayu es diferente, que tiene

un cuerpo de masa bórax en su centro y *evapocrystals* hacia su periferia. Esto indicaría un cuerpo lago permanente en el que los cristales euhedrales crecieron en las playas y con una lluvia de cristales finos que forman camas químicas en la parte inferior.

Cantidades apreciables de kernite también se observa a Tincalayu, un mineral que sólo se ha encontrado en las rocas del Terciario. Esta especie ha sido interpretada como una transformación metamórfica de bórax. Sin embargo, es interesante tener en cuenta que en un agujero de perforación que corta el bórax. Se observaron sótano sal de roca subyacente, bórax y kernite coexistir como inclusiones aisladas e independientes en varias secciones de los cortes (Alonso y Robertson, 1991; 1992).

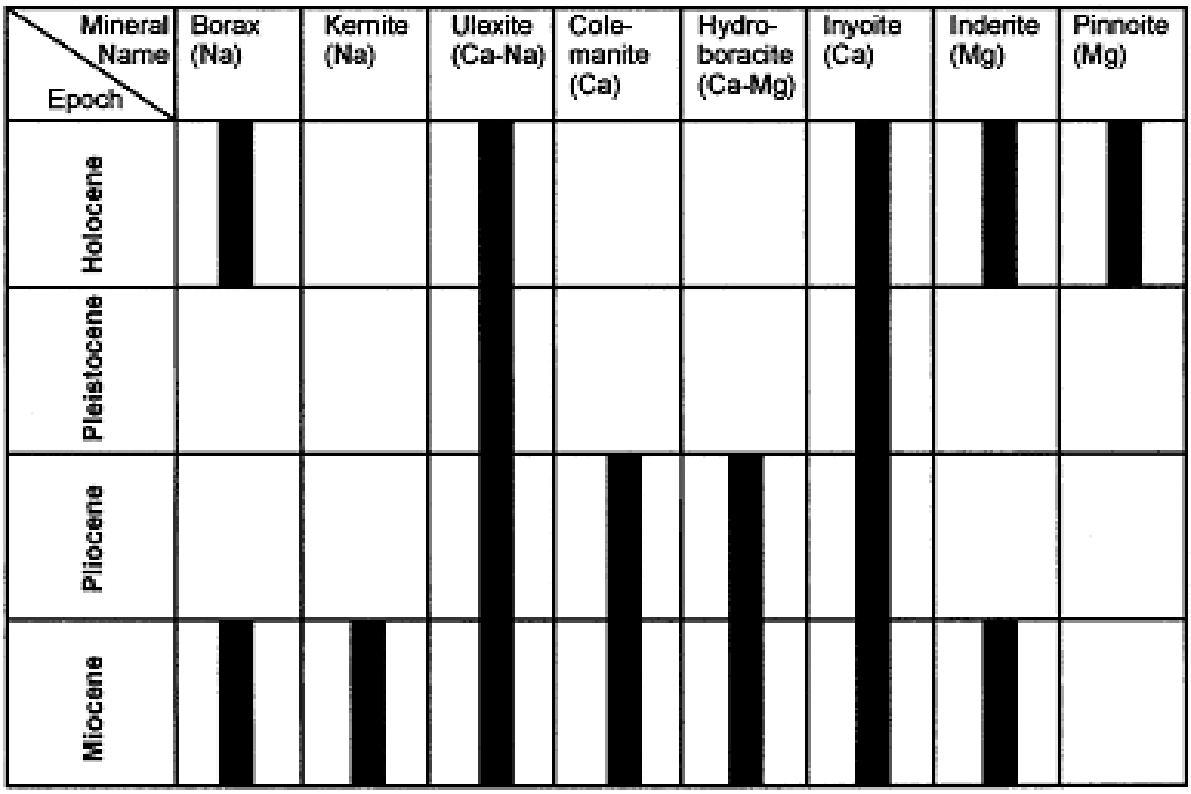


Figura.3.2. Minerales de boro y época de formación.
Fuente. Boratos terciarios de la Puna, Jujuy, Salta y Catamarca- Alonso, R.N., (1999).

Según Alonzo R.N.(1999),se consideran un buen número de minerales boratíferos tal como se puede observar en Figura 3.3 de Erd,1980; Smith and Medrano, 1996.

Mineral	Structural formula	B_2O_3 content (wt %)
Boric Acid		
Sassolite	$B(OH)_3$	56.4
Borates		
Borax	$Na_2[B_4O_5(OH)_4]\cdot 8H_2O$	36.5
Tincalconite	$Na_2[B_4O_5(OH)_4]\cdot 3H_2O$	47.8
Kernite	$Na_2[B_4O_6(OH)_2]\cdot 3H_2O$	51.0
Ulexite	$NaCa[B_5O_6(OH)_6]\cdot 5H_2O$	43.0
Probertite	$NaCa[B_5O_7(OH)_4]\cdot 3H_2O$	49.6
Priceite	$Ca_4B_{10}O_{19}\cdot 7H_2O$ (?)	49.8
Inyoite	$Ca[B_3O_3(OH)_5]\cdot 4H_2O$	37.6
Meyerhofferite	$Ca[B_3O_3(OH)_5]\cdot H_2O$	46.7
Colemanite	$Ca[B_3O_4(OH)_3]\cdot H_2O$	50.8
Hydroboracite	$CaMg[B_3O_4(OH)_3]_2\cdot 3H_2O$	50.5
Inderborite	$CaMg[B_3O_3(OH)_5]_2\cdot 6H_2O$	41.5
Kurnakovite	$Mg[B_3O_3(OH)_5]\cdot 5H_2O$	37.3
Inderite	$Mg[B_3O_3(OH)_5]\cdot 5H_2O$	37.3
Szaibelyite	$Mg_2(OH)[B_2O_4(OH)]$	41.4
Pinnoite	$Mg[B_2O(OH)_6]$	42.5
Kaliborite	$HKMg_2[B_6O_8(OH)_5]_2\cdot 4H_2O$	58.3
Suanite	$Mg_2[B_2O_5]$	46.3
Kotoite	$Mg_3[BO_3]_2$	36.5
Tunellite	$Sr[B_6O_9(OH)_2]\cdot 3H_2O$	52.9
Veatchite	$Sr_2[B_5O_8(OH)]_2\cdot B(OH)_3\cdot H_2O$	58.6
Vonsenite	$(Fe^{2+}, Mg)_2Fe^{3+}O_2[BO_3]$	13.5
Ludwigite	$(Mg, Fe^{2+})_2Fe^{3+}O_2[BO_3]$	17.8
Borates with halogens		
Boracite	$Mg_3Cl[B_7O_{13}]$	62.2
Fluoborite	$Mg_3(F,OH)_3[BO_3]$	18.7
Borates with arsenate or phosphate		
Lüneburgite	$Mg_3[PO_4]_2[B_2O(OH)_4]\cdot 6H_2O$	14.6
Teruggite	$Ca_4Mg[AsB_6O_{11}(OH)_6]_2\cdot 14H_2O$	33.8
Cahnite	$Ca_2[AsO_4][B(OH)_4]$	11.7
Silicoborates		
Howlite	$Ca_2[B_3O_4(OH)_2SiB_2O_5(OH)_3]$	44.5
Borosilicates		
Searlesite	$Na[BSi_2O_5(OH)_2]$	17.1
Danburite	$Ca[BSiO_4]_2$	28.3
Datolite	$Ca_4[B_4(SiO_4)_4(OH)_4]$	21.8

Figura 3.3. Minerales boratíferos usuales-Erd.1980, *Smith and* Medrano 1996.
Fuente. Boratos terciarios de la Puna, Jujuy, Salta y Catamarca- Alonso, R.N., (1999).

3.2.6 El boro y sus aplicaciones con especificaciones técnicas.

Según Ros M.A. (2009), El boro es un elemento químico que se encuentra en la corteza terrestre en cantidades pequeñas, aunque en unos pocos lugares se encuentra concentrado formando yacimientos. Por término medio, el boro forma parte de la litosfera en la cantidad de 0,0003 %. Debido a la solubilidad de la mayor

parte de los boratos y a la volatizad del ácido bórico, se le encuentra también más concentrado en la hidrosfera y en la cantidad de 0,001 %; asimismo se halla en todas las sedimentaciones de origen marino. La importancia de los productos del boro se ve reflejada en la gran variedad de aplicaciones que poseen. Los principales usos de los boratos y compuestos de boro son: en la industria de esmaltes y cerámicas (sanitarios, vajillas, cerámicos, azulejos), industria del vidrio, cristales y fibras de vidrio, vidrios pirex para utensilios, lámparas y focos, detergentes y blanqueadores, retardadores del fuego, abrasivos, cosméticos, en la preservación de la madera, en capacitares, aleaciones, catálisis, caucho (ignífugo), cemento (disminuye la velocidad de fraguado), combustible (borano para aviones y cohetes), curtiembres (evita putrefacción), farmacia (antiséptico suave), pinturas (fungicida), aplicaciones nucleares, en óptica, etc. Además de estos usos industriales, el boro es uno de los 7 micronutrientes esenciales para las plantas, por lo que la dosificación del boro como fertilizante adquiere suma importancia.

Yacimientos de menas bóricas. El boro origina diversos compuestos, desde óxidos simples a estructuras muy complejas de tipo polimérico. Entre ellos se encuentran los óxidos denominados boratos. Los yacimientos de boratos de importancia comercial se encuentran solamente en un reducido número de regiones geográficas en el mundo: Anatolia (Turquía), California y Nevada (Sur Oeste de Estados Unidos), la Puna Sudamericana (sur de Perú, suroeste de Bolivia, norte de Chile y noroeste de Argentina), Inder (Rusia) y Asia Central (China y Rusia). La Puna Sudamericana posee las terceras reservas mundiales de boratos, después de Turquía y la costa oeste de Estados Unidos.

La composición de los minerales de boro más importantes se resume en la Figura 3.6. Los yacimientos de la Puna Sudamericana producen preferentemente ulexita, tincal, colemanita e hidroboracita. Estos constituyen el mineral útil, de valor comercial, que se encuentra mezclado con otros materiales sin valor que constituyen la ganga, de los cuales debe ser separado. La ulexita es un borato de sodio y calcio, poco soluble en agua fría, acompañado por ganga constituida por arenas, arcillas, yeso, calcita, todo impregnado en una salmuera compuesta principalmente por cloruros y sulfatos de sodio. Los boratos conocidos como

"duros" (tincal, colemanita e hidroboracita), poseen ganga constituida por rocas (calcita, dragonita, arcilla, tobas, tufitas) e impurezas de hierro (ROS M.A. 2009).

El tincal es un borato de sodio, soluble en agua, propiedad que se utiliza para separarlo de la ganga insoluble, y obtener posteriormente bórax mediante cristalización por enfriamiento.

La colemanita es un borato de calcio con cinco moléculas de agua en su estructura y la hidroboracita es un borato de calcio y magnesio con seis moléculas de agua. Ambas tienen como impurezas principales hierro y arsénico.

Nombre	Composición	Yacimientos
Kernita (rasorita) ……...	$Na_2B_4O_7.4H_2O$	Desierto de Mohave, distrito Kramer Kern County, California (EE.UU.).
Bórax de lagos desecados (de aguas salinas) ……..	-	Searles-See, San Bernardino County, California (EE.UU.).
Colemanita ……	$2CaO.3B_2O_3.5H_2O$	Nevada californiana (EE.UU.), Chile. Turquía
Pandermita ……	$4CaO.5B_2O_3.7H_2O$	Argentina Chile y Perú.
Boro-cal:		Nevada californiana
Boro-natrocalcita …	$CaB_4O_7.NaBO_2.18H_2O$	(EE.UU), América del Sur.
Ulexita …….....	$CaB_4O_7.NaBO_2.8H_2O$	California, Nevada (EE.UU.),Tibet.
Bórax	$Na_2B_4O_7.10H_2O$	Toscaza (Italia).
Ácido bórico ……..	H_2BO_3	Región de los lagos de la India, KasaKstan (URSS).
Boratos índicos ……..	Boratos de Ca y Mg (principalmente ascharita)	

Figura 3.4. Composición de los minerales de boro más importantes
Fuente. Ros M.A.(2009),

La importancia y el valor comercial de cada uno de ellos, depende del contenido de anhídrido bórico (% B_2O_3) y de la facilidad para concentrarlos y/o purificarlos.

En la Tabla 3.1 se resume la composición química de los boratos mencionados.

Tabla 3.3. Composición química de boratos de interés comercial.

Borato	Fórmula	Peso Molec.	Composición química %				
			B_2O_3	Na20	CaO	MgO	H_2O
Bórax 10 (tincal)	$Na_20.2B_20_3.10H_20$	381,3	36,53	16,26	-	-	47,22
Bórax 5	$Na_20.2B_20_3.5H_20$	291,3	47,81	21,28	-	-	30,90
Bórax anhidro	$Na_20.2B_20_3$	201,3	69,20	30,80	-	-	O
Colemanita	$2CaO.3B_20_3.5H_20$	410,9	50,84	-	27,26	-	21,90
Colem. anhidra	$2CaO.3B_20_3$	321,0	65,10	-	34,90	-	O
Hidroboracita	$CaO.MgO.3B_20_3.6H_20$	413,2	50,54	-	13,55	9,76	26,14
Hidrob. anhidra	$CaO.MgO.3B_20_3$	305,2	68,45	-	18,35	13,2	0
Ulexita	$Na_20.2CaO.5B_20_3.16H_20$	810,1	42,97	7,65	13,82	-	35,56
Ulexita anhidra	$Na_20.2CaO.5B_20_3$	522,1	66,69	11,87	21,45	-	O

Fuente. Boratos terciarios de la Puna, Jujuy, Salta y Catamarca- Alonso, R.N., (1999).

3.2.7 Panorama de la industria boratera.

El consumo de boro es absorbido casi en un 50 % por el sector de la fibra de vidrio, tanto para aislamiento como textil, con un tercio destinado a la fabricación de jabones y detergentes, y pequeños porcentajes para usos agrícolas, productos ignífugos y otros. Entre las aplicaciones menores que están en aumento cabe citar su empleo como aditivo en aleaciones para núcleos de transformadores y motores eléctricos; en forma de nitruro y carburo, para compuestos cerámicos; como nitruro, para endurecimiento superficial, y como cristal, para duplicadores de frecuencia en rayos láser. La demanda de materias primas minerales de boro se abastece a partir del bórax (borato sódico) en sus dos variedades (tincal, bórax decahidrato, y Kernita, bórax tetrahidrato), sassolita (ácido bórico), colemanita (borato cálcico), ulexita (borato calcisódico) y salmueras, con leyes en B_20_3 tan dispares como 0,8 - 1 % en las salmueras, 34 % en los concentrados de tincal, 37 % en los de colemanita cruda, 42 % en los de la calcinada o 50 % en los de sassolita, lo que dificulta la determinación de la producción minera mundial en B_20_3 contenido, máxime si se tiene en cuenta que las estadísticas nacionales no especifican la cantidad y naturaleza de los minerales extraídos. No obstante, según el USGS la producción mundial de minerales de boro en el 2006 fue de 4,75 millones de toneladas. En la Tabla 3.2. Se presenta la producción mundial por principales países. En la actualidad, ningún país de la Unión Europea produce minerales de boro, por lo que dependen al 100 % de los suministros externos de esta sustancia. Consecuentemente con todo lo anterior, los minerales que en su composición contienen boro, como la ulexita, en los países europeos han sido catalogados "como materiales estratégicos para el desarrollo".

Tabla 3.4. Producción mundial (miles de TM)

País	2006
Turquía	1850
Estados Unidos	1150
Argentina	650
Chile (ulexita)	460
Rusia	400
China	140
Perú	140
Bolivia (ulexita)	60
KazaKhstan	30
Total	**4750**

Fuentes: USGS. Mineral Conmodity Summaries, January 2007.

3.2.8 Aspectos económicos de los productos de boro.

En general, el precio de los productos de boro depende de sus contenidos en anhidro bórico (%B_2O_3) y de la facilidad para concentrarlos y/o purificarlos. Por esta razón los "refinados de base", productos puros obtenidos por precipitación a partir de sus soluciones, poseen mayor precio que los calcinados (concentrados anhidros y en ciertos casos fundidos), siendo los concentrados los productos de menor valor. No obstante, existen boratos de alto valor agregado cuyo precio está motivado por las rígidas especificaciones que deben cumplir, ya que ellas exceden a las concernientes a su composición química y tamaño de partícula. En particular y a modo de ejemplo: los boratos de cinc deben ser estables térmicamente (retener el agua de hidratación a temperaturas relativamente altas, de 290° C ó más), para ser usados como retardantes del fuego en plásticos y gomas, (US Bórax Inc. 1999); el perborato de sodio requiere de un mínimo de oxígeno disponible (15 %, aproximadamente) y que pueda liberarse a baja temperatura (alrededor de 40 — 60° C) para su empleo como agente blanqueador en la fórmula de los polvos de lavar; los boratos de amonio tienen exigencias en cuanto a su conductividad eléctrica (por su empleo en capacitares y en electrolisis); el octoborato de sodio utilizado para la fabricación de micronutrientes del suelo debe carecer de arsénico, (Garret, 1998).

La importancia económica de la fabricación de productos de alto valor agregado queda aún más en evidencia si se compara el precio de los productos comerciales del boro, expresados por tonelada de óxido bórico contenido. Así, por 1 tonelada

de B_2O_3 se obtienen entre 190 y 430 dólares si el borato se encuentra como concentrado (calcinado ó no), se perciben entre 710 y 940 dólares si el producto está como refinado de base (bórax ó ácido bórico) y más de 1.250 dólares si se ha transformado la materia prima en un borato de alto valor agregado.

En la Figura 3.5 se presenta un diagrama con los precios de distintos boratos (Mercado Argentino 2005).

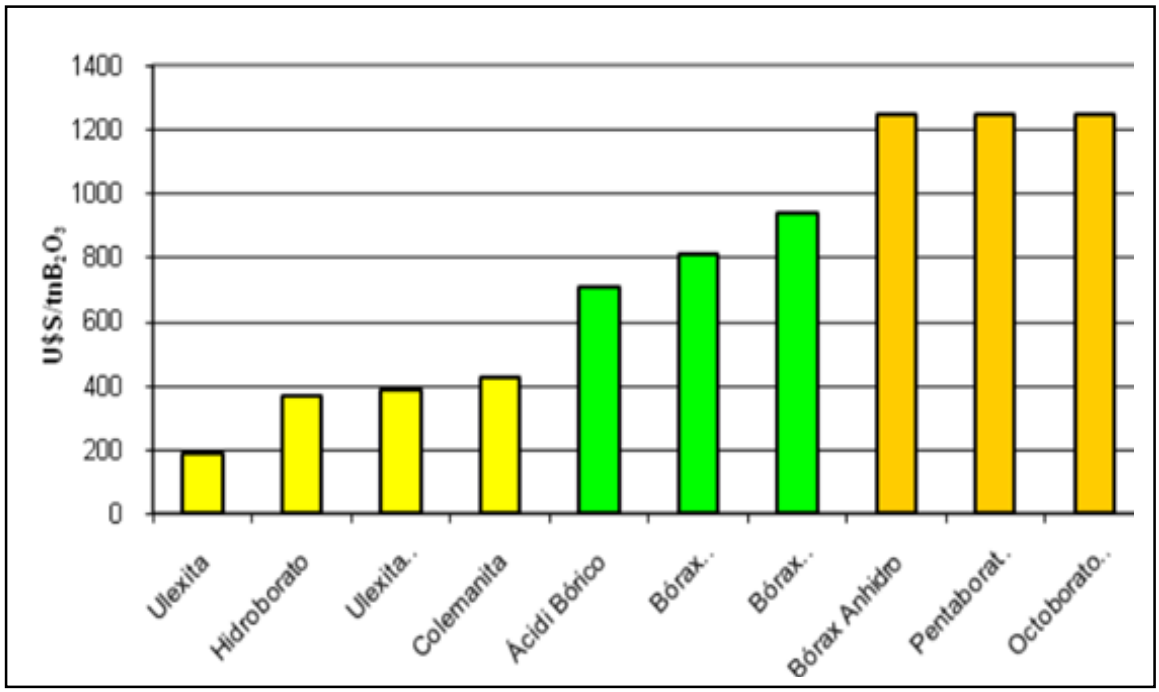


Figura 3.5. Precio por tonelada de B2O3 de los boratos.
Fuente. Mercado Argentino en 2005 - Ros M.A. 2009.

Tomando la cadena de valor del octoborato de sodio, nótese que el margen económico entre el octoborato de sodio (refinado de alto valor agregado) y el ácido bórico (refinado base), es de más de 500 USD/Tn B_20_3, lo mismo sucede si se compara el ácido bórico con su materia prima de partida, ulexita concentrada. Pueden arribarse a similares resultados analizando la obtención de boratos de cinc, perborato de sodio, pentaborato de sodio y otros. Estas simples comparaciones justifican la conveniencia de modificar la oferta de boratos actual agregando valor a la producción.

3.2.9 Especificaciones técnicas.

El mineral se comercializa y su precio se basa en el contenido de B_2O_3. La colemanita calcinada concentrada contiene aproximadamente 42 % B_2O_3 con As

(elemento penalizado entre los rangos 30-2.000 ppm; el ácido bórico técnico contiene 56,3 % B_2O_3. La Tabla 3.3 muestra la composición de las fibras de vidrio y cerámica que contienen boro (% en peso). Se presentara solo esta especificación con el objeto de ser indicativa, sin destacar la existencia de otras, que por no estar disponibles no se pudieron mostrar en este informe.

Tabla 3.5. Composición de las fibras de vidrio y cerámica contenedoras de boro.

Elementos	Vidrio C	Vidrio D	Vidrio E	Fibras Cerámicas
SiO2	65,0	74,0	54,5	52,9
A1203	4,0	-	14,5	45,1
Fe2O3	-	0,2	0,5	<0,1
B2O3	5,0	22,5	7,5	0,08
CaO	14,0	0,5	17,0	-
MgO	3,0	0,2	4,5	-
Na20	0,5	1,0	0,8	<0,2
K_2O	8,0	1,5	-	-
BaO	1,0	NA	NA	-
TiO2	NA	NA	0,1	1,7

Fuente: *The Industrial Minerals HandyBooK II*

3.2.10 Aspectos tecnológicos de la industria boratera

Debe resaltarse que las operaciones y procesos empleados en el beneficio de los boratos casi no difieren entre sí, tanto para la obtención de los distintos concentrados, como de los refinados de base y hasta de los boratos de alto valor agregado. Comparativamente:

- La concentración de menas de colemanita, de hidroboracita, de tincal ó de ulexita emplea etapas de reducción de tamaños seguida de una clasificación por tamaños (la ganga tiende a acumularse en los finos). La reducción se realiza en quebrantadoras de mandíbulas y/o molino de martillos; la clasificación puede ser en vía seca (en zarandas ó *trommels*) ó en vía húmeda (*trommels* lavadores, clasificadores helicoidales, hidrociclones), la separación magnética aprovecha la diferencia de propiedad magnética existente entre los boratos (todos son del tipo diamagnético) y la ganga (del tipo paramagnética); se emplean separadores de polea magnética de imanes permanentes de Nd -B-Fe. Un mayor incremento de ley se logra mediante la anhidración: eliminación del agua de cristalización mediante calcinación del concentrado, generalmente realizada en hornos rotativos. La fusión de concentrados para la obtención de "fritas" se realiza en hornos de solera; es aplicable solamente a la ulexita y al bórax.

- La obtención de refinados de base, bórax y ácido bórico, se realiza principalmente a partir del tincal o de la ulexita, respectivamente. Ambos procesos son esencialmente iguales, con la única diferencia que el tincal se solubiliza con agua caliente, mientras que la obtención de ácido bórico exige solubilizar la ulexita con un ácido mineral. Los equipos empleados no difieren entre sí, molino de martillos para disminuir el tamaño de la alimentación, disolución en tanque agitado calefaccionado seguido de separación sólido-líquido (en caliente) y lavado de barros insolubles (en clasificadores helicoidales, espesadores y filtros prensa), cristalización en tanque refrigerado por enfriamiento de la solución límpida, separación y lavado de cristales en una centrífuga, seguida de una etapa de secado con aire caliente en secador rotativo. La similitud entre ambos procesos (de obtención de bórax a partir de tincal ó de ácido bórico a partir de ulexita) es tal, que ambos pueden obtenerse en una misma planta de tratamiento, simplemente con una adecuada modificación de las variables operativas.

3.2.11 Metodología de cálculo de costos.

Según Flores H.R. y Tinte M. de los Á. (2008), Para calcular el costo de operación de una planta ya instalada es suficiente la información contenida en un diagrama simplificado de equipos, completado con datos sobre dimensiones y características, flujos, consumos energéticos y de mano de obra. Analizar la oportunidad y conveniencia de fabricar en esa misma planta otros productos del boro requerirá, además, suministrar datos específicos del proceso de obtención del producto elegido (condiciones operativas, materia prima, propiedades físicas y químicas). Se supone operación en estado estacionario, de manera que las ecuaciones modelo (típicamente ecuaciones diferenciales) se transforman en simples ecuaciones algebraicas. El beneficio de los boratos involucra tres etapas: concentración, obtención de refinados de base y obtención de boratos especiales. En general, ver Figura 2.8, cada etapa emplea los mismos procesos, operaciones y equipos, sin distinción ni del borato de partida ni del producto a obtener, pudiendo así representarse con un único diagrama de flujos (Flores, 2004). De esta manera:

- La concentración se basa en el hecho de que los boratos, luego de someterlos a una trituración, se concentran en las fracciones de tamaño

grueso. Una simple clasificación mecánica permitirá eliminar ganga en los finos. Eventualmente se emplea una separación magnética o un lavado para eliminar contaminantes de hierro o solubles (cloruros, sulfatos), respectivamente (Garret, 1998).

- La obtención de refinados de base también presentan un mismo diagrama de flujos: el ácido bórico (por disolución de ulexita con ácido sulfúrico) o el bórax (por disolución de tincal con agua caliente) implican disolución en caliente, floculación, separación y lavado de barros insolubles, cristalización por enfriamiento de la solución límpida, separación y lavado de los cristales en centrífuga y secado.
- Los diagramas de obtención de varios productos especiales del boro (ácido bórico de alta pureza, borato de cinc, octo, penta y perborato de sodio) poseen también gran similitud tal como se observa en Figura 3.6.

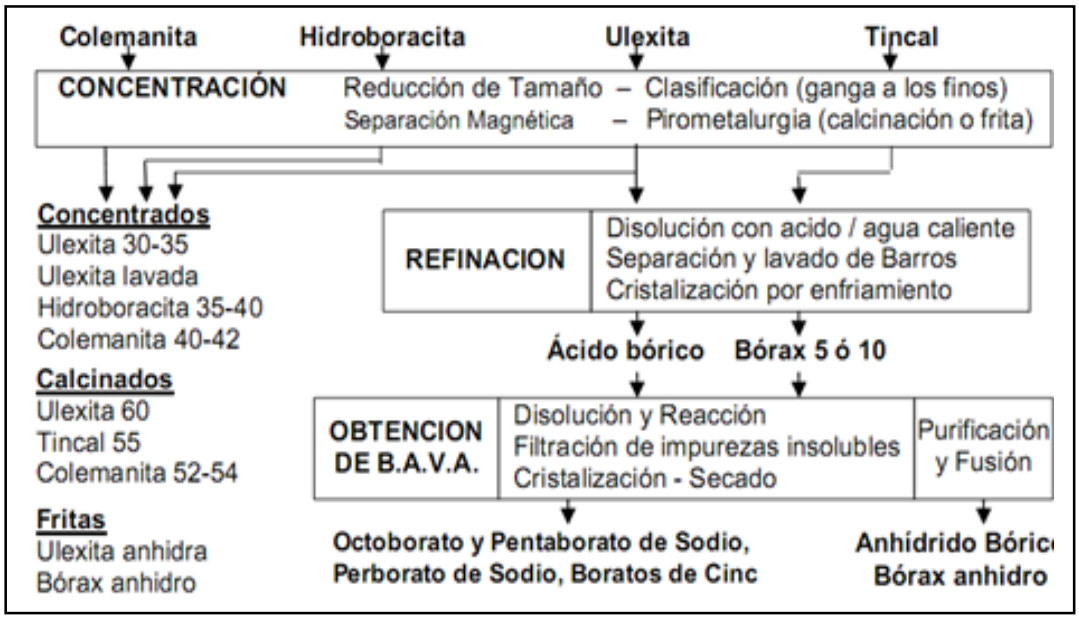


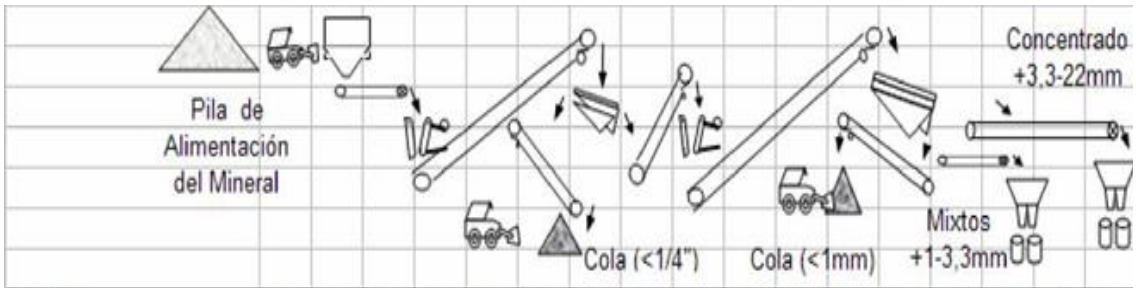
Figura.3.6. Diagrama de flujos del proceso de obtención de productos del boro.
Fuente. Flores H.R. y Tinte M. de los Á. (2008).

Flores H.R. y Tinte M. de los Á. (2008), analizaron la producción de concentrados de ulexita y de hidroboracita, basados en la información de una planta de 10 tn/h de capacidad cuyo diagrama de flujos se muestra en Figura 3.7. Involucra operaciones de movimiento de material con pala hidráulica (PH), alimentador vibrante (AV), trituración en una o dos etapas (T), clasificación por tamaños en Zarandas (Z), transporte en cintas (C) y embolsado (E).

También se muestra el esquema de salida de hoja de cálculo (en excel), indicando en las columnas los equipos correspondientes al diagrama simplificado y en las filas las dimensiones características de los equipos (ancho, altura, longitud, diámetro, volumen, potencia del motor, según corresponda), datos del material (tamaño de partícula, flujo másico, contenido en B_2O_3), las condiciones operativas y datos específicos al producto (set de trituradora, luz de zarandas, granulometría y distribución de B_2O_3 por tamaños). Con esta información el programa calcula los consumos de combustible, de energía eléctrica y la mano de obra necesaria (dato suministrado por el productor) los cuales, valorizados, dan el costo operativo.

Las condiciones operativas empleadas en la planilla de cálculo fueron:

- Para ulexita (alimentación con Dpmax=127mm y Dp_m=27mm): set trituradora primaria: 3" (76,2 mm), luz de zaranda: ¼" (6,35mm), set trituradora secundaria 7/8" (22,2mm) y zaranda doble de 3,3 y 1mm
- Para hidroboracita (alimentación con Dpmax= 254mm y Dp_m= 120mm): set trituradora primaria: 4" (102 mm), luz de zaranda: 3/8" (9,5mm) y las mismas condiciones para la segunda etapa de trituración y clasificación que las empleadas con la ulexita.



Equipos	PH1	AV	T1	C1	PH2	C2	Z1	C3	T2	C4	PH3	C5	Z2	C6	E1	C7	E2
Dimensiones, m																	
Datos del material																	
Consumo Energetico																	
Mano de obra																	

Figura 3.7.Esquema de cálculo de costo operativo de concentración de boratos
Fuente. Flores H.R. y Tinte M. de los Á. (2008)

La concentración de ulexita, en 2 etapas de trituración y clasificación mecánica, eleva la ley desde 21 a 26,1 % B_2O_3 en la primera etapa y desde 26,1 a 33,8% en la segunda, con un costo operativo de 135,7 US$/hr. Con el mismo esquema, la concentración de 10 tn/hr de hidroboracita eleva la ley desde 27,7 a 34,2 % B_2O_3 en la primer etapa con un costo operativo de 74,9 US$/hr. Alimentar a la segunda etapa de trituración y clasificación mecánica un material del 34,2 %$B2O_3$ no es conveniente, pues se logra un concentrado del 35,3 % B_2O_3 (sólo 1,1% de incremento) con baja recuperación (del 42,9%) y mucho mayor costo operativo (136,3 US$/tn). En la Tabla 3.4 se comparan los resultados. Los autores consideran que aprovechando la similitud existente entre los diagramas de flujo y los equipos empleados en la obtención de productos del boro, el programa propuesto es una herramienta que facilita el análisis económico del proceso productivo. El cálculo de costos operativos permite obtener información rápida y confiable para la toma de decisiones empresariales relativas a la influencia de insumos, materias primas y hasta proponer el cambio del producto final obtenido.

Tabla 3.6. Resultados comparativos del cálculo del costo operativo de concentración de boratos

Concentración de una mena de:	**Ulexita**	**Hidroboracita**	**Hidroboracita**
Nº de etapas de trituración-clasificación:	2	2	1
Alimentación: Flujo másico, tn / hr	10	10	10
Ley B_2O_3, %	21	27,7	27,7
Concentrado: Flujo másico, tn / hr	3,6	3,4	5,9
Ley B_2O_3, %	33,8	35,3	34,2
Recuperación de $B2O3$ en el concentrado,	57,9	42,9	72,8
Consumo energético: Eléctrico, kWh	13,8	20,3	9,5
Combustible, lts Gas Oil / hr	23,5	24,0	21,5
Mano de obra, hs hombre	29,5	29,5	15,2
Costo de operación, U$S / hr	135,7	136,3	74,9
Costo U$S / tn $B2O3$ en el concentrado	94,3	67,5	37,1

Fuente. Flores H.R. y Tinte M. de los Á. (2008)

3.3 Definiciones conceptuales.

3.3.1 Definiciones sobre optimización en minería.

Optimización. En minería existen múltiples procesos con innumerable cantidad de variables cada uno. Adicionalmente, frecuentemente estas variables ni siquiera son conocidas con certidumbre. Es por esta razón que la optimización de procesos muchas veces se hace aún más complicada y vuelve necesario el uso de herramientas especializadas. Actualmente en minería se toman algunas decisiones

en forma heurística, gracias a la experiencia de los operadores, profesionales y ejecutivos. Estas decisiones, aunque en su mayoría convergen al óptimo o a algo muy cercano a éste, muchas veces se enfocan en un ámbito local y no consideran toda la cadena de valor de la compañía (Valentina Ch., Gonzalo C. 2010).

Espacios de mejora. El primer paso para cualquier tipo de optimización es detectar espacios de mejora. Esto puede hacerse de diferentes formas, desde la aparición de ideas dentro del propio equipo como a través del uso de agentes externos que detecten posibles brechas. El próximo paso corresponde a la modelación del problema de optimización para así, a través de la herramienta elegida, encontrar la estrategia óptima. El tercer paso es la implementación, cuyos resultados deben ser evaluados y en el caso de ser necesario ajustar los modelos para iterar y llegar a los resultados esperados.

Optimización local. La optimización local toma mayor relevancia en problemas altamente complejos, cuando existen cuellos de botella o cuando los procesos son independientes entre sí. Cada vez que se busca un óptimo local se debe tener cuidado de no afectar procesos aguas abajo, ya que en general, el óptimo de una variable de un proceso puede afectar el desempeño de las siguientes. La optimización local toma mayor relevancia en problemas altamente complejos, cuando existen cuellos de botella o cuando los procesos son independientes entre sí (Valentina Ch., Gonzalo C. 2010).

Separación del problema en partes. Debido a la complejidad de la optimización de procesos en minería, muchas veces es necesario separar el problema en partes. La optimización aislada de cada uno de estos procesos se conoce como optimización local. Por otro lado, es posible identificar ciertas variables que pueden ser modeladas de una manera sistémica, es decir, considerando todo el sistema o cadena de valor. Este tipo de variables pueden ser optimizadas de una manera global, tomando en cuenta las interacciones entre cada subproceso. Utilizando este tipo de optimización es posible asegurar que la estrategia encontrada corresponde a un óptimo global.

Optimización global o sistémica. La optimización sistémica corresponde a la que considera toda la cadena de valor. Este tipo de optimización, a diferencia de la optimización local, permite asegurar que la estrategia óptima encontrada corresponde al global de la operación, y que se toman en cuenta todas las interacciones existentes. Así, es posible que lo que era un óptimo local en un proceso no aparezca en la estrategia óptima global.

Optimizar. Se define desde varias maneras:

- Es maximizar o minimizar recursos o procesos.
- Es hacer más con los mismos recursos.
- Es hacer lo mismo con menos recursos.
- Es cambiar recursos ineficientes por recursos eficientes.
- Es eliminar recursos existentes que afectan negativamente el sistema.

Según Gómez Y.M. (2013), Modelo de optimización en planificación minera a cielo abierto, Instituto de Ingenieros de Minas del Perú 31 Convención minera, la optimización en proyectos mineros es la preocupación constante de los empresarios mineros para maximizar el resultado económico de sus inversiones. Dentro de este contexto se presenta el estudio denominado “Modelo de optimización en planificación minera a cielo abierto”, tiene como objetivo principal de mostrar a los profesionales en minería y afines, el desarrollo de un modelo con programas: simples, prácticos, flexibles y operativos; utilizando las bondades que nos da la informática, para evaluar rápidamente las alternativas de planificación minera a cielo abierto que permitan optimizar los parámetros que inciden económicamente en una operación minera.

Para Gómez Y.M. (2013), El Modelo es desarrollado con datos estadísticos de varias operaciones mineras que sirven como base para la elaboración de hojas de cálculo en las que se tienen una entrada de datos básicos de diseños económicos, y operativos que permitan efectuar simulaciones del ciclo de minado:

- Perforación.
- Voladura.
- Carguío.

- Acarreo.
- Operaciones auxiliares.

Adicionando cálculo de personal, costos operativos y costos de capital. La base de datos de entrada es variable y está de acuerdo al proyecto que se va a desarrollar, considerando la magnitud de reservas, capacidad de planta y otros que tienen que estar ya definidos datos que determinaran en el modelo los parámetros de diseño y operativos; los algoritmos utilizados en el modelo son producto de información estadística de varios proyectos en desarrollo y están ajustados en base de datos reales. El análisis de las alternativas se determina en función a los principales parámetros asumidos que intervienen en la elaboración de un plan de minado entre los cuales tenemos:

Parámetros geométricos.

- Altura de bancos.
- Anchura de Fases.
- Anchura y gradiente de vías.
- Ángulos de Taludes.

Parámetros económicos.

- Ley de Corte.
- Costos operativos.

Parámetros operativos.

- Perforación.
- Voladura.
- Carguío.
- Acarreo.
- Operaciones auxiliares.

Parámetros laborales y relaciones comunitarias. En cada uno de ellos se determinaran los factores que inciden en la mejora y determinación de la optimización en cada caso.

Análisis de los parámetros geométricos.

Altura de bancos. Se establece sensibilidad de diferentes alturas en función a la producción establecida, dilución del mineral, capacidad y altura de izaje de equipos de carguío, ubicación geométrica del frente de carguío y otros factores que determinaran la altura adecuada.

Anchura y gradiente de vías. Está de acuerdo a las normas de seguridad minera D.S. 024-2016 E.M. Que establece los parámetros geométricos de las vías de acuerdo al equipo de acarreo utilizado, así mismo también determina las gradientes máximas permisibles.

Ángulos de taludes. Está en función a lo determinado con estudios geotécnicos y parámetros de seguridad, talud final del tajo, taludes parciales de trabajo y taludes de banco de explotación.

Análisis de los parámetros económicos. Ley de corte; se establece de acuerdo a los parámetros económicos de costos operativos y precios de metales.

Se tienen programas bien definidos para este cálculo, y también se puede establecer en forma simplificada pero con mayor margen de error.

Costos operativos. Se establecen en función a costos de mano de obra, mantenimiento y combustibles o energía, base de datos estadísticos de diferentes proyectos en actual operación.

3.3.2 Definiciones básicas sobre depósitos minerales.

Según Maksaev V. (2001), de la Universidad de Chile se definen algunos conceptos sobre depósitos minerales.

Ocurrencia mineral. Es una concentración anómala de un mineral que se considera valiosa por alguien en alguna parte o que es de interés científico o técnico.

Depósito mineral. Es una ocurrencia mineral (concentración anómala de un mineral o elemento metálico) de tamaño (volumen) y ley suficiente para que en circunstancias favorables, sea considerado con potencial económico.

Yacimiento. Es un depósito mineral que ha sido examinado y ha probado tener suficiente tamaño, ley y accesibilidad, como para ser puesto en producción y ser rentable (producir ganancia económica). La rentabilidad de un yacimiento depende de sus características intrínsecas (como tonelaje y ley), pero a veces depende de condiciones ajenas al cuerpo mineral, como las tasas de impuesto, precio de metales, etc.

Mina. Corresponde a las labores de explotación de un yacimiento, las que pueden ser subterráneas o a cielo abierto.

Mena. Un mineral o minerales que pueden ser beneficiados y extraídos de una roca con ganancia económica (utilidad). Es un agregado mineral sólido, natural, utilizable, ya sea tal como se extrae o del cual uno o más componentes valiosos se pueden recuperar económicamente. Ej. Menas de Cu: Calcopirita (CuFeS2), bornita (Cu), Calcosina (Cu2S).

Estéril. Término minero utilizado para referirse a la roca que no constituye mena explotable, en oposición a rocas mineralizadas. Usualmente se refiere a las rocas no mineralizadas o con minerales no económicos que deben ser removidas durante el proceso normal de explotación minera para extraer el mineral de mena. Este material se deposita en botaderos o desmontes.

3.3.3 Conceptos generales sobre ulexita.

Ulexita. Ulexita ($NaCaB_5O_9 \bullet 8H_2O$), La ulexita es un mineral compuesto de hidroborato hidratado de sodio y calcio. Puede ser incoloro o de color blanco, de un brillo sedoso, la ulexita ($NaCaB_5O_9 * 8H_2O$), es un mineral globular, blanco, con una estructura interna fibrosa, que pertenece a la familia de los boratos, específicamente es un borato sádico-cálcico. Fundamentalmente en nuestro país la ulexita es utilizada en la producción de ácido bórico, colemanita sintética y bórax (Chuquiruna w. 2010).



Figura 3.8. Ulexita transparente
Fuente. Chuquiruna W. (2010).

La ulexita es un mineral que se forma en los depósitos de salares y guarda en sus propiedades grandes potencialidades industriales que son explotadas. El sodio, calcio, boro, oxígeno y agua, son elementos que se encuentran en la naturaleza y unidos forman un mineral, la ulexita, que surge naturalmente en los salares de salinas y al alcance de la mano del hombre.

Ulexita en la industria. En el ramo industrial, los elementos químicos de la ulexita son refinados, logrando extraer: Boro, sodio, calcio, potasio, aluminio, litio, magnesio y hierro que combinados entre sí y con otras sustancias resultan ser valiosos compuestos como el bórax, que tiene una amplia aplicación en la industria. La ulexita (diborato de calcio y sodio), es la principal forma en que se explota el bórax.

Ulexita en agroindustria. La exportación de ulexita se realiza principalmente para agroindustrias que aprovechan el bórax refinado, del que se obtiene Potasio y Magnesio como fertilizantes.

Ácido bórico. El ácido bórico es usado en minería para la separación de minerales y metales, en pigmentos y vidriados, así como en la industria farmacéutica.

Anhídrido bórico. Son compuestos que resultan del refinamiento del mineral el anhídrido bórico que se aplica a los cristales y para la limpieza del metal. Estos elementos pueden ser aún más refinados en las siguientes etapas, multiplicando sus aplicaciones industriales, inclusive para energía eléctrica, mediante la utilización del litio.

Ulexita en la agricultura. En la primera etapa de separación de los componentes del mineral, se obtiene el bórax refinado ($Na_2B_4O_7$), con aplicaciones en la agricultura como fertilizante, y el borato sódico que sirve como insecticida.

Industria farmacéutica. Otro componente de la ulexita, el ácido bórico refinado, tiene grandes potenciales para el uso farmacéutico en colirios y desinfectantes.

- El perborato sódico por otro lado sirve para blanqueadores, pasta dentífrica y lavado bucal.
- El ácido bórico es un compuesto químico, levemente ácido.
- Apariencia sólido blanco cristalino, con fórmula molecular H_3BO_3

3.3.4 Borax y uso industrial.

Borax. Con fórmula molecular $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$, es un cristal blanco y suave que se disuelve fácilmente en agua. Si se deja reposar al aire libre, pierde lentamente su hidratación y se convierte en tincalconita ($Na_2B_4O_7 \cdot 5\ H_2O$). El bórax se origina de forma natural en los depósitos de evaporita producidos por la evaporación continua de los lagos estacionarios. Se convierte fácilmente en ácido bórico o en borato, el bórax comercial generalmente se deshidrata en parte.

Borax deshidratado. El bórax deshidratado o fundido es utilizado principalmente en el abrillantado de las cerámicas;

Borax en cerámicas. El bórax deshidratado y fundido que es obtenido de la ulexita puede ser usado principalmente como recurso para abrillantar las cerámicas y en alfarería.

Jabonería. El bórax se utiliza ampliamente en detergentes, suavizantes, jabones, desinfectantes y pesticidas. Se utiliza en la fabricación de esmaltes, cristal y cerámica.

Soldadura. Una mezcla de cloruro de bórax y amonio se utiliza como fundente (flux) al soldar hierro y acero. Su función es bajar el punto de fusión del indeseado óxido de hierro.

Joyería. Se utiliza mezclado con agua como fundente al soldar oro, plata, etc. Permite que el metal fundido fluya uniformemente sobre el molde.

3.3.5 Términos usados en la operación minera actual.

Pallaqueo en explotación de boratos – ulexita.

Es el método más antiguo de concentración y consiste como su nombre lo indica en el escogido a mano, mediante la ayuda de un hacha pequeña, el cual el personal separaba el mineral del estéril aprovechando su diferenciación de los colores.

Explotación manual o artesanal. El mineral borato de Salinas ha sido explotado de diferentes maneras iniciándose con una extracción manual, donde se utilizaba abundancia mano de obra, ya que el proceso de selección sé hacía utilizando el escogido a mano, motivo por el cual la producción anual era baja, el proceso consistía en eliminar la capa superior estéril para luego extraer la capa de boratos.

Herramientas manuales. Las herramientas o instrumentos manuales como lampa, pico, carretilla, en algunos casos y dependiendo de las impurezas presentes se realizaba la limpieza del mineral denominado sistema de pallaqueo, luego se procedía al traslado del mineral a las canchas de secado al natural o a los hornos de secado en las afueras de la Laguna.

Transporte en el pasado. El traslado del mineral era hecho en acémilas luego en un pequeño ferrocarril instalado entre el salar y los hornos de secado y finalmente este traslado hacia la planta de Río Seco se hacía en pequeños camiones volquete.

Explotación actual de boratos. En la actualidad la explotación se ha mecanizado, para el desbroce y extracción de mineral se emplean retroexcavadoras, para el carguío de mineral los cargadores frontales, para el refuerzo y mantenimiento de carreteras tractor oruga y motoniveladora y para el transporte camiones tipo volquete.

Equipos pesados. Se refiera a la explotación mecanizada de boratos-ulexita mediante el uso de equipos pesados para le remoción de mena y ganga, esta

implementación de maquinaria pesada ha hecho que la producción anual de mineral y se incremente aumentando así la rentabilidad del proyecto.

Recuperación selectiva. El trabajo de recuperación es un método manual convencional con personas. El mineral del horizonte A que anteriormente lo denominaban como no económico debido a que su morfología in situ es de copos de ulexita envueltos en una matriz de arcillas negras donde se observó que la ley in situ del horizonte A es de 18%, la ley in situ del mineral ulexita es de 26%, la ley en ruma del horizonte A es de 16 % pero mediante el proceso de optimización de la extracción se procederá a recuperar los copos de ulexita y recuperar también esa ley que está por encima del 22.22% que es lo que requiere planta.

Etapas de recuperación selectiva con personal. Cuando el horizonte A fue extraído por la excavadora y depositado a un lado de la trinchera en un área de 4x 5m2 el mineral pasa por diferentes procedimientos para poder ser transportado hacia canchas de secado.

Personal de recuperación. Es el personal que se dedica a la recuperación del mineral valioso teniendo presente la diferencia en coloración de horizontes de ulexita y horizontes estériles, el personal de recuperación que consta de un número aproximado de 30 personas.

Trozado de mineral de recuperación. Para iniciar su trabajo el personal de recuperación troza el mineral del horizonte A manualmente (con picotas y lampas) a tamaño que ellos crean conveniente poder manipular para su posterior limpiado.

Recuperación de mineral propiamente dicho. El mineral de recuperación ya trazado es limpiado desmembrando las arcillas de los copos de ulexita con herramientas manuales como lampas y hachas.

Posteriormente es acumulado en el centro dándole formas geométricas simples con la finalidad de ser cubicado por el supervisor a cargo.

Carguío de mineral de recuperación. El mineral acumulado es cargado al finalizar el turno por el mini-cargador frontal hacia los volquetes, transportando el mineral de recuperación para ser pesado y luego ser depositado en canchas de secado donde se tomaran sus leyes para su posterior control.

Manifestación. Acumulación de minerales que no presenta características favorables para la explotación, en parte por su tamaño o su poca mineralización y en parte por que las anteriores condiciones no han permitido que sea bien explorado y definido.

Prospecto. Acumulación de un mineral que por estudios geológicos y geoquímicos, ha mostrado anomalías dignas de exploración y estudios más detallados y que en un principio no ha producido resultados satisfactorios.

Depósito mineral. Es una concentración anómala de un mineral o elemento metálico de tamaño (volumen) y ley suficiente para que en circunstancias favorables, sea considerado con potencial económico.

Yacimiento mineral. Es un depósito mineral que ha sido examinado y ha probado tener suficiente tamaño, ley y accesibilidad como para ser puesto en producción y ser rentable (producir ganancia económica). Acumulación de un mineral que por su extensión, presentación o aspectos económicos merece explotarse o está actualmente en explotación.

Reserva mineral. Se refiere a un yacimiento mineral en producción o a uno cuya existencia y conocimiento se ha hecho por los diferentes métodos de exploración, siendo económica su explotación. Material mineral considerado como explotable bajo las condiciones existentes, incluyendo costos, precio, tecnología y circunstancias especiales de localización.

Recurso mineral. Incluye reserva mineral y todos los otros depósitos minerales potencialmente viables de existir, independientemente de que sean conocidos, o sean o no económicos en el momento.
Recursos = Reservas + menas potenciales.

3.3.6 Términos en minado por corte y relleno por transferencia a tajo abierto.

Tal y como dice el método de extracción de boratos este tiene tres etapas bien definidas:

Corte. Se inicia con la remoción del material estéril llamado el proceso de corte este material estéril que está comprendido por la pumicita, arcillas y el horizonte A es depositado a un lado de la trinchera en el área ya explotada donde había quedado un pozo.

Relleno. Esta trinchera anteriormente explotada es rellenada con la cobertera o material estéril que está comprendido por la pumicita, arcillas y el horizonte A, del proceso de corte.

Transferencia. Cuando ya se terminó de extraer la cobertera y llegamos al límite superior del horizonte B el cual es el mineral de boratos económicamente rentable este es extraído por la excavadora y transferido hacia la superficie del salar, lado opuesto a donde se depositó la cobertera, o caso contrario se transferirá directamente a los volquetes, tal como se observa en Foto 3.5.



Foto 3.5. Corte y relleno por transferencia
Fuente: Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

Block. Polígono de explotación, está definido bajos las siguientes de dimensiones 600 m x 400 m, cuando no es explotado en su totalidad queda como pendiente para una próxima compaña.

Primer corte. Es arranque de mineral del primer tajo de dimensiones 5 m x 4 .5 m que realiza la excavadora.

Escombrera. Zona de depósitos de material estéril.

Depresión. Desnivel de la zona de explotación con referencia a la zona intacta o borde de los blocks de explotación.

Copo de mineral. Porción de mineral ulexita en forma de escamas que se presenta en el horizonte A.

Tajo. Explotación minera en donde se desarrollan las operaciones unitarias como desbroce, carguío, acarreo.

Ruma. Pila de mineral esponjado extraído del corte y depositado en su plataforma de descarga correspondiente.

Plataforma de descarga. Es el área donde se depositará el mineral extraído del corte en forma de runas para que este sea cargado posteriormente a los volquetes.

SP: Mineral sin pallaqueo, es el mineral extraído de los blocks por equipos de producción como excavadoras.

Material estéril. Minerales no económicos conformados por arenas, arcillas y sales.

CP. Mineral con pallaqueo, es el mineral extraído manualmente bajo técnicas de recuperación por personas.

Pallaqueo. Proceso de selección manual de estériles, limo y otras impurezas (ganga), es realizado por un grupo de obreros.

Desbroce. Es la eliminación de la parte superior de estéril mediante la apertura de un corte dado por las dimensiones de alcance del equipo de producción.

Rastrillado. Proceso de remoción de mineral para acelerar el proceso de secado en este proceso de utiliza los tractores agrícolas.

Secado. Eliminación de agua del mineral en forma natural.

Lastrado. Conformación de vías de acceso para interior o exterior mina utilizando material de préstamo.

Carguío. Carga de mineral de las plataformas de descarga hacia los volquetes.

Transporte. Traslado de mineral de los blocks hacia las canchas de almacenamiento.

Tolveo. Actividad realizada por los volquetes para descargar su contenido.

Almacenamiento de mineral. Proceso en el cual el mineral se transporta a las canchas de almacenamiento, previamente preparadas, se tolvea de manera continua.

Cancha de almacenamiento. Zonas de descarga de mineral, esta sectorizado de acuerdo a los tipos de mineral (A, B, C Y D).

Nivelación. Actividad de remediación ambiental que consiste en llevar a cabo la uniformidad del nivel del terreno.

Preparación de block. Consiste en generar condiciones para poder llevar a cabo la extracción de mineral, ésta comprende actividades como cercado de block, labores de bombeo y secado de block.

3.3.7 Términos relacionados al uso de equipos.

Horas totales del equipo (HT). Son el total de horas.

Horas disponibles del equipo (HD). Son las horas en que el equipo está disponible para producir, es decir, a disposición de operaciones mina.

Horas del equipo operativo. Son las horas en que el equipo está operativo y haciendo trabajo productivo (produciendo toneladas).

Demoras. Es el tiempo en que el equipo está operativo, pero no realizando trabajo productivo. Algunas demoras son:

- Inspección de operador
- Abastecimiento de combustible
- Refrigerios
- Relleno combustible
- Limpieza equipo finalizar turno
- Equipo parado por otras áreas
- Cambio de guardia
- Inasistencia de operador

Disponibilidad mecánica (DM). Es el porcentaje del tiempo total que el equipo está disponible para operaciones. Es una medida de la eficiencia de mantenimiento, por lo que es controlada por ellos.

$$Disponibilidad\ Mecánica\ = \frac{Horas\ totales - Horas\ malogrado}{Horas\ totales}$$

Uso de la disponibilidad (UD). El porcentaje de tiempo que el equipo está encendido, en producción o en demoras, respecto al tiempo que está disponible mecánicamente. Este parámetro involucra directamente a los stand by.

$$Uso\ de\ la\ disponibilidad\ = \frac{Horas\ operativas + Demoras}{Horas\ totales - Horas\ malogrado}$$

$$Uso\ de\ la\ disponibilidad\ = \frac{Horas\ operativas + Demoras}{Horas\ operativas + Demoras + Horas\ de\ stand\ by}$$

3.3.8 Términos relacionados a la producción minera actual.

Mineral sin pallaqueo (MSP). Es el mineral que se extrae sin someterlo a ningún tipo de recuperación.

Tonelaje nominal. El tonelaje nominal es el valor que resulta de la multiplicación de la capacidad de carga útil del equipo por un factor de ajuste.

Toneladas métricas (TM). El tonelaje extraido el cual ya está sometido a parámetros de esponjamiento.

Tasa de excavación. Es la relación entre las toneladas métricas húmedas cargadas y el tiempo de carguío.

Ratio de combustible. Es la relación entre los galones de combustible entre las horas totales equipo.

CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Presentación de pruebas y resultados de acuerdo a hipótesis y objetivos.

4.1.1 Incremento de ley de ulexita recuperado con excavadoras en campañas anteriores a 2013.

La planta Inkabor SAC. ha establecido la calidad de mineral que debe ser enviado por operación mina de la Unidad Salinas, la ley óptima de 22.22% B_2O_3, se ha elaborado para camapaña 2013, el proceso de optimizacion para alcanzar a la ley óptima se ha realizado con el pallaqueo manual para esta actividad se ha requerido alto numero de trabajadores para poder cumplir de alguna manera con las metas si bien esta actividad ha favorecido con la posibilidad de trabajo a las comunidades, sin emnabrgo para la empresa ha sido un desenvolso fuerte de presupuesto en pago al personal de pallaqueo y el aporte de ulexita residual es poco, no se ha realizado la recuperacion de boratos con mini excavadoras, el proceso de reduccion de tamaño de fragmenrtos de ulexita en la priemra recuperación de pallaqueo ha requerido de un tiempo determinado y de manera similar en la segunda recuperación tambien requeire de un tiempo el recojo de minral esparcido en la plataforma tambien requiere de un tiempo adicional, en suma el tiempo requerido para el cumplimiento de produccion es de 3 meses de setiembre a

noviembre de cada año, pero para alcanzar la ley óptima tan solo con pallaqueo y mineral residual se ha requerido mas de tres meses,es decir cuatro meses por la dificultad en la reduccion manual, y el pallaqueo tal como se obseva en la Foto.4.1 y Foto 4.2 respectivamente.



Foto 4.1 Recuperacion de boratos con excavadoras.
Fuente. Inkabor SAC.



Foto 4.2. Pallaqueo para alcanzar ley óptima.
Fuente. Inkabor SAC.

4.1.2 Optimización.

Es el proceso de hacer algo mejor consiste del tratamiento de las variaciones de un concepto inicial y usar la información obtenida para mejorar la idea y mejor solución, implica que hay más de una solución y que cada solución no tienen valores iguales, es relativa al problema que se está manejando, su método de solución y las tolerancias permitidas, la solución óptima depende de la formulación del problema, es decir la optimización es el proceso de ajustar las entradas a las

características de un dispositivo, proceso matemático o experimento para encontrar la salida o resultado mínimo o máximo. Las operaciones mineras incluyen una serie de actividades relacionadas entre sí en todo el proceso de producción, tales como la geología, la minería y el procesamiento de minerales, los cuales son administrados y optimizados normalmente de forma aislada, sin embargo con la optimización de la extracción de ulexita se plantea la meta de lograr una ley optima de 22.22% de ulexita, además de la ley óptima también se ha determinado el porcentaje de humedad óptima de 14%-15% y el tamaño de mineral óptimo de 5 pulgadas en la cancha de almacenamiento y secado para que transporte el mineral con estas características optimas a la planta Inkabor S.A.C. Además los minerales de ulexita que lleguen a la cancha de almacenamiento y secado deben alcanzar leyes más altas posibles para reducir los costos de cabeceo para ello se ha realizado el presente trabajo de investigación de Optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para la recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B en la Unidad Salinas Inkabor SAC.

4.1.3 Potencias angostas de boratos.

Las potencias angostas de boratos es un término conocido en la zona de operaciones mineras en el método de explotación de corte y relleno por transferencias, con la apertura del tajo se observan horizontes de ulexita de color blanco, la potencia de cada horizonte A y B de ulexita es angosto respecto al tamaño del tajo, además hay una variación continua del tamaño de potencia que no supera los 80 cm en zona Huito con lo que se justifica las potencias angostas. En el presente trabajo de investigación estas potencias angostas se ha sub dividido en cuatro sub potencias para lograr el dimensionamiento de estas potencias y para aplicar el software estadístico especializado SPSS estas son:

- Muy angosto : [0.20) cm.
- Angosto : [20,40) cm.
- Amplio : [40,60) cm.
- Muy amplio : [60,80] cm.

4.1.4 Recuperación de potencias angostas.

La recuperación de potencias angostas en el presente trabajo de investigación se refiere a tres procesos operativos bien definidos que son:

- **La extracción de la ulexita con excavadora**. Que consiste en el arranque de ulexita en el tajo y puesta en la plataforma de extendido y rumas para aprovechar los rayos solares para el secado respectivo y que facilite la reducción de tamaño y el pallaqueo de minerales de ulexita.
- **El pallaqueo.** Consiste en la reducción de tamaño de minerales y la selección manual mediante el uso de herramientas manuales tales como picos, lampas y carretillas realizadas por los comuneros en cumplimiento a los convenios en el marco de relaciones comunitarias y la responsabilidad social empresarial, para mantener la responsabilidad social y ambiental adecuado
- **Recuperación residual**. Consiste en recojo de minerales esparcidos en la plataforma, fragmentos de minerales que han resultado de la primera recuperación de pallaqueo, segunda recuperación del pallaqueo y un repaso más de pallaqueo, por el desprendimiento de fragmentos de mineral ulexita en el proceso de carguío a los volquetes todos estos minerales se acumulan en una ruma especial y son destinados a su cancha especial para el secado.

4.2 Metodología de investigación.

Según Bunge M. (1978), la metodología de investigación es el conjunto de procedimientos y técnicas que se aplican de manera ordenada y sistemática en la realización de un estudio.

En un proceso de investigación, la metodología es una de las etapas en que se divide la realización de un trabajo. Es el conjunto de técnicas y métodos que se han empleado para llevar a cabo las tareas vinculadas a la investigación para optimizar la explotación del mineral ulexita complementando su extracción mediante el dimensionamiento de potencias angostas de boratos y con mini excavadora para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.

4.3 Tipo y diseño de investigación.

4.3.1 Tipo de investigación

- Según su finalidad: Aplicada
- Según el método de manipulación de datos: Cuantitativa

4.3.2 Diseño de la investigación.

Según Hernández S. (2003), Diseño de la investigación es el plan general del investigador para lograr respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación.

El diseño desglosa las estrategias básicas que se adopta para generar información exacta e interpretable, dicho de otra manera, es el plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación para optimizar la explotación del mineral ulexita complementando su extracción mediante el dimensionamiento de potencias angostas de boratos en la Unidad Salinas Inkabor. En el presente trabajo de investigación se han considerado cuatro fases para la ejecución:

- Recolección de datos de campo e información de operación minera actual.
- Post proceso con software especializado SPSS.
- Sistematización del trabajo de investigación.
- Exposición de resultados.

4.3.3 Nivel de investigación.

SegúnTorres B. C. (1999), el nivel de investigación se refiere a una gradación que va de lo inferior a lo superior, de lo simple a lo complejo, de lo impreciso a lo preciso. El presente trabajo de investigación es:

- Descriptivo.
- Explicativo.

4.4 Variables de la investigación.

4.4.1 Variable Independiente.

Dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para optimizar la explotación de ulexita.

4.4.2 Variable dependiente.

Optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

4.5 Población y muestra.

4.5.1 Población.

Para Torres B. C. (1999), se considera población a una parte muy grande del universo. Para algunos investigadores y autores, población es sinónimo de universo, en el presente trabajo de investigación la población está constituida por los valores de medidas de potencias de ulexita en los dos horizontes indispensables para dimensionar las potencias angostas, la producción en toneladas de mineral, las leyes de ulexita en el proceso de la extracción con excavadora y con mini excavadora para lograr optimizar mediante el uso de equipo adecuado para la extracción de ulexita.

Unidad de estudio u observación. Se considera unidad de estudio la parte de la muestra que se toma para realizar las observaciones correspondientes, en el presente trabajo de investigación es la potencia mineralizada en los horizontes A y B y el contenido de la ulexita en cada horizonte para poder dimensionar

4.5.2 Muestra.

Para Ander Egg. (2011), la muestra es el conjunto de operaciones que se realizan para estudiar la distribución de determinados caracteres en la totalidad de una población, universo o colectivo, partiendo de la observación de una fracción de la población considerada". La muestra como su nombre indica es una parte que representa de la mejor manera la mayoría o todas las características del todo (la unidad de estudio, la población o el universo). Parte de la población, que representara al total de mediciones realizadas en los tres horizontes A, y B, el número de muestra (n), representativa conociendo la población N= 120, se ha determinado mediante la fórmula.

$$n = \frac{(N)(Z^2_C)(P)(Q)}{E^2(N-1)+(Z^2_C)(P)(Q)}$$

Donde:

N= 120 (Población).

Z= Nivel de confianza 1.96 (95%)

P= Probabilidad de éxito (0.5)

Q= Probabilidad de fracaso (Q=1-P)=0.5

E= Precisión (Error máximo permisible en términos de proporción)(5% error muestral) = 0.05

$$n = \frac{(120)(3.8416)(0.5)(0.5)}{(0.0025)(119) + (3.8416)(0.5)(0.5)}$$

n= 91.62

n= 92

La muestra está conformada por 92 elementos, esta información representa la bases de datos para el presente trabajo de investigación para consolidar las variables estadísticos tanto para variable independiente y así como para la variable dependiente que también se requiere en la consecución del presente trabajo de investigación para aplicar el software SPSS, los indicadores de la operacionalización de variables representan las variables estadísticos para el análisis respectivo.

4.6 Operacionalización de variables.

Según Villasante S.F.E y Ramos C.A.(2010), La operacionalización de variables constituye la identificación de las variables independiente y dependiente su dimensión de cada uno de ello, el indicador, el índice y la escala de medición; el indicador , el índice y la escala de medición en conjunto constituyen las variables estadísticas que tienen que ser codificados para la aplicación de software especializado para el análisis exploratorio de datos(AED) y análisis unidimensional de datos (AUD) y han sido medidos y evaluados en el proceso del presente trabajo de investigación.

4.6.1 Muestreo.

El muestreo es un instrumento de gran validez en la investigación, es el medio a través del cual el investigador, selecciona las unidades representativas para obtener los datos que le permitirán obtener información acerca de la población a investigar. Una clasificación común de tipos de muestreos es la siguiente:

- Muestreo aleatorio simple (o al azar).
- Muestreo estratificado.
- Muestreo por cuotas.

- Muestreo intencionado.
- Muestreo mixto.

Tabla 4.1 .Operacionalización de variables.

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍNDICE	ESCALA
|Variable independiente. Dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para optimizar la explotación de ulexita	Dimensionamiento de potencias angostas de boratos en horizontes A y B A=B	• Dimensionamiento de boratos de horizonte A	• Muy angosto:[0.20) cm • Angosto: [20,40) cm • Amplio: [40,60) cm • Muy amplio: [60,80] cm	1 2 3 4
		• Dimensionamiento de boratos de horizonte B	• Muy angosto:[0.20) cm • Angosto: [20,40) cm • Amplio: [40,60) cm • Muy amplio: [60,80] cm	1 2 3 4
	Recuperación de potencias angostas de boratos presentes en horizontes A y B con excavadoras	• Recuperación de boratos con excavadora de horizonte A	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3.	1 2 3 4
		• Recuperación de boratos con excavadora de horizonte B	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4
	Recuperación de potencias angostas de boratos presentes en horizontes A y B con pallaqueo	• Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4
		• Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4
Variable dependiente. Optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C.	Corte y relleno por transferencia Con mini excavadoras	• Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4
		• Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte B	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4

Fuente. Elaboración propia.

4.7 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

4.7.1 Técnicas de análisis de datos.

En el presente trabajo de investigación se requiere analizar y valorar su utilidad para los objetivos de la investigación. En este sentido, la tarea se simplifica cuando se analiza la información, si es que se encuentra correctamente estructurada y organizada, ya que se observará de forma directa y fácil, las relaciones o vínculos establecidos entre los aspectos o elementos que integran la información de su investigación. En el nivel de análisis en función a los objetivos y las hipótesis .que

se han planteado, las técnicas estadísticas son indispensables y se justifican convenientemente su uso, en el presente trabajo de investigación es sumamente importante realizar análisis estadístico la información recolectada será representada en tablas de contingencia, con tantas entradas como indicadores tengan las variables, respecto a las pruebas estadísticas, existen muchas los cuales se pueden utilizarse conforme los requerimientos sin embargo se pueden emplear, T de *student* y otros para el análisis estadístico se ha utilizado el ordenador estadístico SPSS.

4.8 Técnicas para el procesamiento de la información.

Las técnicas que se van a emplear para obtener la información como pueden der el análisis de datos de la estructura de los dos horizontes de la ulexita. Para la recolección de datos se han capacitado al personal de apoyo en la forma de toma de datos de las mediciones, al igual que con los otros métodos, previamente a la ejecución de la observación el investigador debe definir los objetivos que persigue, determinar su unidad de observación, las condiciones en que la asumirá y las conductas que deberán registrarse. Se ha consolidado el procesamiento de la información de manera hábil y sistemática y tener destreza en el registro de datos. Diferenciando los aspectos significativos de la situación y los que no tienen importancia. En ésta etapa del estudio se utilizó como técnicas a la codificación, tabulación de cuadros, gráficas y cuadros de consistencia para luego en función a estos cuadros elaborados se puede realizar el análisis respectivo con el apoyo de un ordenador específico.

4.9 Codificación.

Consiste en preparar las mediciones obtenidas para asignarles un valor numérico que los represente, este procedimiento se ha realizado en la asignación de valores numéricos en cada variable En cuanto a la información de campo, el objetivo primordial es obtener información cuantificable; así, al concluir la codificación de las respuestas, conviene representarlas de manera gráfica, para facilitar su análisis. Revisar y analizar los datos obtenidos de la recolección de datos de campo, implica realizar un análisis profundo y objetivo para llegar a conclusiones surgidas de las relaciones establecidas entre las respuestas o los objetivos de la investigación. Para la codificación de datos se ha considerado:

- Se tomó datos diarios de avance, dimensiones de corte potencias de mineral, horas efectivas, tiempos de demoras en la operación.
- Se realizó la recuperación de mineral de los Block BX-49 y BX-54.
- Los trabajos se realizaron con 02 Mini excavadoras *Waker Neuson* modelo 3503 y con 03 operadores de excavadora

4.9.1 Tabulación.

Las tablas y figuras requeridas en el estudio, en donde cada variable tiene su título respectivo, con los cuales se ha elaborado una base de datos en el ordenador, de manera particular, se ha determinado los medios o procedimientos específicos para analizar de manera significativa cada uno de los datos que ha reunido. Como sabemos, uno de los propósitos de la investigación es recopilar datos, para después analizarlos y confrontarlos con las hipótesis planteadas, y así obtener conclusiones significativas.

4.9.2 Consistencia.

Para realizar el análisis de datos se requiere que la tablas y figuras respectivos sean consistentes que permitan un procedimiento rápido para su análisis, los resultados dependen específicamente del tipo de investigación efectuada y de los instrumentos seleccionados, adicional a las tablas de apoyo para evitar redundancia o incongruencias de los datos, se definieron variables, dimensiones e indicadores.

4.9.3 Instrumentos.

Respecto de los instrumentos que se van a utilizar para recolectar la información se ha tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- El tipo de instrumentos seleccionados y la justificación de su escogencia.
- Los principales temas que se van a incluir en el instrumento.
- El proceso que se va a seguir para la elaboración del instrumento.
- El proceso que se va a seguir para probar o validar el instrumento.

Para aquellos casos en los cuales el estudio no requiere del uso de entrevistas, cuestionarios o similares, se debe especificar cuál es el instrumento o guía que se

va emplear para obtener la información a partir de la revisión de documentos, análisis de datos secundarios, etc. Esto garantizará que la información se va a obtener de una manera sistemática. En cuanto a los procedimientos para la aplicación de los Instrumentos seleccionados, o sea, la recolección de datos propiamente dicha, se deben mencionar los siguientes:

- Las técnicas que se van a emplear para obtener la información son las mediciones que se han realizado en el terreno y consolidados en una base de datos
- Características especiales que deben tener quienes vayan a realizar la recolección de datos.

En el presente trabajo de investigación el instrumento es un recurso que utiliza el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información dentro de cada instrumento concreto pueden distinguirse dos aspectos diferentes: lo tanto, en una serie de ítems que no son otra cosa que los mismos indicadores que permiten medir las variables, puntos a observar, elementos a registrar, planos topográficos preliminares, los cuales deben consolidarse con:

- Tableros de madera y papelería para ingreso de base de datos.
- Hoja de registro de información.
- Listas de cotejo.
- registro de muestreo.
- Formularios.
- Catálogos.
- Útiles de escritorio.

4.10 Requerimiento de equipos y softwares.

Para el procesamiento de la información se considera necesario el uso de ordenadores, cualquier recurso de que se vale el investigador para acercarse a los fenómenos y extraer de ellos información dentro de cada instrumento concreto pueden distinguirse dos aspectos diferentes: forma y contenido. De este modo, el instrumento sintetiza en sí toda la labor previa de investigación: resume los aportes del marco teórico al seleccionar datos que corresponden a los indicadores y, por lo tanto, a las variables o conceptos utilizados; se han considerados los siguientes:

Trabajo de campo.

- Brújula.
- Picota de geólogo.
- Flexo metro.
- Cintas métricas de tamaño grande.
- Equipos de Seguridad.
- Equipos de iluminación.

Trabajo en gabinete.

- Una computadora o laptops.
- Impresoras HP. Laser.
- Calculadoras.
- Software Autocad Civil 3D,SPSS.

4.11 Validación y confiabilidad de los instrumentos.

4.11.1 Procedimientos de validación.

Los procedimientos para la elaboración del presente trabajo de investigación se de la empresa Inkabor S.A. Cada de uno de los equipos están calibrados por la empresa proveedora para un tiempo determinado al momento de ser adquiridos los que también han sido utilizados en la elaboración de los proyectos de plan de minado superficial a largo corto y mediano plazo presentados a la Dirección General de Minería DGM.M.E.M. De conformidad con el D.S.014-92 y sus modificatorias.

4.11.2 Confiabilidad en recopilación y toma de datos de campo.

- Los análisis de muestras se realizan en el laboratorio para obtener características mineralógicas, geológicas, etc. En forma permanente por disposición de la alta gerencia y realizados por personal especializado que garantizan la calidad de los procedimientos de análisis.
- La determinación del área de recuperación de mineral por personal especializado.
- La recopilación de información respecto al estudio de factibilidad técnica, ambiental, social, topografía e infraestructura superficial y económico en un

contexto de riesgo también han sido elaborados por personal profesional especializado.

4.12 Métodos y técnicas para la presentación y análisis de datos.

4.12.1 Método.

El método, procedimiento o proceso, se refiere a explicar paso por paso cómo se piensa desarrollar la investigación, desde la selección de los sujetos u objetos, pasando por el desarrollo de los experimentos o la aplicación de los instrumentos, la recolección y ordenamiento de los datos, su expresión en tablas, gráficos u otro tipo de figuras, su análisis y discusión de los resultados y la deducción de las conclusiones. Al explicar el método o procedimiento se debe indicar el tipo de investigación a realizar. Si es básica, orientada o aplicada; si es documental, descriptiva, observacional, explicativa o experimental. Si es experimental, indicar si es pre-experimento, experimento o cuasi-experimento. En el caso de procesos de laboratorio o campo donde se debe explicar detalladamente cualquier método que use para que otros investigadores que deseen repetir el experimento puedan hacerlo exactamente. Cuando se trata de métodos o procesos ya conocidos solo se menciona su nombre y si es necesario la referencia donde se encuentra el método en detalle, método es un modo, manera o forma de realizar algo de forma sistemática, organizada y/o estructurada.

4.12.2 Técnicas de análisis de la información.

En esta sección se debe escribir y justificar.

- El proceso de clasificación, registro y codificación de los datos.
- Las técnicas analíticas (lógicas o estadísticas) que utilizarán para comprobar la hipótesis o responder a las preguntas de investigación y obtener las conclusiones respectivas.

En análisis lógico corresponde a las investigaciones en las cuales las unidades de investigación son pocas o no adecuadas, de acuerdo a los objetivos de investigación para ser sometidas a tratamiento estadístico. Es el caso de estudios clínicos, las investigaciones históricas, etnográficas, etc. Por su parte, el análisis estadístico se adecúa más cuando se tienen conjuntos numerosos de datos. Las técnicas estadísticas pueden ser, según el número de variables que se analicen

simultáneamente: Univariables, bivariables o multivariables. Entre las técnicas más conocidas se pueden mencionar: Chicuadrado, análisis de varianza, análisis de regresión, etc.

4.12.3 Análisis estadísticos.

Todas las investigaciones donde se usen cifras han sido analizadas desde el punto de vista estadístico mediante SPSS, específicamente las dimensiones obtenidas de potencias angostas en horizontes A y B. El tipo de análisis estadístico depende de la cantidad y calidad de los datos registrados y del nivel de profundidad estadística deseada, y lógicamente del grado de conocimientos sobre los métodos estadísticos que posea quien realizará los análisis. Para el análisis estadístico, en primer término se utiliza la estadística descriptiva que incluye la media aritmética (que puede ir desde una simple media aritmética entre dos valores o datos), la mediana, la moda, el rango, la varianza, la desviación típica o standard, el error típico o standard, el coeficiente de variación y otros más. Para obtener otra información se requiere de la estadística inferente o inferativa que incluye análisis de regresión, de correlación, análisis de varianza, multivariados y otros. Igualmente dependerá del nivel de significación estadística que se requiera.

4.12.4 Metodología de investigación realizada en zona Huito.

Estudio de Alcance. Recopilación de la información y datos históricos de potencias angostas de ulexita para identificar los problemas de continuidad y homogeneidad de los dos horizontes más importantes, de acuerdo a su formación geológica estos horizontes son totalmente variados en algunos casos se reducen hasta desaparecer y en otros casos se incrementa la potencia de ulexita, además en el bloque actual de operaciones de extracción (Huito), ha desparecido el horizonte A1 es por ello, ya no se ha considerado en el estudio respectivo. La extracción de minerales de ulexita con mini excavadoras está orientado a lograr alcanzar a los requerimientos de planta considerados como óptimos, recomendables y estándares de la Unidad Minera Salinas una ley optima de 22.22% de ulexita, además de la ley óptima también se ha determinado el porcentaje de humedad óptima de 14%-15% y el tamaño de mineral óptimo de 5 pulgadas.

Puntos de referencia y optimización. Recopilación de datos de potencias angostas de ulexita, datos operativos a través de la mediciones exhaustivas de los procesos clave, la evaluación comparativa exhaustiva para identificar estrategias para optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con miniexcavadoras mediante dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.

Integración y optimización de proceso productivo. La solución de optimización e integración de procesos ayuda a integrar y optimizar todo el proceso el extracción de la ulexita, el resultado es un proceso más eficiente, que ofrece una mayor producción de mineral ulexita con leyes por encima de 22.22% de B_2O_3, además de la ley óptima, el porcentaje de humedad óptima de 14%-15% y el tamaño de mineral óptimo de 5 pulgadas, logramos esta meta mediante la optimización de cada proceso en el contexto de toda la operación para desarrollar estrategias de operación para lograr una calidad óptima de ulexita en función a la ley óptima de 22.22 %de ulexita que la empresa ha establecido. Es importante considerar cada solución para cumplir con sus objetivos específicos y las características de potencias angostas del yacimiento en particular, puede variar desde la optimización de todo el proceso a un estudio más centrado en un área en particular los cuales han sido evaluadas con la aplicación del software SPSS considerados en la variable independiente y dependiente. Los proyectos comúnmente involucran cuatro pasos que permiten personalizar la solución a sus necesidades, evaluar la realidad, identificar oportunidades, entregar resultados y mantener los beneficios en un tiempo en nuestro caso en la campaña de 2014.

Validación y aplicación. Se ha establecido un plan detallado para implementar las estrategias para el dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor, una ley óptima de 22.22% de ulexita, además de la ley óptima también, el porcentaje de humedad óptima de 14%-15% y el tamaño de mineral óptimo de 5 pulgadas

Sostenibilidad de los beneficios. Los cambios recomendados en los procesos se incorporan a los procedimientos operativos y de gestión del sitio. Los operadores y y personal especializado están capacitados para asegurar que los beneficios se mantengan en el tiempo y que se logre alcanzar los estándares de una ley óptima de 22.22% de ulexita, además de la ley óptima también, el porcentaje de humedad óptima de 14%-15% y el tamaño de mineral óptimo de 5 pulgadas. En el presente trabajo de investigación la interpretación de los resultados se he efectuado a través de representaciones gráficas tanto para variables independientes y dependientes

4.12.5 Análisis exploratorio de datos (AED).

Según Villasante S.F.E y Ramos C.A.(2010), la finalidad de análisis exploratorio de datos es examinar los datos previamente a la aplicación de cualquier técnica estadística. De esta forma el analista consigue un entendimiento básico de sus datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas. El AED proporciona métodos sencillos para organizar y preparar los datos detectar fallos en el diseño y recogida de datos, tratamiento y evaluación de datos ausentes ,identificación de datos ausentes, identificación de casos atípicos y comprobación de los supuestos subyacentes en la mayor parte de las técnicas multivariantes, exponiendo cual es finalidad, con las interrogantes de que exista algún tipo de estructura (normalidad, multinormalidad, asimetría, curtosis, linealidad homogeneidad entre grupos, etc). El análisis exploratorio de datos AED es un conjunto de técnicas estadísticas cuya finalidad es conseguir un entendimiento básico de los datos y de las relaciones existentes entre las variables analizadas. Para conseguir este objetivo el AED proporciona métodos sistemáticos sencillos para organizar y prepara los datos ,detectar fallos en el diseño recogida de los mismos, tratamiento y evaluación de los datos ausentes el análisis previo de los datos es un paso necesario ,que lleva tiempo y que habitualmente se descuida por parte de los analistas de a datos ,sin embargo las tareas implícitas en dicho examen pueden parecer insignificantes y sin consecuencias a primera vista, pero son una parte esencial en cualquier análisis estadístico, (Villasante S.F.E y Ramos C.A.2010).

4.12.6 Etapas del análisis exploratorio de datos.

- Preparar los datos para hacerlos accesibles a cualquier técnica estadística.

- Realizar un examen gráfico de la naturaleza de las variables individuales a analizar y un análisis descriptivo numérico que permita cuantificar algunos aspectos gráficos de los datos.
- Realizar un examen gráfico de las relaciones entre las variables analizadas y un análisis descriptivo numérico que cuantifique el grado de interrelación existente entre ellas.
- Evaluar, si fuera necesario, algunos supuestos básicos subyacentes a muchas técnicas estadísticas como, por ejemplo, la normalidad, linealidad y homocedasticidad.

4.12.7 Preparación de datos.

Para Villasante S.F.E y Ramos C.A.(2010), El primer paso en un A.E.D. Es hacer accesible los datos a cualquier técnica estadística. Ello conlleva la selección del método de entrada (por teclado o Importados de un archivo) y codificación de los datos así como la de un paquete estadístico adecuado para procesarlos.

Existen diferentes softwares especializados en la evaluación estadística, son conjuntos de programas que implementan diversas técnicas estadísticas en un entorno común a los cuales puede recurrir el investigador para el análisis respectivo. Algunos de los más utilizados son SPSS, SAS, Systat, Statistica, Stata y últimamente Minitab, S-Plus, Eviews, Statgraphics y Matlab.

4.12.8 Análisis estadístico unidimensional.

Una vez organizados los datos, el segundo paso de un A.E.D. Consiste en realizar un análisis estadístico gráfico y numérico de las variables del problema con el fin de tener una idea inicial de la información contenida en el conjunto de datos así como detectar la existencia de posibles errores en la codificación de los mismos.

El tipo de análisis a realizar depende de la escala de medida de la variable analizada. En la tabla de medidas numéricas nos sugieren las representaciones gráficas y resúmenes descriptivos numéricos más aconsejables para realizar dicho análisis en el presente trabajo de investigación los resultados son importantes.

En dicha tabla se entiende que las escalas más informativas pueden utilizar las medidas numéricas y representaciones gráficas de las escalas menos informativas (Villasante S.F.E y Ramos C.A.2010).

4.13 Exposición de resultados de acuerdo a objetivos e hipótesis.

Problema. ¿Cómo se puede optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras mediante dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor?.

Objetivos específicos.

- **Objetivo 1.** Optimizar la explotación del mineral ulexita complementando su extracción mediante el dimensionamiento de potencias angostas de boratos en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C.
- **Objetivo 2.** Optimizar la explotación del mineral ulexita complementando su extracción con mini excavadora para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

Hipótesis Específicas.

- **Hipótesis 1**. El dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B nos permitirá optimizar la explotación del ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C.
- **Hipótesis 2**. El complemento de su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras nos permitirá optimizar la explotación del ulexita para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

Variable Independiente. El dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para optimizar la explotación de ulexita

Variable dependiente. Optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

4.14 Evaluación de variables estadísticos.

La evaluación se ha realizado de acuerdo a la tabla de variables estadísticos en función a la operacionalización de variables.

Tabla 4.2. Variables estadísticos.

INDICADOR	ÍNDICE	ESCALA
• Dimensionamiento de boratos de horizonte A	• Muy angosto:[0.20) cm • Angosto: [20,40) cm • Amplio: [40,60) cm • Muy amplio: [60,80] cm	1 2 3 4
• Dimensionamiento de boratos de horizonte B	• Muy angosto:[0.20) cm • Angosto: [20,40) cm • Amplio: [40,60) cm • Muy amplio: [60,80] cm	1 2 3 4
• Recuperación de boratos con excavadora de horizonte A	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3.	1 2 3 4
• Recuperación de boratos con excavadora de horizonte B	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4
• Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4
• Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4
• Recuperación de boratos con miniexcavadora de horizonte A	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4
• Recuperación de boratos con miniexcavadora de horizonte B	• Bajo: [16, 18) % B_2O_3 • Regular: [18, 20) % B_2O_3 • Buena: [20, 24) % B_2O_3) • Muy buena: [24, 27) % B_2O_3	1 2 3 4

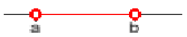
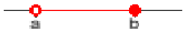
Fuente. Elaboración propia

4.15 Agrupación de datos de mediadas reales en intervalos.

Según Andersen, K. (1984), para designar los conjuntos de números reales formados por infinitos números, o para designar algunos tramos de la recta real, existe una nomenclatura conocido como intervalos, un intervalo es un conjunto de números reales que se corresponden con los puntos de un segmento o una semirrecta en la recta real. Según incluyen o no a los puntos extremos, los intervalos pueden ser abiertos, semi abiertos o cerrados. En el presente trabajo de investigación la recolección de datos de campo respecto a las dimensiones de las potencias angostas de boratos se ha tomado de referencia el uso de intervalos, para agrupar datos reales medidos en el terreno dada las características de no uniformidad siendo las dimensiones de potencias diferentes de una a otra medida,

en la elaboración de base de datos se requiere agrupar las medidas geométricas para asignar escalas y que puedan facilitar el análisis respectivo, es decir la codificación para la aplicación del software estadístico SPSS. Con la aplicación de los intervalos se logra ubicar un valor geométrico real de la medida de la potencia esto nos indica que un valor no puede ubicarse en dos intervalos sino solo en un intervalo [0,20), además nos indica que incluye a 0 y no incluye a 20. El horizonte A se ha subdividido en 4 sub horizontes pequeños de tal manera que un valor real de medida obtenida se ubique en un sub horizonte en muy angosto, angosto, amplio y muy amplio respectivamente tal como se observa en Figura 4.1.

Tabla 4.3. Intervalos y semirrectas.

INTERVALOS Y SEMIRRECTAS				
NOMBRE	**SÍMBOLO**	**EXPRESIÓN ALGEBRAICA**	**SIGNIFICADO**	**REPRESENTACIÒN**
Intervalo abierto	(a,b)	$\{x \in \mathbb{R} / a < x < b\}$	Nº comprendidos entre **a** y **b**	
Intervalo cerrado	$[a,b]$	$\{x \in \mathbb{R} / a \leq x \leq b\}$	Nº comprendidos entre **a** y **b**, ambos incluidos	
Intervalo semiabierto	$(a,b]$	$\{x \in \mathbb{R} / a < x \leq b\}$	Nº comprendidos entre **a** y **b**, incluido **b**	
	$[a,b)$	$\{x \in \mathbb{R} / a \leq x < b\}$	Nº comprendidos entre **a** y **b**, incluido **a**	

Fuente. Andersen, K. (1984).



Foto 4.3. Potencia de mineral zona Huito (color blanco).
Fuente. Elaboración propia.

4.16 Resultados de dimensionamiento de boratos en horizontes A y B de acuerdo a hipótesis 1.

Considerando la Hipótesis 1, el dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B nos permitirá optimizar la explotación del ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C.

4.16.1 Resultados de dimensionamiento de boratos en horizonte A.

Para la aplicación de software estadístico SPSS. Se ha elaborado una base de datos con la información obtenida de las mediciones en el terreno.

Tabla 4.4. Dimensionamiento de boratos de horizonte A.

DIMENSIONAMIENTO DE BORATOS DE HORIZONTE A					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	MUY ANGOSTO [0,20) cm	2	2,1	2,2	2,2
	ANGOSTO [20,40) cm	26	27,7	28,3	30,4
	AMPLIO [40,60) cm	50	53,2	54,3	84,8
	MUY AMPLIO [60,80] cm	14	14,9	15,2	100,0
	Total	92	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	2	2,1		
Total		94	100,0		

Fuente. Elaboración propia

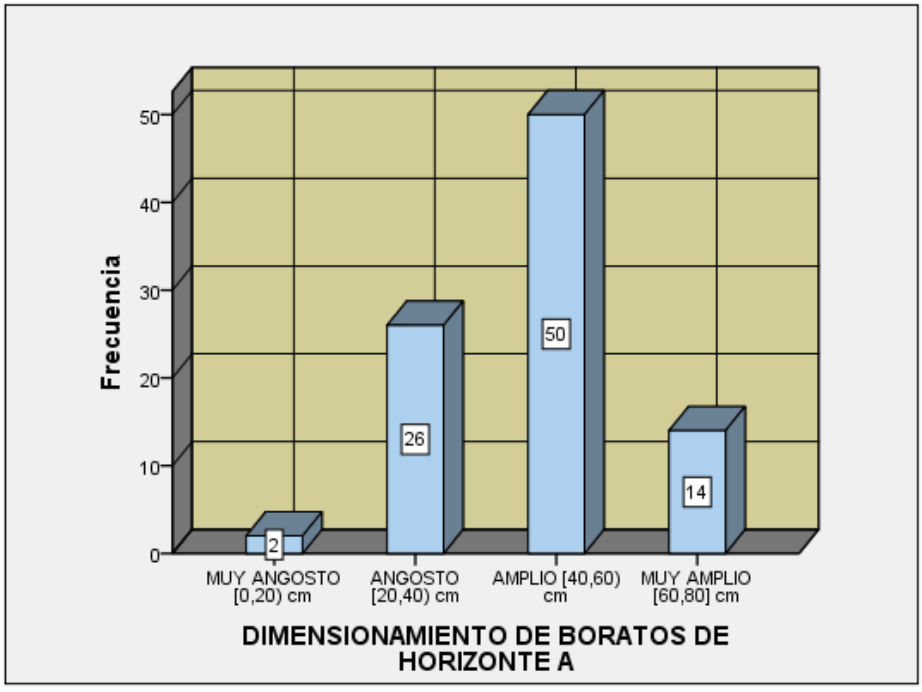


Figura 4.1. Dimensionamiento de boratos de horizonte A

Fuente. Elaboración propia

En tabla 4.4 y en la Figura 4.1 en el dimensionamiento de boratos de horizonte A se observa que el 54.3% de medidas se ubican en el intervalo [40,60) cm es decir sus medidas están entre 40.00 cm hasta 59.00 cm es decir la potencia es amplia seguido de 26 medidas que representan 28.3% angosto se aprecia con claridad que se encuentran por debajo de 60 cm en la zona de Huito.

4.16.2 Resultados de dimensionamiento de boratos en horizonte B.

Tabla 4.5. Dimensionamiento de boratos de horizonte B.

DIMENSIONAMIENTO DE BORATOS DE HORIZONTE B					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	MUY ANGOSTO [0,20) cm	6	6,4	6,5	6,5
	ANGOSTO [20,40) cm	32	34,0	34,8	41,3
	AMPLIO [40,60) cm	51	54,3	55,4	96,7
	MUY AMPLIO [60,80] cm	3	3,2	3,3	100,0
	Total	92	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	2	2,1		
Total		94	100,0		

Fuente. Elaboración propia.

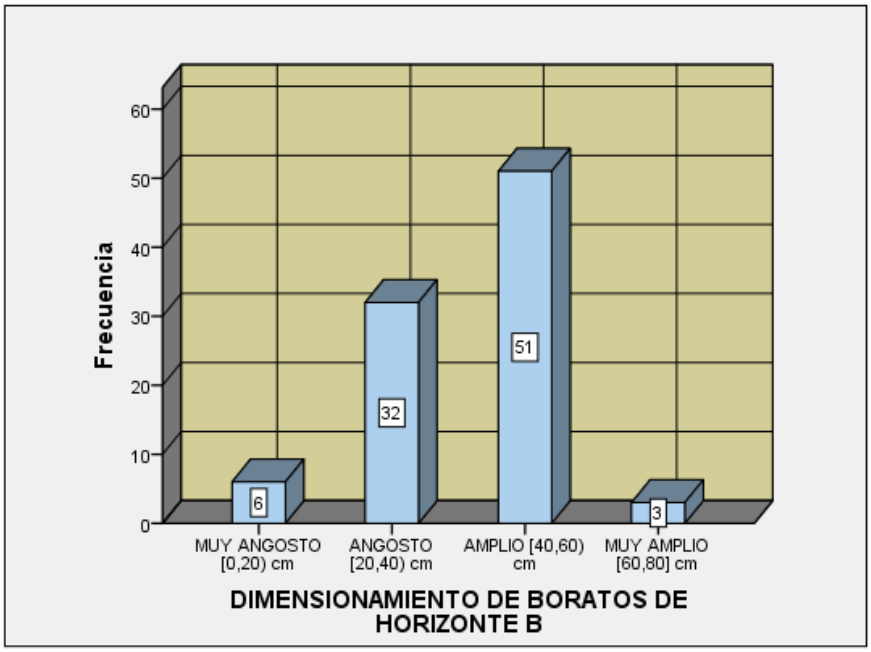


Figura 4.2. Dimensionamiento de boratos de horizonte B.
Fuente. Elaboración propia.

En la Tabla 4.5 y Figura 4.2, 51 medidas que representa el 54.3% se ubican en [40.60) cm que son considerados amplios, si se compara los resultados de las medidas de potencias del horizonte B con las medidas del horizonte A, las

dimensiones son aproximadamente del mismo tamaño el horizonte A con el horizonte B.

4.16.3 Resultados de recuperación potencias angostas de boratos en horizontes A con excavadoras.

La recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B con excavadoras se muestran en Tabla 4.6 y Figura 4.3.

Tabla 4.6. Recuperación de boratos con excavadora de horizonte A.

RECUPERACION DE BORATOS CON EXCAVADORA DE HORIZONTE A					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	BAJO [16,18) % B_2O_3	40	42,6	43,5	43,5
	REGULAR [18,20) % B_2O_3	39	41,5	42,4	85,9
	BUENA [20,24) % B_2O_3	12	12,8	13,0	98,9
	MUY BUENA [24,27] % B_2O_3	1	1,1	1,1	100,0
	Total	92	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	2	2,1		
Total		94	100,0		

Fuente. Elaboración propia.

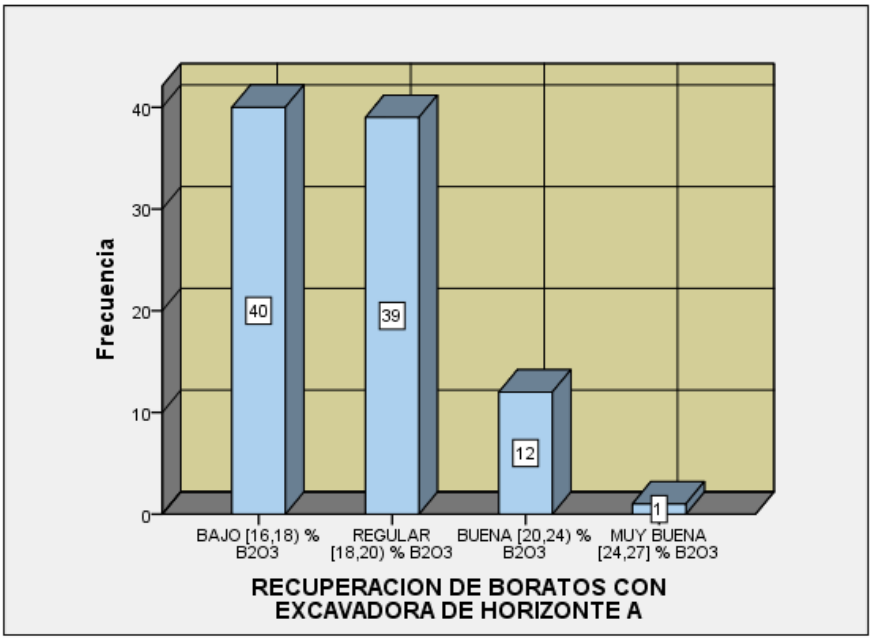


Figura 4.3. Recuperación de boratos con excavadora de horizonte A.
Fuente. Elaboración propia.

Respecto a la recuperación de boratos con excavadora de horizonte A conforme se aprecian los resultados en la Tabla 4.6 y en la Figura 4.3, 40 datos reales se ubican en [16,18) % de B_2O_3 que representa el 43.5% estos valores nos indican una baja

recuperación con excavadores por el tamaño del cucharon, que en el momento de la operación de arranque de la ulexita de los horizonte genera mucha dilución y no es selectivo considerando el tamaño de las potencias de los horizontes A y B.

Principalmente la dilución es con arcilla negra y pumicita.

4.16.4 Resultados de recuperación potencias angostas de boratos en horizonte B con excavadoras.

Tabla 4.7. Recuperación de boratos con excavadora de horizonte B.

RECUPERACIÓN DE BORATOS CON EXCAVADORA DE HORIZONTE B					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	BAJO [16,18) % B_2O_3	39	41,5	42,4	42,4
	REGULAR [18,20) % B_2O_3	32	34,0	34,8	77,2
	BUENA [20,24) % B_2O_3	19	20,2	20,7	97,8
	MUY BUENA [24,27] % B_2O_3	2	2,1	2,2	100,0
	Total	92	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	2	2,1		
Total		94	100,0		

Fuente. Elaboración propia.

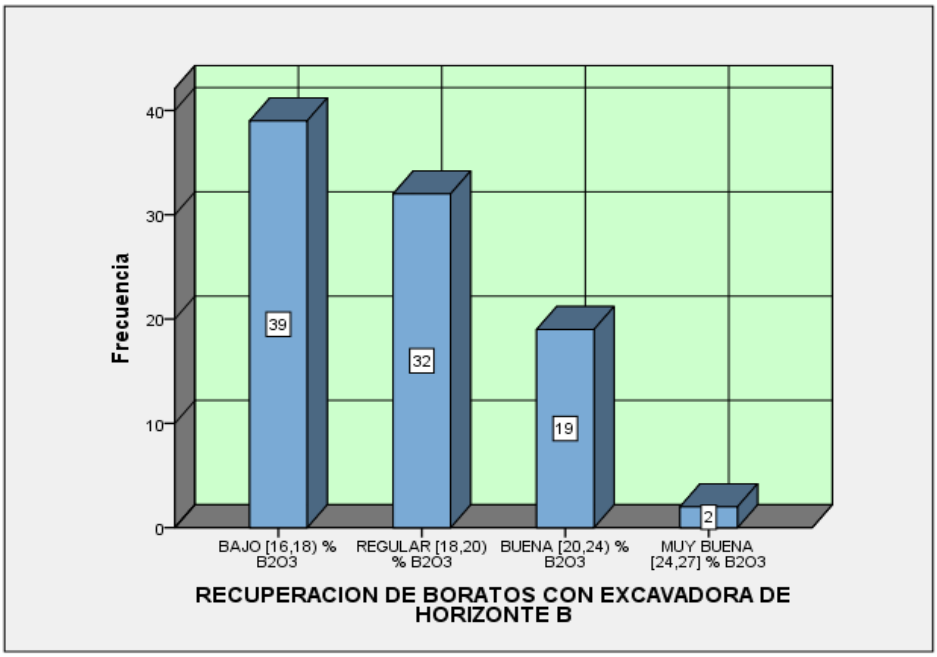


Figura 4.4. Recuperación de boratos con excavadora de horizonte B.
Fuente. Elaboración propia.

Los resultados de recuperación de boratos con excavadora de horizonte B mostrados en la Tabla 4.7 y en la Figura 4.4 nos indican que 38 datos reales se

encuentran en [16,18) % de B_2O_3 la recuperación con excavadora es bajo si se compara con la recuperación del horizonte A en ambos casos tanto en horizonte A y horizonte B la recuperación con excavadora es bajo que no supera el 17% de B_2O_3, por la visibilidad no adecuada del operador respecto a la potencia del horizonte B cuando la excavadora se encuentra en la parte superior de los horizontes A y B. tal como se observa en Foto 4.4.



Foto 4.4 Recuperación con excavadora.
Fuente. Elaboración propia.

Tabla 4.8. Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A.

RECUPERACION DE BORATOS CON PALLAQUEO DE HORIZONTE A					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	BAJO [16,18) % B_2O_3	9	9,6	9,8	9,8
	REGULAR [18,20) % B_2O_3	17	18,1	18,5	28,3
	BUENA [20,24) % B_2O_3	38	40,4	41,3	69,6
	MUY BUENA [24,27] % B_2O_3	28	29,8	30,4	100,0
	Total	92	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	2	2,1		
Total		94	100,0		

Fuente. Elaboración propia.

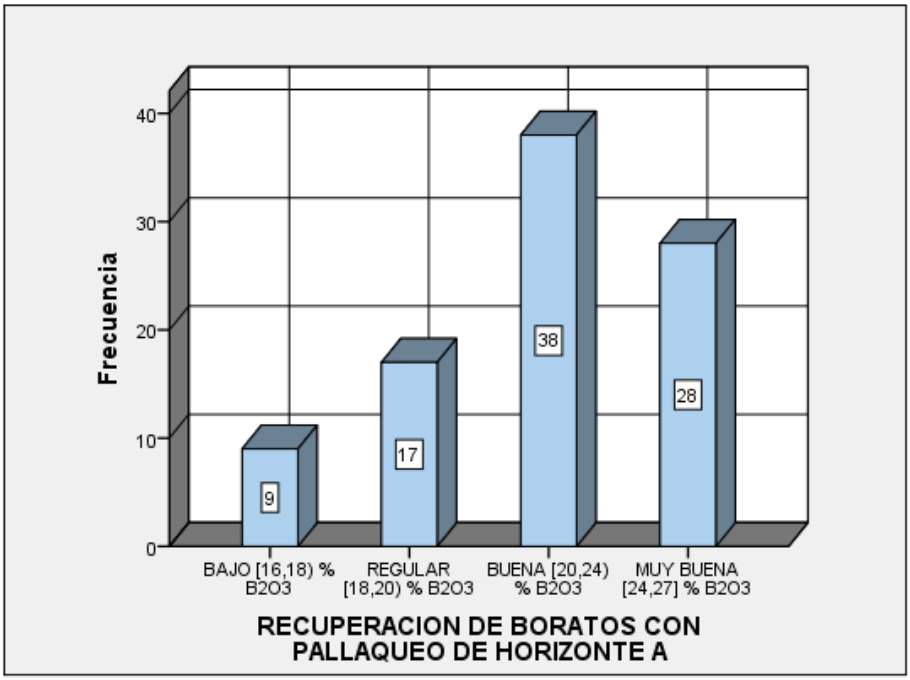


Figura 4.5. Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A.
Fuente. Elaboración propia.

4.16.5 Recuperación de boratos con pallaqueo en horizonte A.

La recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A es un proceso complementario que se realiza con el fin de elevar la ley del mineral de ulexita se realiza después del arranque en el proceso de extracción por corte y relleno por transferencias cuando al ulexita es colocado encima de la plataforma de secado, en la Tabla 4.8 y Figura 4.5 se muestra que 38 datos reales de medidas que representa el 41.3% del total están en [20,24) % de B_2O_3 que nos indica que la recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A es buena.

Tabla 4.9. Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B.

RECUPERACION DE BORATOS CON PALLAQUEO DE HORIZONTE B					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	BAJO [16,18) % B_2O_3	8	8,5	8,7	8,7
	REGULAR [18,20) % B_2O_3	17	18,1	18,5	27,2
	BUENA [20,24) % B_2O_3	37	39,4	40,2	67,4
	MUY BUENA [24,27] % B_2O_3	30	31,9	32,6	100,0
	Total	92	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	2	2,1		
Total		94	100,0		

Fuente. Elaboración propia.

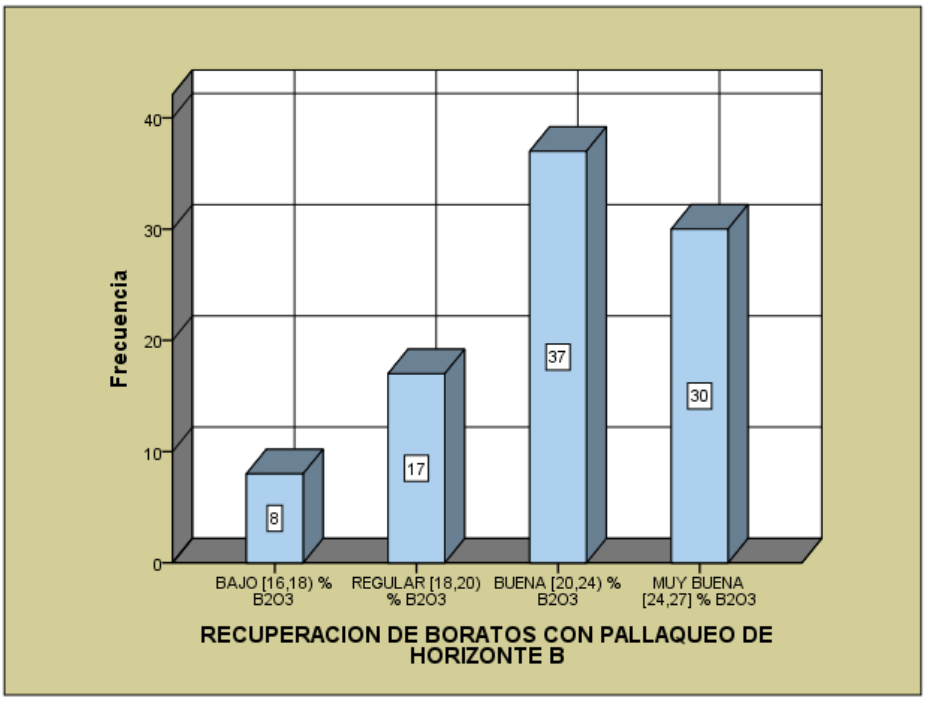


Figura 4.6. Recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B.
Fuente. Elaboración propia.

4.16.6 Recuperación de boratos con pallaqueo en horizonte B.

La recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B conforme se muestra en la Tabla 4.9 y Figura 4.6, 37 datos reales de medidas que representa el 40.2% del total están en [20,24) % de B_2O_3 que nos indica que la recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B es buena, tal como se observa en Foto 4.5 y Foto 4.6.



Foto 4.5. Pallaqueo y reducción de tamaño.
Fuente. Elaboración propia.



Foto 4.6. Recuperación residual - Repaso con recojo de mineral esparcido.
Fuente. Elaboración propia.

4.16.7 Recuperación residual de boratos en plataforma del tajo.

La recuperación residual de boratos consiste en recoger y acumular los boratos que han quedado en la plataforma del tajo, minerales que no han sido recogidos con cargador frontal debido al tamaño del cucharon, aquellos boratos desprendidos en el proceso de carguío a los volquetes, y boratos esparcidos en el proceso de reducción del tamaño en el pallaqueo y trasladados hasta la ruma respectiva.

Estos boratos son acumulados en rumas pequeñas y no son volúmenes grandes sin embargo son acumulados en forma separada y transportados a su área respectiva para el secado y se utiliza en el cabeceo, estos boratos residuales tiene una ley de 16% a 18% de B_2O_3.

Los boratos residuales antes de cargar se le determina su ley por laboratorio para que se destine y registre con una determinada ley en su cancha de secado y en el proceso de secado se incrementa la ley, tal como se observa en Foto 4.6 y Foto 4.7.

Considerando la cantidad de mineral ulexita esparcido en la plataforma del tajo como resultado de la operación de carguío, pallaqueo y reducción de tamaño estos minerales de ulexita son significativos y contribuyen al programa de producción de campaña 2014.



Foto 4.7. Ruma SP y las recuperaciones.
Fuente. Elaboración propia.

4.17 Exposición de resultados de acuerdo a hipótesis 2.

Considerando la Hipótesis 2, el complemento de su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras nos permitirá optimizar la explotación del ulexita para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor S.A.C. se considera sumamente importante la evaluación estadística de la recuperación de boratos de los horizontes A y B de la Unidad Minera Salinas Inkabor S.A.C. Los resultados se observan en Tabla 4.10 y Figura 4.7; Tabla 4.11 y Figura 4.8 respectivamente

4.17.1 Recuperación de boratos con mini excavadora en horizonte A.

En la obtención de los resultados de la recuperación de boratos de potencia angostas con mini excavadora, se ha tomado las medidas en el proceso de arranque de la ulexita en el tajo de producción, posteriormente descargado y depositado en la plataforma del tajo en rumas y algunas veces extendidas.

Las tomas de muestras han sido realizados minuciosamente en las rumas por personal de laboratorio para determinar su ley, para la toma de datos en el presente trabajo de investigación, se ha realizado obteniendo la información de laboratorio en la Unidad Minera Salinas de Inkabor S.A.C.

La característica principal de esta operación de recuperación con mini excavadora es la recuperación de mineral de más alta en calidad de ulexita el mineral extraído se ubica en intervalo de [24.27] % de B_2O_3 mineral de ulexita de alta calidad.

Tabla 4.10. Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A.

RECUPERACION DE BORATOS CON MINIEXCAVADORA DE HORIZONTE A					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	BAJO [16,18) % B_2O_3	2	2,1	2,2	2,2
	REGULAR [18,20) % B_2O_3	7	7,4	7,6	9,8
	BUENA [20,24) % B_2O_3	39	41,5	42,4	52,2
	MUY BUENA [24,27] % B_2O_3	44	46,8	47,8	100,0
	Total	92	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	2	2,1		
Total		94	100,0		

Fuente. Elaboración propia.

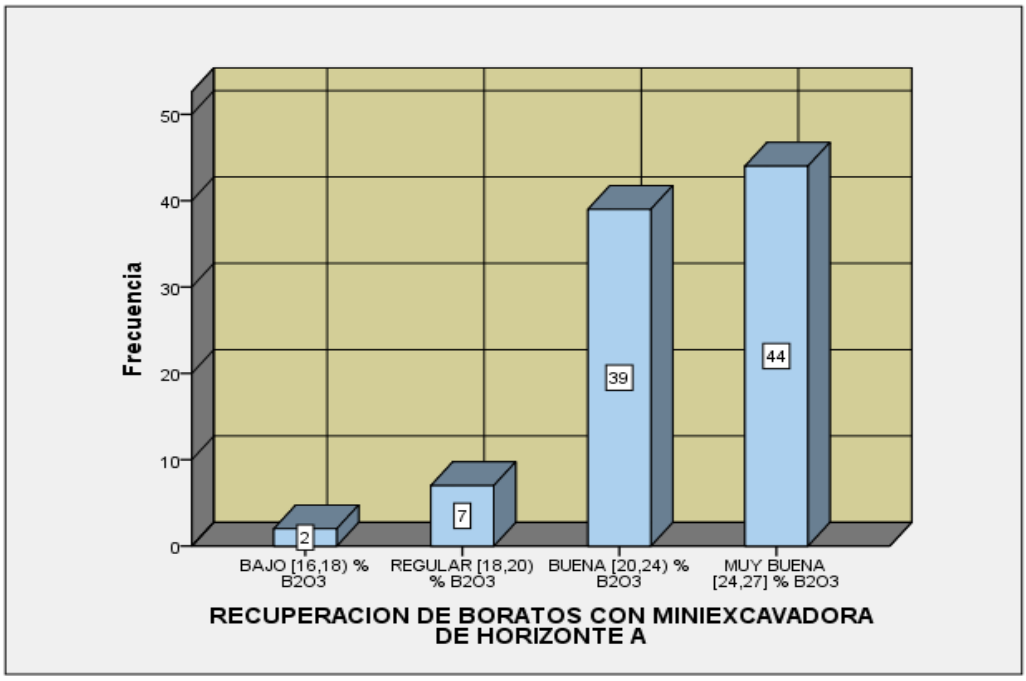


Figura 4.7. Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A.
Fuente. Elaboración propia.

La recuperación de boratos con mini excavadoras de horizonte A tal se observan en la Tabla 4.10 y Figura 4.7, 44 datos reales que representa el 47.8% del total están en [24,27] % de B_2O_3 que nos indica que la recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A es muy buena, 39 datos que representa el 42.4 % se ubican en [20,24) % de B_2O_3 que indican una recuperación buena.

Por las características de la mini excavadora nos permiten realizar una extracción selectiva, la ley de la ulexita está por encima de los valores óptimos 22.22% de B_2O_3, no requieren pallaqueo antes de enviar a la cancha de almacenamiento y secado.

Tabla 4.11. Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte B.

RECUPERACION DE BORATOS CON MINIEXCAVADORA DE HORIZONTE B					
		Frecuencia	Porcentaje	Porcentaje válido	Porcentaje acumulado
Válidos	BAJO [16,18) % B_2O_3	2	2,1	2,2	2,2
	REGULAR [18,20) % B_2O_3	7	7,4	7,6	9,8
	BUENA [20,24) % B_2O_3	36	38,3	39,1	48,9
	MUY BUENA [24,27] % B_2O_3	47	50,0	51,1	100,0
	Total	92	97,9	100,0	
Perdidos	Sistema	2	2,1		
Total		94	100,0		

Fuente. Elaboración propia.

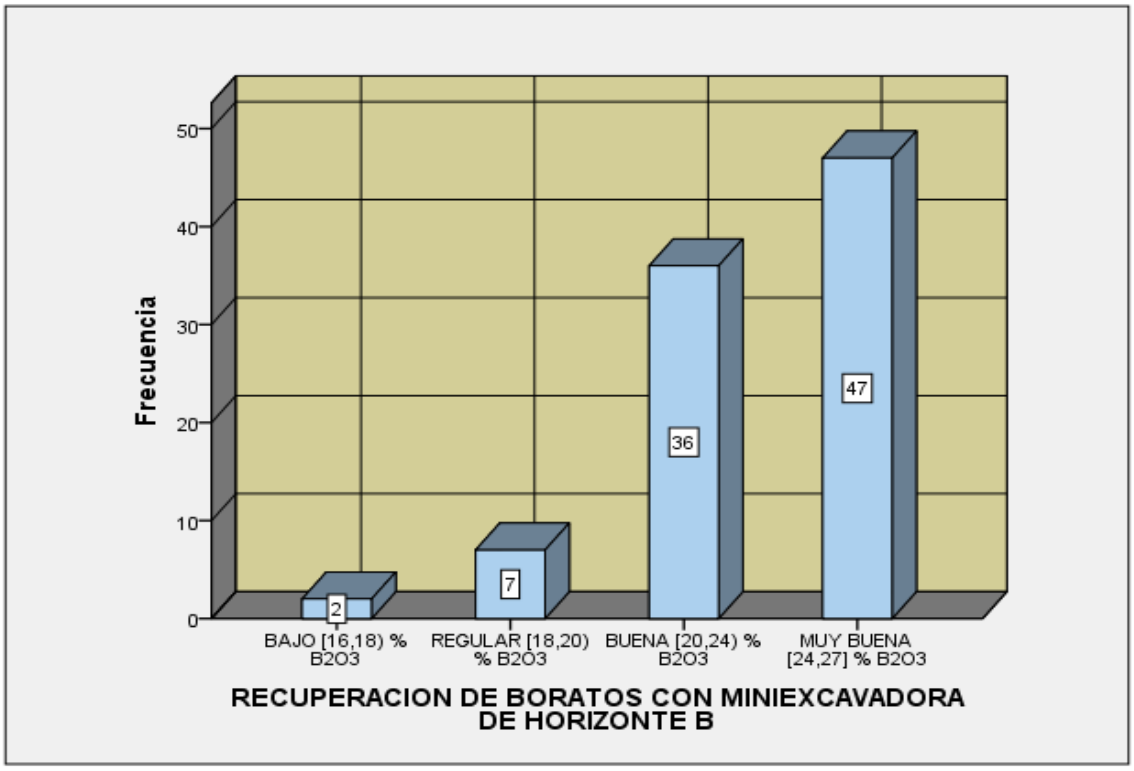


Figura 4.8. Recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte B.
Fuente. Elaboración propia.

4.17.2 Recuperación de boratos con mini excavadora en horizonte B.

De manera similar al horizonte A, la recuperación de boratos con mini excavadoras de horizonte B conforme se muestra en la Tabla 4.11 y Figura 4.8, 47 datos reales que representa el 51.1% del total están en [24,27] % de B_2O_3 que nos indica que la recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte B es muy buena, 36 datos que representa el 39.1 % se ubican en [20,24) % de B_2O_3 que indican una recuperación buena, estos resultados nos indican que la recuperación con mini

excavadora es muy buena y buena en el horizonte B en donde se puede apreciar la selectividad en la extracción de boratos, la ley de la ulexita está por encima de los valores óptimos 22.22% de B_2O_3.

La recuperación de boratos en el horizonte B con mini excavadora no requieren pallaqueo antes de enviar a la cancha de secado en Foto 4.6 se observa que la ulexita es color blanco y se observa pequeñas cubiertas oscuras de arcilla negra y arena volcánica que muy fácilmente se disgrega en el proceso de secado con rayos solares, con la reducción de tamaño con mini excavadora esta arenas volcánicas se disgregan con facilidad con lo cual la ulexita alcanza más alta ley.

La rumas de ulexita acumulados por la mini excavadora en la plataforma del tajo muestran un color blanquecino como muestra de muy buena calidad hay poca presencia de arcillas y las arenas volcánicas en otras palabras casi no hay presencia de impurezas. Tal como se observa en Foto 4.8 y Foto 4.9 respectivamente, en algunos casos aun presentan minerales de más alta ley tal como se observa en foto 4.10 y Foto 4.11 y Foto 4.12.



Foto 4.8 Mineral recuperado con mini excavadora.
Fuente, Elaboración propia.



Foto 4.9. Recuperación selectiva con mini excavadora y rumas en plataforma.
Fuente. Elaboración propia.

Para la determinación de base de datos con el fin de aplicar el software se han recogido las muestras de la plataforma de acumulación de minerales inmediatamente después de que la mini excavadora ha descargado en las rumas y otra cantidad se ha descargado en la plataforma conocido como extendido de mineral ulexita para secado y para el pallaqueo en forma muy esporádica.

4.18 Optimización de recuperación de boratos con mini excavadora.

Los minerales de ulexita en ruma se secan rápidamente por la acción de los rayos solares, esto quiere decir de que va perdiendo el porcentaje de humedad consecuentemente facilita la separación de arcillas negras y la pumicita por lo tanto se incrementa su ley, la ley de mineral de ulexita antes de ser cargado alcanza a 28% de B_2O_3 aproximadamente, además la mini excavadora realiza la reducción de tamaños de ulexita hasta 5 pulgadas de tamaño, el área de geología realiza el muestreo permanente y sistemático antes de ser cargado al volquetes y también mineral cargado en volquetes para destinar a su área respectiva en la cancha de secado de minerales en donde se han dividido las áreas específicas para cada tipo de mineral A,B,C y D, respectivamente. Con la optimización de la recuperación de boratos con mini excavadora se ha logrado obtener minerales de alta ley de 28%

de B_2O_3, 29% de B_2O_3 y de 30% de B_2O_3, tal como se observa en Foto 4.10, Foto 4.11 y Foto 4.12, la calidad de estos minerales alcanzan buenos precios.



Foto 4.10. Ulexita de 29% de B_2O_3 recuperado con mini excavadora.
Fuente. Elaboración propia.



Foto 4.11. Ulexita con 28% de B_2O_3 mostrando geometría del cucharon de mini excavadora.
Fuente-Elaboración propia.



Foto 4.12. Porción de Copo de ulexita con 30% de B_2O_3 recuperado con mini excavadora.
Fuente. Elaboración propia.

4.19 Recuperación de ulexita de las escombreras con mini excavadora.

Las mini excavadoras recuperan los minerales de ulexita de las escombreras es decir mineral ya descartado y depositados en rellenos junto con arcillas negras y pumicita, los lentes de ulexita que se presentan no son recuperados con la excavadora y son depositados como rellenos, si se considera este proceso de recuperación incrementaría el tonelaje de mineral por encima de lo previsto en la campaña de producción de 2014,es decir mayo a 250, 944.52 TM, se da poca importancia de este proceso por la alta gerencia de Inkabor SAC. El proceso de recuperación de ulexita de las escombreras con mini excavadora se observa en Foto 4.13.



Foto 4.13. Recuperación de ulexita de escombreras con mini excavadora.
Fuente, Elaboración propia.

4.20 Tipos de mineral ulexita.

Se ha establecido cuatro tipos de mineral ulexita por el área de planeamiento, ejecutado por operación mina y geología, antes de ser cargado a volquetes adicionalmente también se hacen muestreo de leyes de cada camión por personal de laboratorio para enviar a la cancha de secado y almacenar en el área correspondiente:

- Mineral tipo A.
- Mineral tipo B.
- Mineral tipo C.
- Mineral tipo D.

Cada uno de estos tipos de minerales son descargados en su respectiva cancha de acuerdo al tipo, tal como se puede observar en Figura 4.9

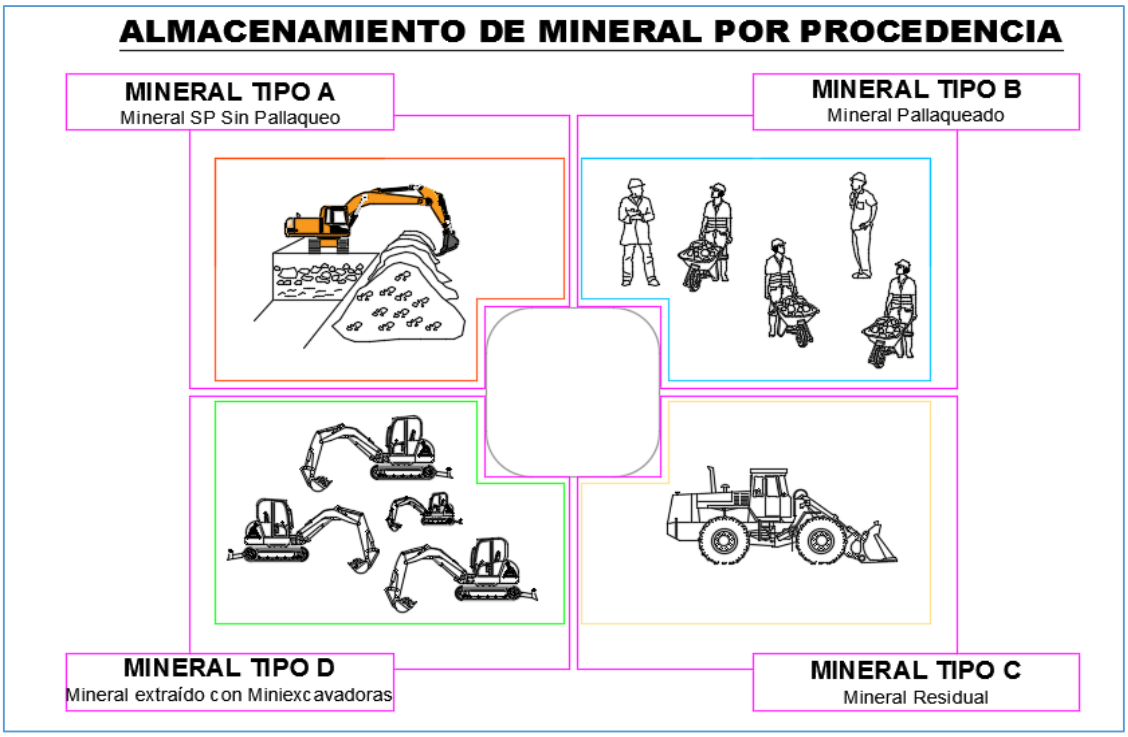


Figura 4.9. Almacenamiento de mineral por procedencia.
Fuente. Elaboración propia.

4.20.1 Mineral tipo A.

Está conformado por los minerales de ulexita extraídos con la excavadora y acumulados en rumas encima de la plataforma del tajo que posteriormente son cargados a volquetes. De acuerdo a las estadísticas mostradas en Tabla 4.6 y Tabla 4.7, Figura 4.3 y Figura 4.4 tiene una recuperación baja de [16,18) % de B_2O_3 y hasta regular de [18,20) % de B_2O_3, de acuerdo a los requerimiento de la planta de Inkabor SAC. Los minerales con estas leyes no son los adecuados, además este tipo de mineral tiene un precio muy bajo en el mercado por lo tanto no es comercial, conforme los estándares de optimización de Inkabor SAC. Requiere mineral de ulexita de 22.22% de B_2O_3. El área de planeamiento ha establecido mineral de tipo A con una ley de 19% a 21% de B_2O_3 aproximadamente, además en este tipo de mineral se incluyen los minerales con leyes bajas menores de 19% de B_2O_3 es decir mineral de muy baja calidad, tal como se observa en Figura 4.9.

4.20.2 Mineral tipo B.

Son los minerales de ulexita recuperados en el proceso de pallaqueo se realiza en el mineral extendido por la excavadora generalmente tiene dos recuperaciones la primera recuperación, la segunda recuperación y al final un repaso de ser necesario

tal como se puede observar en Foto 4.7 en las estadísticas mostradas en Tabla 4.8 y Figura 4.5,Tabla 4.9 y Figura 4.6. La recuperación con pallaqueo es buena con ley en [20,24) % de B_2O_3, muy buena con ley en [24.27] % de B_2O_3, el área de Planeamiento ha establecido una ley de 22% a 24% de B_2O_3 para este tipo de mineral, los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación la ley de mineral se encuentra dentro de los parámetros establecidos por el área de planeamiento ejecutado por operación mina y geología respecto a la calidad de mineral de ulexita, tal como se observa en la Figura 4.5, Figura 4.6 y Figura 4.9.

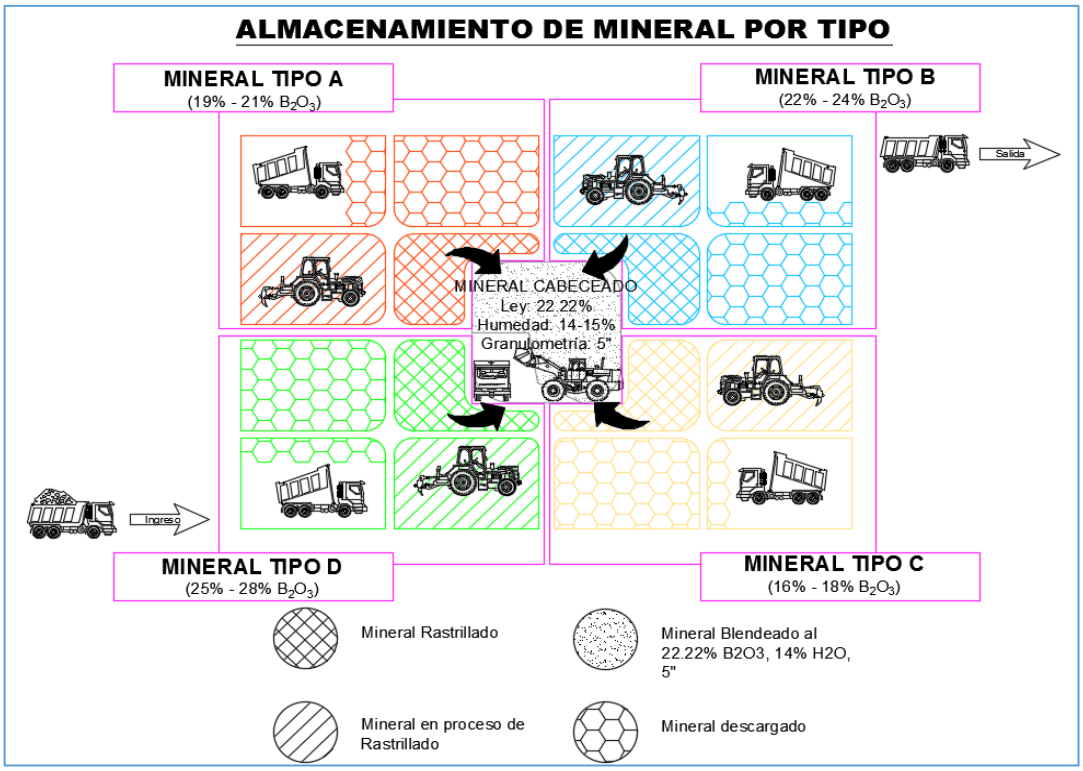


Figura 4.10. Almacenamiento de mineral por tipo y proceso de cabeceo.
Fuente. Elaboración propia.

4.20.3 Mineral tipo C.

El mineral de tipo C está conformado por mineral residual, es el mineral esparcido que no han logrado ser cargados a los volquetes y por minerales que han se han desprendido de volquetes en el proceso de cargado, estos minerales están esparcidos encima de la plataforma de carguío los cuales son acumulados con cargador frontal y acumulados en pequeñas rumas para luego ser transportados a la cancha de secado, el área de geología ha determinado una ley de 16% a 18% de B_2O_3 estos minerales son transportados y almacenados en su área respectiva en la cancha de secado, tal como se observa en Figura 4.9 y Figura 4.10.

4.20.4 Mineral tipo D.

Es el mineral extraído con mini excavadoras, de acuerdo a las estadísticas la recuperación con mini excavadora es muy buena con ley en[24,27] % de B_2O_3 y buena con leyes en [20,24) & de B2O3 tal como se puede observar en Tabla 4.10 y Figura 4.7,Tabla 4.11 y Figura 4.8 respectivamente, el área de geología ha establecido una ley de 25% a 28% de B_2O_3. Los resultados logrados en el trabajo de investigación se encuentran en el rango establecido por el área de planeamiento considerando de que la recuperación con mini excavadora es muy buena, el mineral de tipo D es cargado y transportado a la cancha respectiva establecido exclusivamente para este tipo de mineral tal como se observa en la Figura 4.9.

4.21 Leyes establecidas por área de planeamiento.

El área de planeamiento, ha establecido leyes para cada tipo de mineral considerando que se tiene que alcanzar la ley optima 22.22 % de B_2O_3, ley recomendable sugerido por la planta de Inkabor SAC. Ejecutado por operación mina, geología y laboratorio; se ha considerado muy importante el aporte de cada una de las formas de recuperación de mineral ulexita arrancado en el tajo y colocados en la plataforma del tajo en sus diferentes formas que son el extendido y en rumas:

- Mineral tipo A. de 19% a 21% de B_2O_3.
- Mineral tipo B. de 22% a 24% de B_2O_3.
- Mineral tipo C. de 16% a 18% de B_2O_3.
- Mineral tipo D. de 25% a 28% de B_2O_3.

Considerando que es la primera etapa de recuperación de la ulexita estas leyes pueden fluctuar un punto arriba o un punto abajo es decir el mineral de 18% de B_2O_3 acumulado en rumas con excavadora se considera como mineral de tipo A se han dado casos inclusive con leyes menores de 16% de B_2O_3 son acumulados en rumas como mineral de tipo A con especificaciones técnicas en el volquete que transporta el mineral a la cancha de almacenamiento para el secado respectivo y su posterior cabeceo tal como se observa en Figura 4.10.

4.22 Destino de cuatro tipos de mineral ulexita.

Los cuatro tipos de mineral ulexita extraídos con excavadoras, con mini excavadoras, mineral pallaqueado y mineral residual esparcido, son cargados por

separado con leyes determinadas para cada caso y enviados a la cancha de almacenamiento y secado en donde también son descargados por separado en sus respectivos áreas los cuales son muestreados y analizados en laboratorio para alcanzar la ley óptima en el proceso de cabeceo.

4.23 Reducción de tamaño de mineral.

En la extracción de minerales de horizantes A y B con excavadoras el tamaño de mineral es de 8 pulgadas a 12 pulgadas aproximadamente los cuales son reducidos en el proceso de pallaqueo en primera recuperación a tamaños de 3 a 5 pulgadas aproximadamente en forma manual y repasados en la segunda recuperación. Cuando la extracción se realiza con mini excavadoras este proceso de reducción de tamaño de minerales lo realiza la mini excavadora a un tamaño de 4 pulgadas a 5 pulgadas. Este proceso de reducción se realiza también como complemento en la etapa de secado en cancha con tractor agrícola en el proceso de extendido.

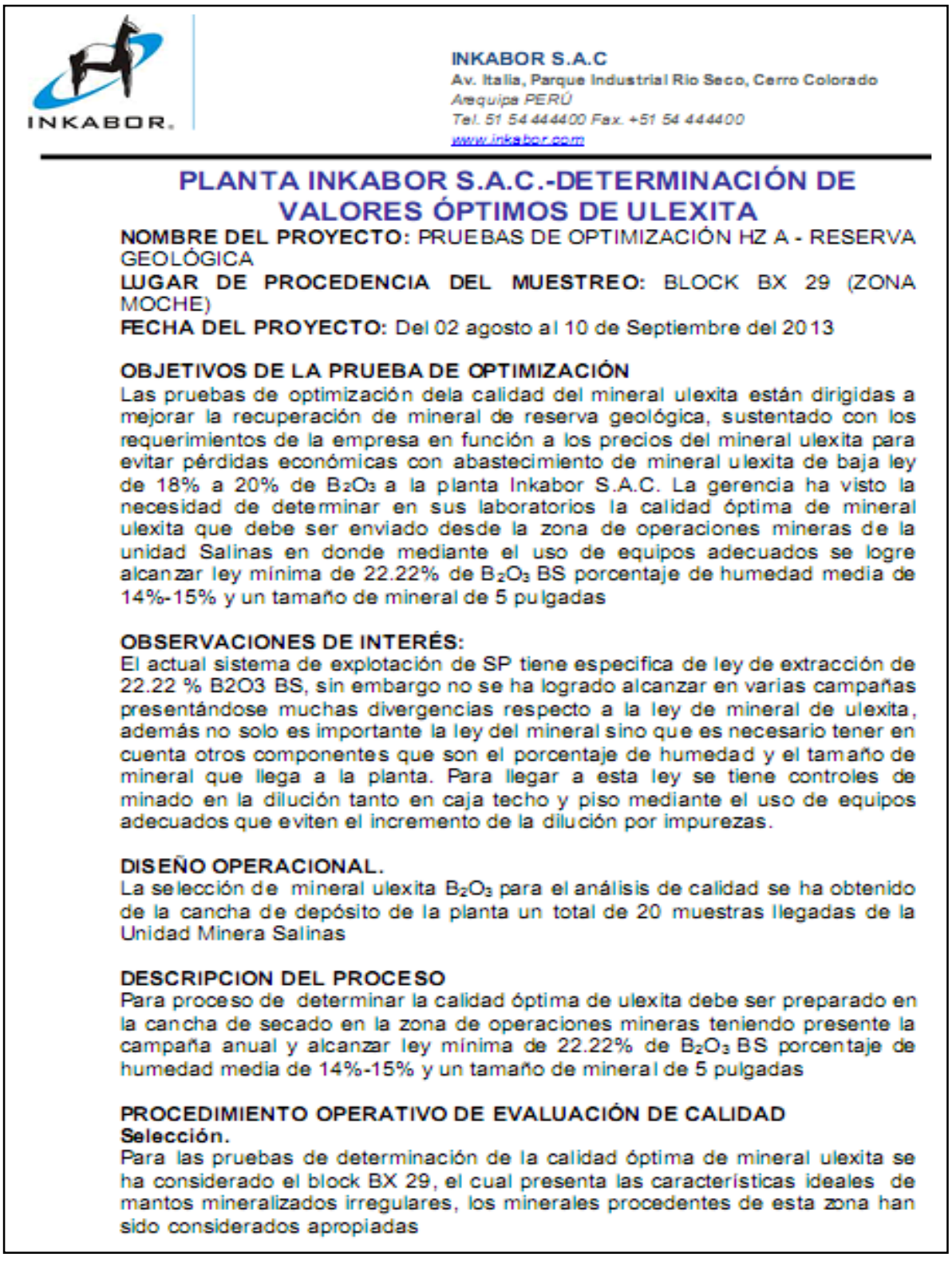
4.24 Almacenamiento de mineral por tipo.

El almacenamiento de mineral procedente de las operaciones de minado se realiza en cada cancha de acuerdo al tipo de mineral en rumas con leyes específicas el muestreo es continuo en cada caso y tipo de mineral a cargo de personal de laboratorio con especificaciones de ley de llegada del tajo para cada volquete tal como se puede observar en la Figura 4.10.

4.25 Determinación de valores óptimos de ulexita de planta Inkabor SAC.

Según Inkabor SAC.(2013), se ha realizado las pruebas de optimización HZA-reserva geológica con los muestreos del block BX 29 zona Moche, con el objetivo de mejorar la recuperación de mineral de reserva geológica, sustentado con los requerimientos de la empresa en función a los precios de mineral ulexita para evitar pérdidas económicas con abastecimiento de mineral ulexita de baja ley de 18% a 20% la empresa sugiere alcanzar al valor óptimo de 22.22% de B_2O_3, porcentaje de humedad media de 14%-15% y tamaño de mineral de 5 pulgadas tal como se observa en el documento de la Figura 4.11, Figura 4.12 Figura 4.13 Figura 4.14 para lograr se ha establecido procedimientos para la producción de ulexita S/P seca de conformidad con las normas de Seguridad Minera y Salud Ocupacional D.S 055-2010 EM. La determinación de valores óptimos se ha realizado con muestras de

zona de Moche. Tal como se muestra en Figura 4.15, Figura 4.16 y Figura 4.17. Estos valores son considerados válidos para todas zonas de Unidad Salinas de Inkabor SAC. Por consiguiente son también válidos para zona de Huito.



INKABOR.

INKABOR S.A.C
Av. Italia, Parque Industrial Rio Seco, Cerro Colorado
Arequipa PERÚ
Tel. 51 54 444400 Fax. +51 54 444400
www.inkabor.com

PLANTA INKABOR S.A.C.-DETERMINACIÓN DE VALORES ÓPTIMOS DE ULEXITA

NOMBRE DEL PROYECTO: PRUEBAS DE OPTIMIZACIÓN HZ A - RESERVA GEOLÓGICA
LUGAR DE PROCEDENCIA DEL MUESTREO: BLOCK BX 29 (ZONA MOCHE)
FECHA DEL PROYECTO: Del 02 agosto al 10 de Septiembre del 2013

OBJETIVOS DE LA PRUEBA DE OPTIMIZACIÓN
Las pruebas de optimización dela calidad del mineral ulexita están dirigidas a mejorar la recuperación de mineral de reserva geológica, sustentado con los requerimientos de la empresa en función a los precios del mineral ulexita para evitar pérdidas económicas con abastecimiento de mineral ulexita de baja ley de 18% a 20% de B_2O_3 a la planta Inkabor S.A.C. La gerencia ha visto la necesidad de determinar en sus laboratorios la calidad óptima de mineral ulexita que debe ser enviado desde la zona de operaciones mineras de la unidad Salinas en donde mediante el uso de equipos adecuados se logre alcanzar ley mínima de 22.22% de B_2O_3 BS porcentaje de humedad media de 14%-15% y un tamaño de mineral de 5 pulgadas

OBSERVACIONES DE INTERÉS:
El actual sistema de explotación de SP tiene especifica de ley de extracción de 22.22 % B2O3 BS, sin embargo no se ha logrado alcanzar en varias campañas presentándose muchas divergencias respecto a la ley de mineral de ulexita, además no solo es importante la ley del mineral sino que es necesario tener en cuenta otros componentes que son el porcentaje de humedad y el tamaño de mineral que llega a la planta. Para llegar a esta ley se tiene controles de minado en la dilución tanto en caja techo y piso mediante el uso de equipos adecuados que eviten el incremento de la dilución por impurezas.

DISEÑO OPERACIONAL.
La selección de mineral ulexita B_2O_3 para el análisis de calidad se ha obtenido de la cancha de depósito de la planta un total de 20 muestras llegadas de la Unidad Minera Salinas

DESCRIPCION DEL PROCESO
Para proceso de determinar la calidad óptima de ulexita debe ser preparado en la cancha de secado en la zona de operaciones mineras teniendo presente la campaña anual y alcanzar ley mínima de 22.22% de B_2O_3 BS porcentaje de humedad media de 14%-15% y un tamaño de mineral de 5 pulgadas

PROCEDIMIENTO OPERATIVO DE EVALUACIÓN DE CALIDAD
Selección.
Para las pruebas de determinación de la calidad óptima de mineral ulexita se ha considerado el block BX 29, el cual presenta las características ideales de mantos mineralizados irregulares, los minerales procedentes de esta zona han sido considerados apropiadas

Figura 4.11. Determinación de valores óptimos de ulexita - planta Inkabor SAC.
Fuente. Inkabor SAC.

INKABOR S.A.C
Av. Italia, Parque Industrial Rio Seco, Cerro Colorado
Arequipa PERÚ
Tel. 51 54 444400 Fax. +51 54 444400
www.inkabor.com

Se obtuvieron de los cuatro tipos de minerales almacenados en la cancha de secado en la zona de operaciones mineras

1. Mineral SP (típico)
2. Primera Recuperación de mineral
3. Segunda Recuperación (de repaso)
4. Mineral de residuo.

Considerando que las operaciones mineras de corte y relleno por transferencia son fundamentales en el proceso de mejora de calidad de mineral ulexita, han sido extraídos y almacenados en la cancha de secado posteriormente enviados a la planta de Inkabor S.A.C.

Extracción de muestras.

La extracción de mineral de mineral requerido para la prueba ha sido al azar del conjunto de mineral llegado a la planta en un total de 20 muestras en diferentes fechas, este conjunto de muestras difieren bastante respecto a la calidad de mineral por loque se considera d vital importancia la determinación de valores óptimos de calidad de mineral ulexita que deben ser alcanzado en la planta de secado de la Unidad Mineras Salinas.

REQUERIMIENTO DE ULEXITA ÓPTIMO PLANTA INKABOR S.A.C CERRO COLORADO AREQUIPA 2013

MINERAL ULEXITA OPTIMO PLANTA INKABOR S.A.C. CERRO COLORADO -2013			
MUESTRA	%B2O3	%HUMEDAD	TAMAÑO B2O3(Pulgadas)
1	20.20	12	7
2	24.25	12	6
3	25.50	15	4
4	20.40	15	3
5	22.50	14	7
6	18.50	13	5
7	24.50	15	4
8	20.20	14	6
9	24.80	13	3
10	20.80	16	5
11	21.20	14	4
12	22.50	15	5
13	21.45	13	6
14	25.30	15	5
15	21.00	14	4
16	22.00	16	8
17	24.20	14	4
18	23.40	15	5
19	21.20	12	6
20	20.50	13	3
PROMEDIO	22.22	14	5

Fuente. Laboratorio Inkabor S.A.C.

Figura 4.12. Determinación de valores óptimos de ulexita - planta Inkabor SAC. Continuación
Fuente. Inkabor SAC.

INKABOR S.A.C
Av. Italia, Parque Industrial Rio Seco, Cerro Colorado
Arequipa PERÚ
Tel. 51 54 444400 Fax. +51 54 444400
www.inkabor.com

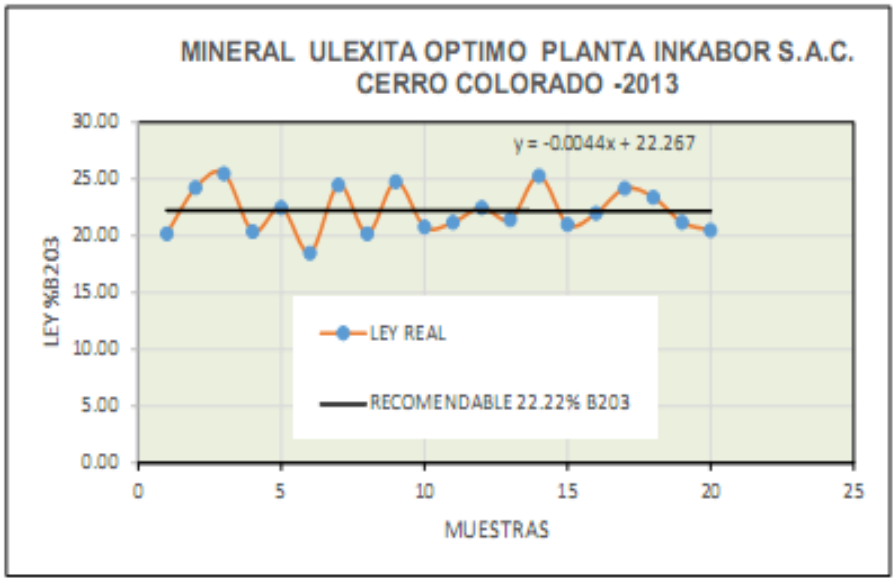


Figura 01. Mineral ulexita óptimo planta Inkabor S.A.C. Cerro colorado-2013

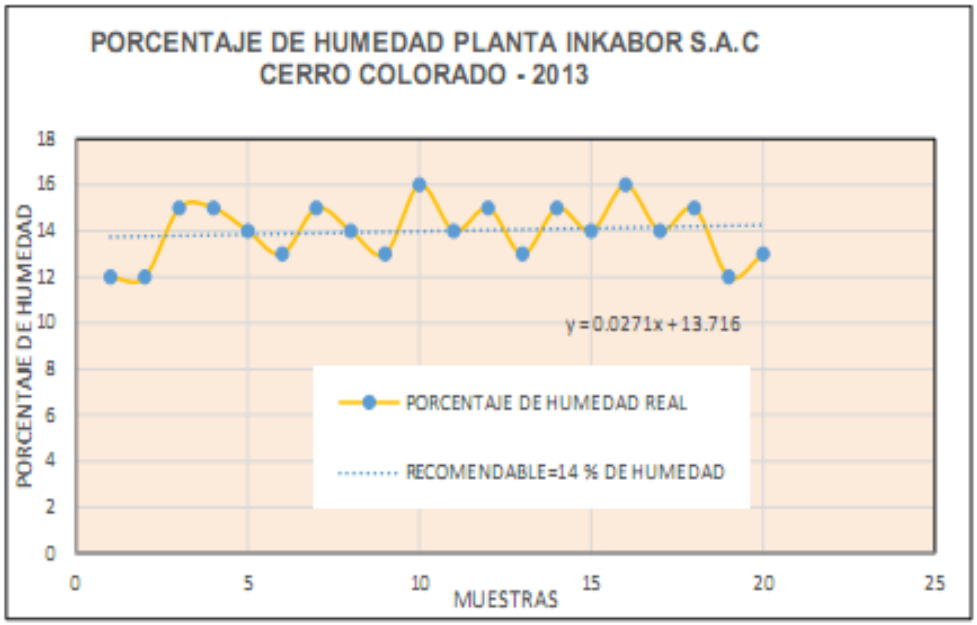


Figura 02. Porcentaje de humedad planta Inkabor S.A.C. Cerro colorado-2013

Figura 4.13. Determinación de valores óptimos de ulexita - planta Inkabor SAC. Continuación
Fuente. Inkabor SAC.

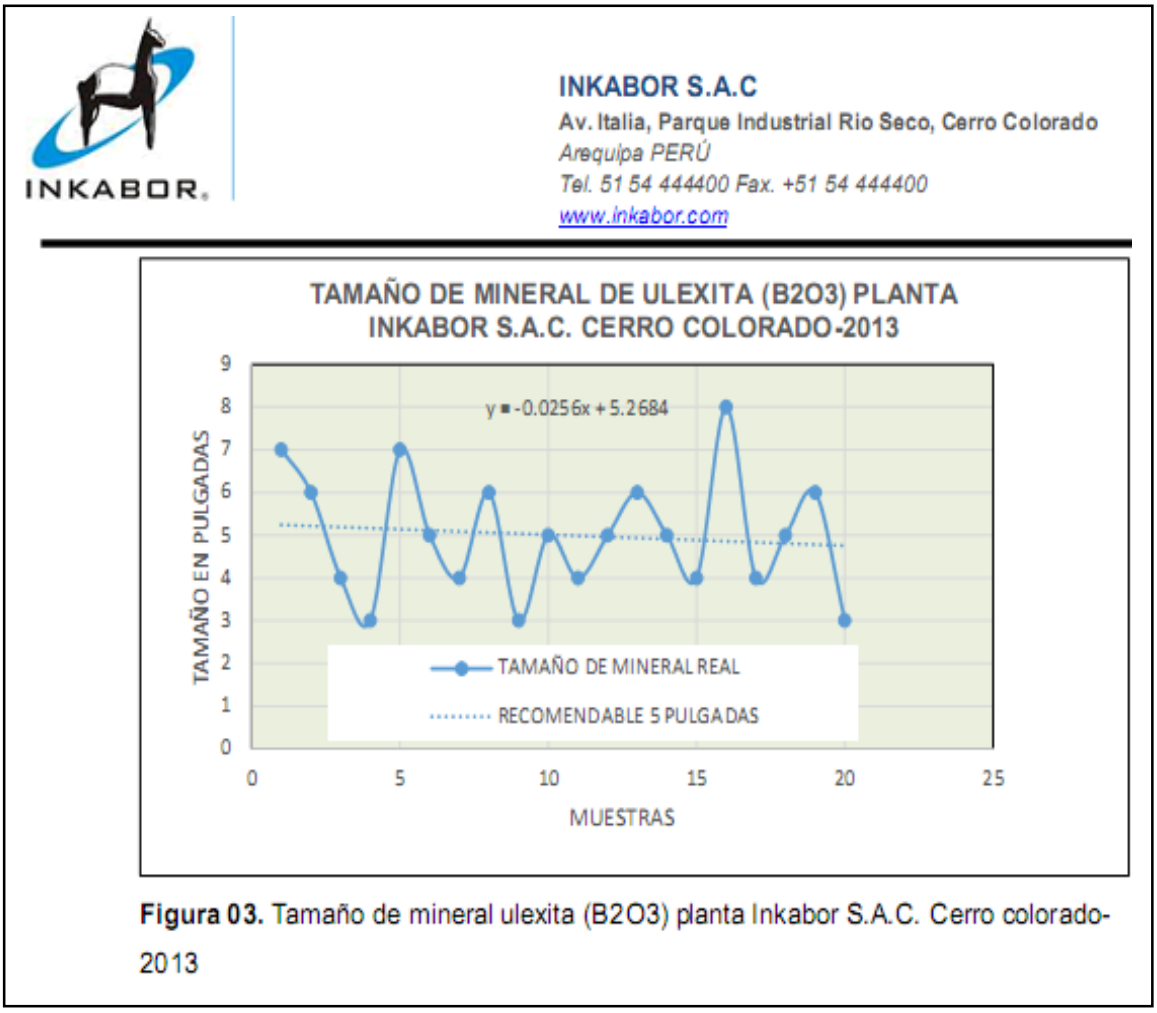


Figura 03. Tamaño de mineral ulexita (B2O3) planta Inkabor S.A.C. Cerro colorado-2013

Figura 4.14. Determinación de valores óptimos de ulexita - planta Inkabor SAC. Continuación
Fuente. Inkabor SAC.

Modelo matemático de optimización. Un modelo matemático es uno de los tipos de modelos científicos que emplea formulismo matemático para expresar relaciones, proposiciones sustantivas de hechos, variables, parámetros, entidades y relaciones entre variables de las operaciones, para estudiar comportamientos de sistemas. En la zona Huito, los horizontes A y B son muy similares a las otras zonas que se ha ejecutado los diferentes campañas, además la alta gerencia ha determinado a través de la planta de Inkabor SAC.se determine los valores óptimos de 22.22% de B2O3 una humedad de 14% 15% y un tamaño de 5 pulgadas

- **Modelo de ley recomendable:** Y=-0.0044X +22.267
- **Modelo de porcentage óptimo de humedad:** Y=0.00271X + 13.716
- **Modelo de tamaño óptimo de mineral:** Y=-0.00256X+5.2684

Las gráficas de los modelos matematicos se observan en Figura 4.12, Figura 4.13, Figura 4.14.

INKABOR.

PRODUCCIÓN DE ULEXITA

PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE ULEXITA S/P SECA

SIG-PRO-EPB-P-001, V-03

F. Aprobación:

COPIA NO CONTROLADA

Pág. 1 de 4

1. OBJETIVO

Definir las actividades y las condiciones controladas bajo las cuales se realiza el proceso de Producción Ulexita S/P seca, con el fin de obtener productos que cumplan las especificaciones técnicas dentro de los estándares de calidad, seguridad y salud ocupacional, medioambiente y comercio seguro de Inkabor.

2. ALCANCE

Desde el ingreso de Ulexita S/P a Canchas de Secado hasta la entrega de producto terminados.

3. RESPONSABLES

- Ing. De Procesos
- Operador de Equipo Pesado
- Operador de Tractor Agrícola
- Control de Calidad
- Balancero
- Chofer de Volquete

4. CONDICIONES / NORMATIVAS

- Norma ISO 9000 / 9001
- Norma OHSAS 18001
- Estándar BASC
- Normativas internas:
- Especificaciones técnicas
- Los insumos, materia prima, al igual que la producción son registrados diariamente en el formato PARTE DIARIO STANDARD SALINAS.
- Todas las actividades se realizaran siguiendo los PETS establecidos

5. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES

5.1. Almacenaje y muestreo

- El mineral S/P transportado de la Mina, es almacenado y clasificado de acuerdo a su grado de pureza (Ley), en las canchas de secado de mineral.
- De manera paralela al almacenaje se realiza el muestreo del mineral recepcionado en canchas con el propósito de llevar un control de las leyes, para su distribución en las canchas y posterior

Figura 4.15. Procedimiento para la producción de ulexita.
Fuente. Inkabor SAC.

PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE ULEXITA S/P SECA

tratamiento (cabeceo). El análisis de la muestra (Base seca, base humedad y contenido de agua) es realizado por Control de Calidad y se registra en el *Formato Reporte de Ley – Extracción*.
El apilado en rumas adyacentes a las canchas de secado es realizado por el **Operador de Equipo Pesado** con ayuda de un Cargador Frontal.

5.2. Extendido en canchas

El mineral almacenado en las rumas de las canchas de secado, con una humedad entre 32 - 38 % de H_2O es extendido de manera uniforme (logrando una altura de 15-20 cm) en la cancha disponible.
El tamaño de los bloques de mineral alcanza entre los 25 a 30 "
El extendido de la ulexita S/P para su posterior secado es realizado por el **Operador de Equipo Pesado** con ayuda de un cargador frontal

5.3. Rastrillado – secado

Posterior al extendido de la Ulexita S/P en la cancha de secado, el **Operador de Equipo Pesado** con ayuda del cargador frontal procede a deshacer los bloques más grandes; con el propósito de reducir el tamaño de los bloques de Ulexita (buscado el menor tamaño posible, aprox 5'') y uniformizar la superficie de mineral extendido para proceder a las operaciones de remoción y rastrillado de canchas.
Remoción del mineral compactado, producto de la presión que realiza el cargador contara el piso para romper los bolones, se realiza la operación de remoción con la ayuda del tractor agrícola provisto de polidisco.
Las operaciones de rastrillado se realizan con el tractor agrícola provisto de una rastra acondicionada con uñas, las cuales mientras se desplazan sobre el mineral abren surcos, volteando y exponiendo hacia el medio ambiente nuevas superficies de Ulexita (*ver **PETS Rastrillado y Secado de Ulexita S/P - PM***).
Con las operaciones repetitivas de rastrillado se logra la reducción de la humedad del mineral extendido hasta lograr una humedad de 14 a 15% de H_20 (*Ver PMS: Producción de Ulexita Molida – PM)*
El tiempo de secado varía dependiendo de la altura (15 a 20 cms) de la capa extendida, y del tiempo de rastrillado, siendo el tiempo promedio de secado de 7 a 9 días.
Tanto las operaciones de deshacer los bloques, la remoción de mineral compactado, el rastrillado de canchas, así como la toma de muestras, están a cargo del **Operador del Tractor agrícola**.

5.4. Recogido de ulexita s/p seca

Una vez alcanzada la humedad entre 14 a 15% de agua, se procede al recogido de la Ulexita de las canchas. Esta operación es realizada con el apoyo del cargador Frontal. **Operador de Equipo Pesado.** Simultaneo al proceso de recojo se deberá tomar muestra para determinar el contenido de $B2O3$ y humedad a cargo del **Operador del Tractor agrícola**.

5.5. Apilado de ulexita S/P seca de canchas hacia stock pile

Con el propósito de acumular el mineral seco para la temporada de lluvias, se recoge y apila el mineral en los extremos inferiores de cada cancha en rumas altas labor que realiza **Operador de Equipo Pesado,** dichas rumas deberán ser sellados para evitar la polución, mediante la aplicación de agua con una motobomba y con la ayuda de un cisterna de agua **Operador del Tractor agrícola.**

Figura 4.16. Procedimiento para la producción de ulexita – continuación.
Fuente. Inkabor SAC.



PRODUCCIÓN DE ULEXITA

PROCEDIMIENTO PARA LA PRODUCCIÓN DE ULEXITA S/P SECA

SIG-PRO-EPB-P-001, V-03

F. Aprobación:

COPIA NO CONTROLADA

Pág. 1 de 4

5.6.1. Muestreo.

- Paralelo a las operaciones de cargulo a los volquetes de transporte externo, se realiza el muestreo de forma manual del producto S/P seco para posteriormente ser enviado a laboratorio de análisis químico para determinar si se cumple con las especificaciones técnicas requeridas (ley , Humedad y granulometría)

- El muestreo es realizado por el **Operador de Equipo Pesado.** y cada muestra corresponde a un lote que representa el total despachado en el día.

5.7. Carguio y despachos de ulexita S/P Seca

Operador de Equipo Pesado la ulexita S/P seca previamente identificado la ruma y autorizado por el Supervisor y/o Jefe Tuno es cargado con la ayuda del cargador frontal directamente a la tolva de los volquetes los cuales previamente han cumplido con los controles de rutina Check list, pesaje (destare) de acuerdo al ***PETS Despacho de Ulexita S/P.***
Una vez completado el carguío al volquete, el mineral cargado es protegido con tolderas para evitar desperdicios del mismo, posteriormente es pesado según las normativas del MTC (peso) y remitido a la Planta de Rio Seco con los registros correspondientes (guías de remisión, etc.)
El volquete debe retornar a canchas para que se le realice un nuevo pesado, si este no esta de acuerdo a lo establecido en las normativas del MTC (peso), regresará a las canchas de secado para el reajuste correspondiente.

Figura 4.17. Procedimiento para la producción de ulexita - continuación.
Fuente. Inkabor SAC.

4.26 Proceso de secado en cancha de almacenamiento.

El secado se realiza en cada cancha por separado el trabajo de extendido es realizado por un tractor agrícola en varias etapas en donde se logra alcanzar una humedad media de 14% a 15% como valores óptimos.

4.27 Cabeceo (blendeo).

El proceso de cabeceo se realiza en la cancha de almacenamiento para lograr alcanzar una ley óptima establecida por la planta de Inkabor SAC. una ley de mineral de 22.22% de B_2O_3, una humedad media de 14% a 15% y tamaño de 5 pulgadas de mineral, que es difícil de alcanzar en el proceso de extracción con las excavadoras, para alcanzar estos valores óptimos en la cancha de secado se hace una combinación de minerales de acuerdo a su procedencia, este proceso está a cargo del área de metalurgia y laboratorio, en este proceso el aporte de mini

excavadoras es muy importante la ley de mineral extraído con mini excavadora está alrededor de 27% a 28% de B_2O_3 una ley más alta en este proceso es decir en cancha de secado este proceso de cabeceo es mecanizado con cargadores frontales, tal como se observa en la Figura 4.10. En campaña 2014 se logró alcanzar a una ley de 22.30% de B_2O_3 por encima de 22.22% de B_2O_3.

4.28 Aporte de diferentes procesos de recuperación en cabeceo.

4.28.1 Aporte de mini excavadoras.

De acuerdo a la determinación de área planeamiento, ejecutado por operación mina y de geología la ley de mineral puesta en cancha de almacenamiento y secado está distribuido en cuatro tipos, Tipo A, Tipo B, Tipo C y Tipo D; de acuerdo a las estadísticas la recuperación con mini excavadora es muy buena con ley en [24,27] % de B_2O_3 y buena con leyes en [20,24) & de B_2O_3 tal como se puede observar en Tabla 4.9 y Figura 4.7,Tabla 4.10 y Figura 4.8 respectivamente.

Los valores obtenidos en el presente trabajo de investigación está dentro del rango de requerimiento por puesto para mini excavadoras, La recuperación con mini excavadoras es mineral de tipo D, de 25% a 28% de B_2O_3 con el proceso de secado la calidad de ulexita mejora, paulatinamente va elevando su ley, considerando la alta ley de 25% 28% de B_2O_3 que aporta la mini excavadora está muy por encima de la ley óptima requerida por la planta de Inkabor SAC.

Si se considera la ley óptima de 22.22% de B_2O_3 la mini excavadora logra alcanzar la ley óptima y sube 3 puntos a 6 puntos más por encima del valor óptimo de Inkabor SAC. Tal como se observa en Foto 4.8, Foto 4.9.

4.28.2 Aporte de excavadoras.

Los aportes que realizan las excavadoras con mineral tipo A. mineral SP (sin pallaqueo de 19% a 21% de B_2O_3, es el aporte más bajo comparando con aporte de mini excavadora es decir mineral de tipo D, este aporte excavadoras es beneficioso en el tonelaje sin embargo no alcanzan a mineral requerido por la planta de Inkabor SAC. Para lograr la optimización referido a la calidad de mineral ulexita se requiere del aporte de mini excavadoras.

4.28.3 Aporte de pallaqueo.

El aporte de pallaqueo con mineral tipo B. de 22% a 24% de B_2O_3 es importante, al ser mezclado con mineral de tipo A de baja ley este último eleva su ley considerando que el aporte de pallaqueo es menor en tonelaje sin embargo su ley de pallaqueo es de 22% a 24% de B_2O_3 lo que nos da a entender de que el pallaqueo si logra alcanzar a ley óptima en la cancha de almacenamiento y secado de mineral.

Su aporte es beneficioso al mineral de tipo A para incrementar su ley, sin embargo mezclando el mineral de tipo A con mineral de tipo B aun así no se logra alcanzar al valor óptimo requerido por la planta de 22.22% de B_2O_3.

4.28.4 Aporte de mineral residual.

Aporte de mineral residual conformado por mineral esparcido en el piso de la plataforma del tajo y fragmentos de ulexita que se han desprendido del proceso de carguío a volquetes estos minerales se acumulan en rumas para posteriormente ser enviado a la cancha de almacenamiento y secado, es decir mineral que ha sido recogido del piso de la plataforma del tajo con cargador frontal y cargado a volquetes es mineral tipo C. de 16% a 18% de B_2O_3 en cuanto a la ley es bajo es mineral no comercial sin embargo su aporte al tonelaje de mineral en producción de la campaña es significativo, tal como se puede observar en la Figura 4.9 y Figura 4.10. Es beneficioso en el incremento de tonelaje de mineral de ulexita más no así a la ley requerida por la planta de Inkabor SAC. En vista que el mineral residual tiene ley mucho menor a la ley 22.22% de B_2O_3.

4.28.5 Incidencia de aporte de mini excavadoras en cabeceo para elevar la ley de ulexita.

La recuperación con excavadoras es el más bajo con ley de 19% a 21% de B_2O_3, el proceso de optimización constituye en elevar esta ley baja hasta lograr alcanzar a una ley de 22-22% de B_2O_3 en la cancha de almacenamiento y secado de minerales de ulexita, en este proceso de optimización el aporte de mini excavadoras es muy importante, con una combinación de mineral tipo A con mineral tipo D se logra elevar la ley de mineral de ulexita en el proceso de cabeceo (blendeo), considerando la recuperación con ambos equipos en tonelaje establecido por el

área de planeamiento operación mina y geología con leyes pre determinados por laboratorio, el aporte de las mini excavadoras es el más importante en el proceso de cabeceo considerando el tonelaje y la alta ley de ulexita con tres puntos encima del mineral óptimo de 22.22% de B_2O_3.

4.29 Optimización de explotación de mineral ulexita con mini excavadoras.

Para la optimización es necesario conocer la meta de la campaña 2014 que se ha logrado una producción de 250,944.52 TM como resultado del aporte de cada uno de los componentes que son:

- Recuperación con excavadoras o mineral extraído con excavadoras, sin pallaqueo SP mineral normal (tipo A)
- Recuperación con personal en forma manual pallaqueo (tipo B),
- Recuperación de mineral residual o mineral esparcido en la plataforma del tajo (tipo C)
- Recuperación con mini excavadoras o mineral extraído con mini excavadoras (tipo D).

Los tipos de minerales han sido explicado en cada caso, del cual se logra determinar que el más óptimo referido a la calidad del mineral ulexita en la zona Huito zona del presente trabajo de investigación es mediante la extracción con mini excavadoras cuya recuperación supera el valor óptimo de 22.22% de B_2O_3 en vista que se logra alcanzar hasta 27% de B_2O_3, y con la exposición al sol en el extendido y en rumas alcanza hasta 28% de B_2O_3 en la plataforma de carguío en la zona de operación minera (plataforma del tajo), este mismo mineral de ulexita en la cancha de secado y con reducción de tamaño supera el 28% de B_2O_3. Conforme las estadísticas logradas en el presente trabajo de investigación la recuperación con mini excavadora es muy buena con ley en [24,27] % de B_2O_3 y buena con leyes en [20,24) & de B_2O_3 tal como se puede observar en Tabla 4.9 y Figura 4.7, Tabla 4.10 y Figura 4.8 respectivamente, estos resultados del presente trabajo de investigación demuestran que se logra la optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para la recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B en la Unidad Salinas Inkabor SAC. Además los resultados

obtenidos se encuentran dentro de los estándares del área de planeamiento que ha establecido una ley de 25% a 28% de B_2O_3 para la rumas con mini excavadoras.

La recuperación de potencias angostas de los horizontes A y B con excavadoras alcanza a un valor de ley bajo en [16,18) % de B_2O_3, estos minerales de ulexita no son comerciales en el mercado por tener una ley baja para elevar la ley de ulexita necesariamente se tiene que aplicar otros métodos como es el pallaqueo, el pallaqueo lo realizan los comuneros a través de un convenio laboral en forma absolutamente manual, la reducción de tamaños lo realizan con picos, lampas, carretillas, rastrillos, en el marco de relaciones comunitarias y responsabilidad social empresarial, la ejecución de esta etapa de recuperación incrementan los costos de operación sin embargo se mantiene este tipo de trabajo manual en cumplimiento al convenio con las comunidades. La optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para la recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B de la zona Huito en la Unidad Salinas inkabor S.A.C de acuerdo a los estándares óptimos de Inkabor SAC, tiene que estar referido a la calidad del mineral ulexita, para incrementar su ley cuando la recuperación con excavadoras es muy bajo respecto al valor óptimo de calidad de mineral de 22.22% de B_2O_3.

En vista de que no hay otros proceso metalúrgicos de elevar la ley de mineral, la reducción de humedad se realiza aprovechando los rayos solares que es el más económico en las condiciones actuales de disponibilidad de recursos e infraestructura minera tanto en la zona de extracción de minerales así como en la cancha de almacenamiento y de secado para luego realizar el cabeceo para lograr el mineral óptimo y comercial para el procesamiento de ulexita en la planta de Inkabor SAC. Es en ese sentido la optimización está referido a la calidad del mineral, el tonelaje de mineral extraído no es tan significativo considerando que se programa para una campaña anual de cuatro meses de operación minera continua en este proceso es posible realizar la extracción con varios equipos simultáneamente en tajos diferentes y de ser necesario incrementar algunas horas de trabajo sin embargo esto no ha sido necesario en el cumplimiento de producción de 250,944.52 TM.

4.30 Beneficio con la optimización con mini excavadoras

4.30.1 Beneficio por 01 TM para cada tipo de mineral

Se ha considerado los rangos de leyes establecidos por área de planeamiento, y ejecutado por operaciones mina y geología.

Tabla 4.12. Rango de leyes por tipo de mineral establecido por planeamiento-geología.

Rangos de Leyes por Tipo (%) de B_2O_3				
Tipo de Mineral	**(%) Desde**	**(%) Hasta**	**Variación en puntos**	**Procedencia**
Tipo C	16	18	3	Recuperación Residual
Tipo A	19	21	3	Excavadoras
Tipo B	22	24	3	Pallaqueros
Tipo D	25	28	4	Mini excavadoras

Fuente. Elaboración propia.

Primeramente se ha realizado un análisis de costos unitarios por 01 TM de B_2O_3 para cada uno de los diferentes tipos de mineral. Se considera la cotización de Boro (327.59 US$/TM), bajo una tasa de cambio de 2.9.

Tabla 4.13 Rentabilidad de acuerdo al tipo de mineral.

	Unidad	Rentabilidad por Tipo de Mineral			
		Tipo A	Tipo B	Tipo C	Tipo D
PRODUCCION DE MINERAL	TM	1.00	1.00	1.00	1.00
LEY DE MINERAL	% B2O3	21.30	23.72	17.93	27.43
PRECIO MINERAL	US$ /TM B2O3 AL 98%	327.59	327.59	327.59	327.59
CANTIDAD DE MINERAL B2O3	TM B2O3 AL 98%	0.21	0.24	0.18	0.27
MINERAL CASTIGADO 10% (BORO FINO).	TM B2O3 AL 98%	0.19	0.21	0.16	0.25
Ingreso Bruto	US$	62.80	69.93	52.86	80.87
Costo Unitario de minado	US$/TM	3.45	22.17	3.63	8.79
Costo Unitario Transporte	US$/TM	44.22	44.22	44.22	44.22
Costo minado	US$	3.45	22.17	3.63	8.79
Costo Transporte	US$	44.22	44.22	44.22	44.22
Ingreso Neto	US$/TM	15.13	3.54	5.01	27.86

Fuente. Elaboración propia.

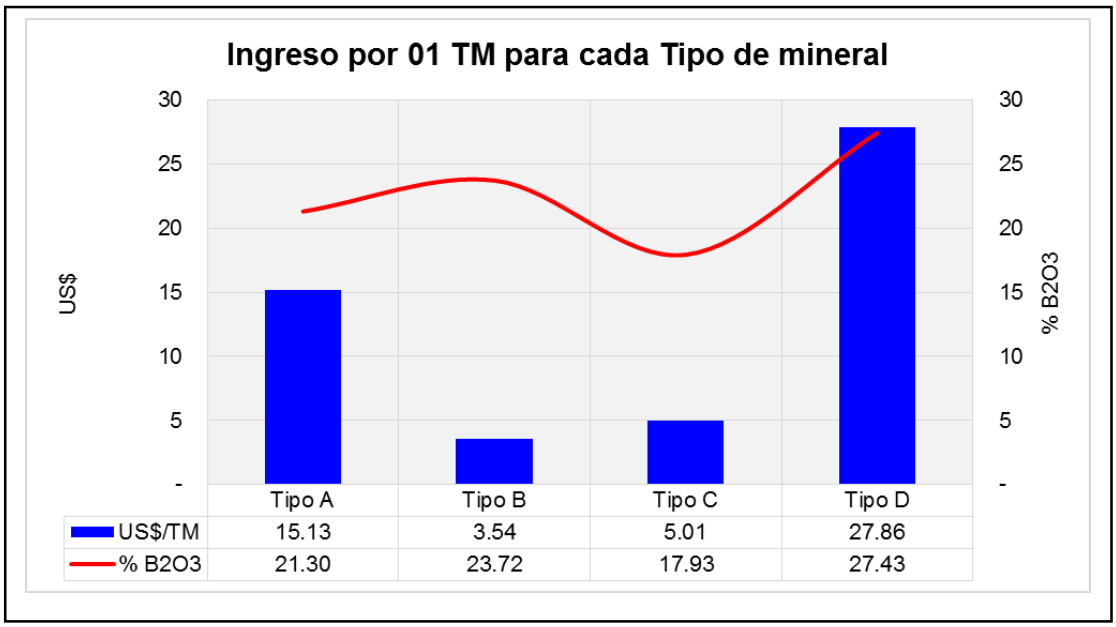


Figura 4.18. Ingreso por 01 TM por tipo de mineral.
Fuente. Elaboración propia.

En la Figura 4.18. Se observa que el mineral más rentable es el Tipo D, éste fue extraído con las mini excavadoras con una ley de 27.43% B_2O_3 aproximadamente y que los tipos B y C son representan los ingresos más bajos.

4.30.2 Límites de rentabilidad por tipo de mineral.

Se tiene cuatro tipos de mineral A, B, C y D y fueron evaluados cada uno de ellos.

Para el tipo de mineral A. Es extraído por las excavadoras con una ley de 20% de B_2O_3 aproximadamente se tiene la siguiente línea de rentabilidad en base a su costo unitario de minado que es de 3.45 US$/TM. La ley limite rentable para este tipo es de 18.05%.Tal como se puede observar en la Figura 4.19.

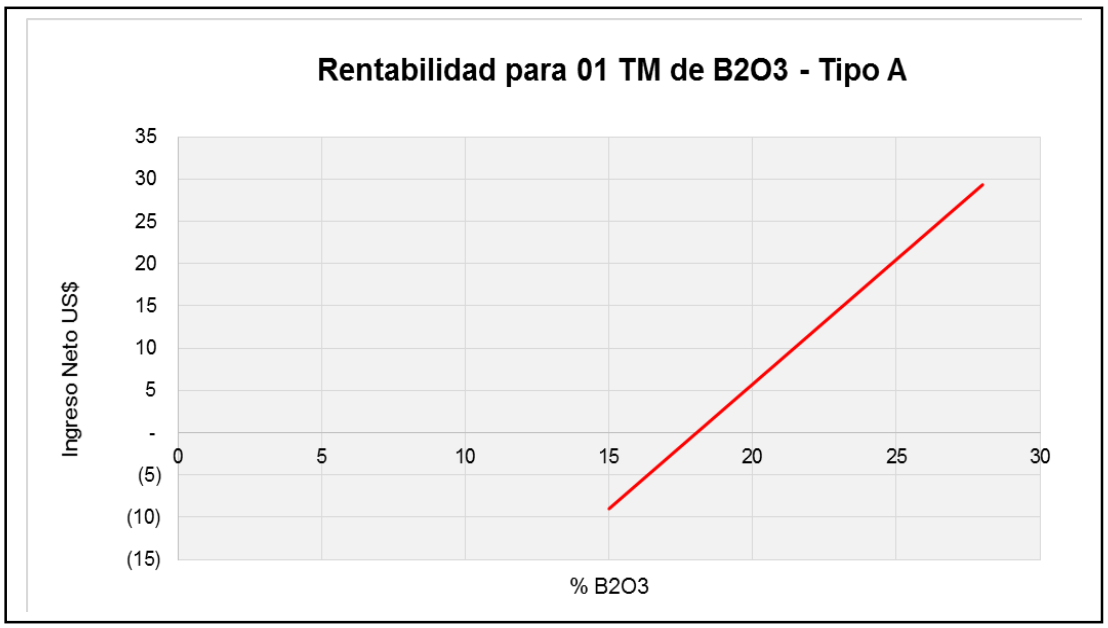


Figura 4.19.Rentabilidad para 01 TM B2O3 – Tipo A.
Fuente.Elaboración propia.

Para el tipo de mineral B. Es extraído por trabajadores denominados pallaqueros con una ley promedio de 23% aproximadamente se tiene la siguiente línea de rentabilidad en base a su costo unitario de minado que es de 22.17 US$/TM. La ley limite rentable para este tipo es de 24.40%.Tal como se observa en Figura 4.20.

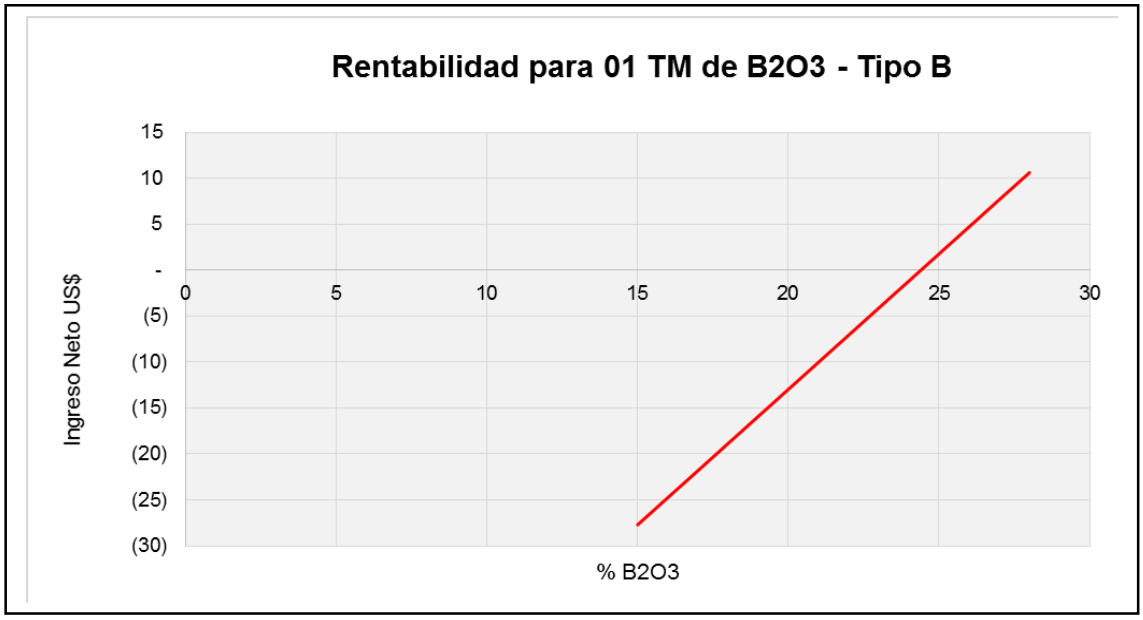


Figura 4.20.Rentabilidad para 01 TM de B_2O_3 – Tipo B.
Fuente.Elaboración propia.

Para el tipo de mineral C. Es recuperado por las mismas excavadoras y también con los cargadores frontales de los pisos de los frentes de carguío con una ley promedio de 17% se tiene la siguiente línea de rentabilidad en base a su costo unitario de minado que es de 3.45 US$/TM.

La ley limite rentable para este tipo es de 18.04%. Este comportamiento de rentabilidad se observa en Figura 4.21.

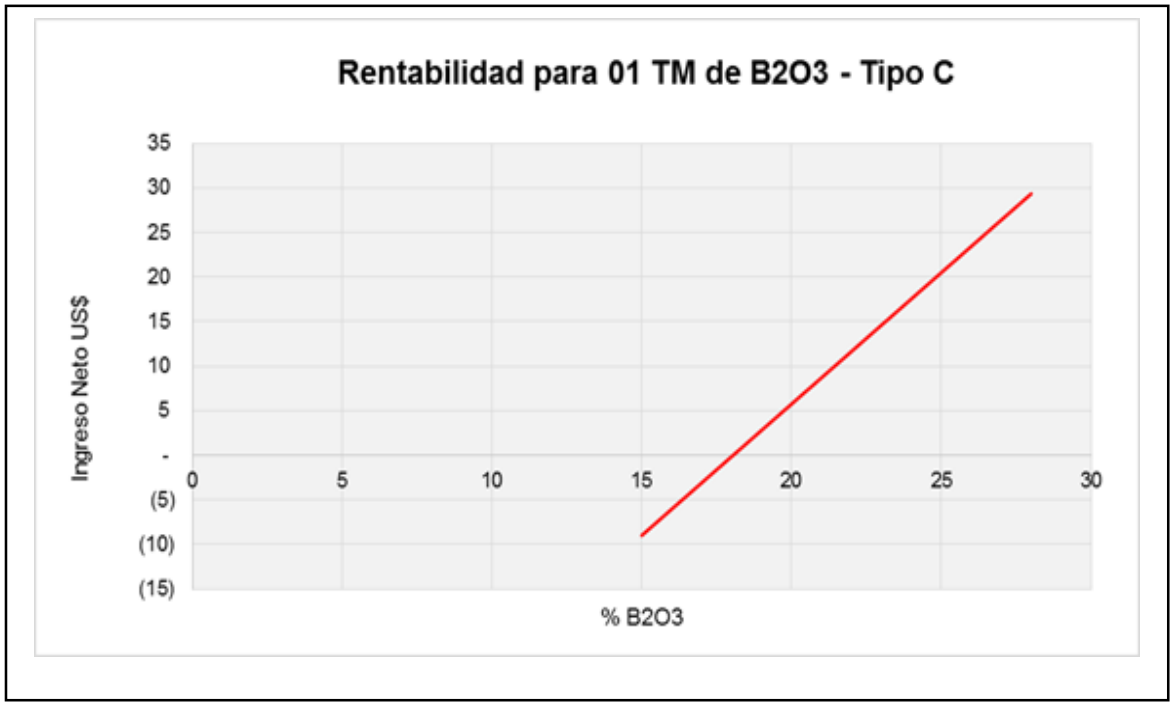


Figura 4.21. Rentabilidad para 01 TM de B_2O_3 – Tipo C.
Fuente.Elaboración propia.

Para el tipo de mineral D. Extraído por las mini excavadoras con una ley promedio de 26.5% se tiene la siguiente línea de rentabilidad en base a su costo unitario de minado que es de 8.79 US$/TM. La ley limite rentable para este tipo es de 19.89%.

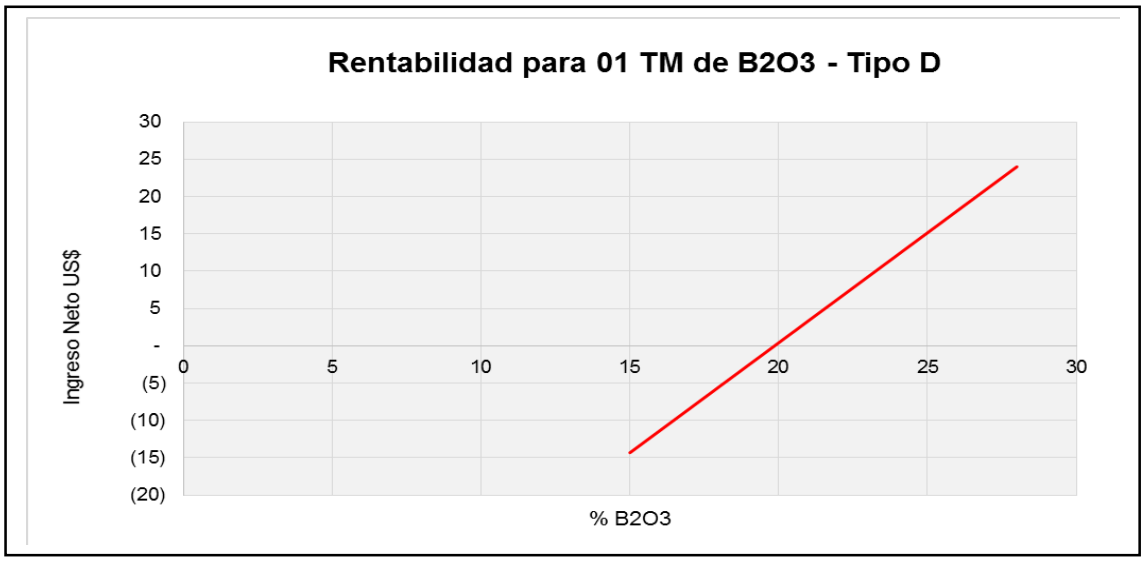


Figura 4.22. Rentabilidad para 01 TM de B_2O_3 – Tipo D.
Fuente.Elaboración propia.

4.30.3 Comparación de ingresos para una producción de 250,944.52 TM (campaña 2014) manual vs mini excavadoras.

Tabla de leyes y tonelajes por tipo de mineral. La Campaña 2014 fue de 250,944.52 TM con una ley de 22.30% B_2O_3. Trabajando con las mini excavadoras logramos cabecear la ley para llegar a 22.30% superando el mínimo de 22.22%. Para el presente costeo se consideró el precio del Boro del 2014 que fue de 327.59 US$/TM, bajo una tasa de cambio de 2.9 del mismo año.

En tabla 4.13 se observa la producción de la campaña 2014 con un tonelaje de 250,944.52 TM y ley ponderada de 22.30% B_2O_3 en donde se ha considerado la extracción de los cuatro tipos de mineral (A, B, C y D).

Tabla 4.14 tonelaje y ley de mineral en campaña 2014.

	Tipo	Campaña 2014		
		TM	% TM	Ley (%)
Producción de mineral SP	Tipo A	198,279.94	79.01%	21.30
Recuperación con Pallaqueros	Tipo B	9,872.25	3.93%	23.72
Recuperación Residual	Tipo C	3,752.12	1.50%	17.93
Recuperación con Mini excavadoras	Tipo D	39,040.21	15.56%	27.43
Total		**250,944.52**	**100.00%**	**22.30**

Fuente Elaboración propia.

En la tabla 4.14 se observa el cuadro comparativo de recuperación con pallaqueros (recuperación manual) y recuperación con mini excavadoras, se extrajeron 9,872.25 TM por el método de recuperación manual y 39,040.21 TM con el método de mini excavadoras con leyes de 23.72% B2O3 y 27.43% B2O3 respectivamente, el costo unitario de minado por el método re recuperación manual es alto debido al alto número de personal que intervienen para esta actividad.

Tabla 4.15 Comparativo Pallaqueros vs Mini excavadoras

Item	Descripción	Unidad	Pallaqueros	Miniexcavadora
1	PRODUCCION DE MINERAL	TM	9,872.25	39,040.21
2	LEY DE MINERAL	% B2O3	23.72	27.43
3	RENDIMIENTO	TM/HR	0.48	6.10
4	PRECIO MINERAL	US$ /TM B2O3 AL 98%	327.59	327.59
5	CANTIDAD DE MINERAL B2O3	TM B2O3 AL 98%	2,341.70	10,708.73
6	MINERAL CASTIGADO 10% (BORO FINO)	TM B2O3 AL 98%	2,107.53	9,637.86
7	**Ingreso Bruto**	**US$**	**690,397.08**	**3,157,228.90**
8	Costo Unitario de minado	US$/TM	22.17	8.79
8	Costo Unitario Transporte	US$/TM	44.22	44.22
10	Costo minado	US$	218,867.78	343,163.45
11	Costo Transporte	US$	436,550.90	1,726,358.09
	Ingreso Neto	**US$**	**34,978.40**	**1,087,707.37**

Fuente: Elaboración propia

4.30.4 Resumen de beneficios logrados

Con las mini excavadoras se logra un ingreso de US$ 1, 087,707.37 y con el método de recuperación manual se obtiene un ingreso de US$ 34,978.40 respectivamente, tal como se observa en Figura siguiente:

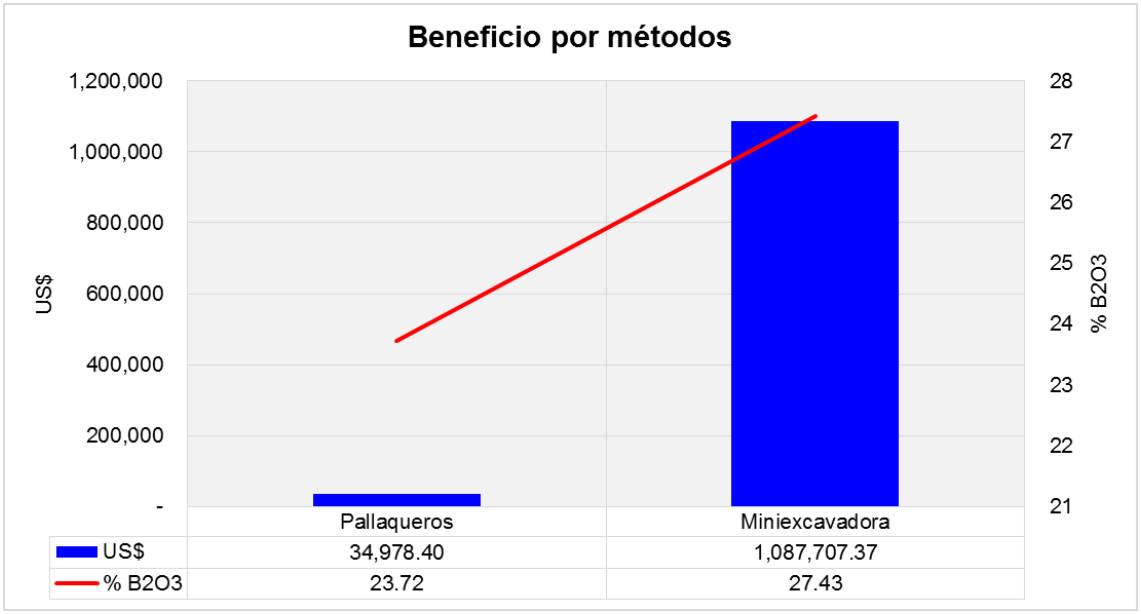


Figura 4.23. Ingreso obtenido por cada método.
Fuente.Elaboración propia.

Se tiene un ingreso adicional de US$ 1,052,728.97 al utilizar la recuperación de mineral con mini excavadoras comparado con la recuperación manual, además el uso de mini excavadoras nos permitirá alcanzar la ley ponderada mínima requerida por planta que es de 22.22% B_2O_3, cabe recalcar que su función principal no es extraer volumen sino “recuperar” lo que significa extraer calidad de mineral es por eso que a pesar de tener un rendimiento de extracción bajo y representar un 15.56% de la producción total (250,944.52 TM).

Las mini excavadoras tienen la capacidad selectiva única para recuperar mineral con una ley promedio de 26.50% B_2O_3 que para un equipo grande significaría extraerlo con una ley promedio de 15% B_2O_3 que normalmente se deposita en la escombrera como desmonte. Se demuestra que trabajando con las mini excavadoras se logra superar la ley mínima requerida por planta de 22.22% B_2O_3 que no se alcanzaría con las otras formas de recuperación.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y APLICACIÓN

5.1 Discusiones.

En las discusiones se toman de referencia el proceso de optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras mediante dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor SAC. Con el trabajo de investigación realizado por Guzmán J.C. (2010), en Artículo científico Sustitución de biomasa en procesos alternativos de tratamiento de ulexita, Programa Nacional de Biomasa centro de información de energías renovables (CINER) Energía & Desarrollo N° 19. La paz – Bolivia, p-30. Mediante una comparación de resultados logrados en cada uno de los trabajos de investigación

5.1.1 Optimización de calidad de ulexita.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación de optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras mediante dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B

para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor SAC.se tiene cuatro tipos de minerales de ulexita establecidos por área de planeamiento:

- Mineral tipo A. de 19% a 21% de B_2O_3.
- Mineral tipo B. de 22% a 24% de B_2O_3.
- Mineral tipo C. de 16% a 18% de B_2O_3.
- Mineral tipo D. de 25% a 28% de B_2O_3.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación obtenidos de la evaluación estadística con la aplicación de software estadístico SPSS de variables independiente y dependiente se ubican en los rangos establecidos por planeamiento tal como se observa en Tabla 4.4, Tabla 4.5, Tabla 4.6, Tabla 4.7, Tabla 4.8, Tabla 4.9, Tabla 4.10 y Tabla 4.11, en donde las mini excavadoras son los más adecuados en la recuperación selectiva de boratos de potencias angostas en los horizontes A y B respectivamente. La recuperación de boratos con mini excavadoras de horizonte A se observan en la Tabla 4.10 y Figura 4.7, 44 datos reales que representa el 47.8% del total están en [24,27] % de B_2O_3 que nos indica que la recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A es muy buena, 39 datos que representa el 42.4 % se ubican en [20,24) % de B_2O_3 que indican una recuperación buena; la recuperación de boratos con excavadoras es bajo, lo que nos evidencia que se debe evaluar los aportes de cada tipo de mineral para alcanzar al mineral optimo propuesto la planta Inkabor SAC.

5.1.2 Aporte de mini excavadoras en el cabeceo.

Considerando los cuatro proceso de recuperación con excavadoras, mini excavadoras, pallaqueo y mineral residual se logra alcanzar a la ley óptima de 22.22% de B_2O_3 requerido por la planta de Inkaor SAC. De la siguiente manera:

- La recuperación con excavadoras es el más bajo con ley de 19% a 21% de B_2O_3, el proceso de optimización constituye en elevar esta ley baja hasta lograr alcanzar a una ley de 22.22%de B_2O_3, en la cancha de almacenamiento y secado de minerales de ulexita, en este proceso de optimización el aporte de mini excavadoras es muy importante, una combinación de mineral tipo A con mineral tipo D se logra elevar la ley de mineral de ulexita en el proceso de cabeceo (blendeo), considerando la producción de ambos equipos en tonelaje. Los aportes que realizan las

excavadoras con mineral tipo A. de 19% a 21% de B_2O_3, es el aporte más bajo comparando con otros aportes conjuntamente con el mineral residual es decir mineral de tipo C de 16% a 18% de B_2O_3.

- El aporte de pallaqueo con mineral tipo B. de 22% a 24% de B_2O_3 es importante, al ser mezclado con mineral de tipo A de baja ley este último eleva su ley considerando que el aporte de pallaqueo es menor en tonelaje sin embargo su ley de pallaqueo es de 22% a 24% de B_2O_3 lo que nos da a entender de que el pallaqueo si logra alcanzar a ley óptima en la cancha de almacenamiento y secado de mineral, su aporte es beneficioso al mineral de tipo A para incrementar su ley, sin embargo mezclando el mineral de tipo A con mineral de tipo B aun así no se logra alcanzar al valor óptimo requerido por la planta de 22.22% de B_2O_3.
- Aporte de mineral residual conformado por mineral esparcido en el piso de la plataforma del tajo y fragmentos de ulexita que se han desprendido del proceso de carguío a volquetes estos minerales se acumulan en rumas para posteriormente ser enviado a la cancha de almacenamiento y secado, es decir mineral que ha sido recogido del piso de la plataforma del tajo con cargador frontal y cargado a volquetes es mineral tipo C. de 16% a 18% de B_2O_3, su aporte al tonelaje de mineral en producción de la campaña es significativo se trata de recojo de mineral que ha quedado como residuo y enviado a la cancha de almacenamiento y secado, tal como se puede observar en la Figura 4.9 y Figura 4.10.
- La recuperación con mini excavadoras es mineral de tipo D, de 25% a 28% de B_2O_3 el mineral ulexita es arrancado en el tajo y puesto en la plataforma del tajo y posteriormente son cargados a los volquetes y transportados a la cancha de almacenamiento para su secado respectivo, con el proceso de secado la calidad de ulexita mejora, paulatinamente va elevando su ley, considerando la alta ley de 25% 28% de B_2O_3 que aporta la mini excavadora está muy por encima de la ley óptima requerida por la planta de Inkabor SAC. Si se considera la ley óptima de 22.22% de B_2O_3 la mini excavadora logra alcanzar la ley óptima y sube 3 puntos a 6 puntos más por encima del valor óptimo de Inkabor SAC. Tal como se observa en Foto 4.8, Foto 4.9 y Foto 4.10.Los resultados obtenidos en la evaluación estadística demuestran que el 47.8% del total están en [24,27] % de B_2O_3 que nos indica que la

recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A es muy buena, 39 datos que representa el 42.4 % se ubican en [20,24) % de B_2O_3 que indican una recuperación buena; los resultados en el horizonte B son similares. Estos resultados fortalecen la propuesta por planeamiento y el aporte más importante de la mini excavadora en la optimización de la calidad de mineral ulexita

5.1.3 Optimización de explotación de mineral ulexita con mini excavadoras.

Para la optimización es necesario conocer la meta de la campaña 2014 la meta es de 250, 000 TM de B_2O_3 sin embargo se ha logrado una producción de 250,944.52 TM con una ley de 22.30 % de B_2O_3, como resultado del aporte de cada uno de los componentes que son:

- Recuperación con excavadoras o mineral extraído con excavadoras, sin pallaqueo SP mineral normal (tipo A).
- Recuperación con personal en forma manual pallaqueo (tipo B).
- Recuperación de mineral residual o mineral esparcido en la plataforma del tajo (tipo C).
- Recuperación con mini excavadoras o mineral extraído con mini excavadoras (tipo D).

Los tipos de minerales han sido explicado en cada caso, del cual se logra determinar que el más óptimo referido a la calidad del mineral ulexita en la zona Huito zona del presente trabajo de investigación es mediante la extracción con mini excavadoras cuya recuperación supera el valor óptimo de 22.22% de B_2O_3 en vista que se logra alcanzar hasta 27% de B_2O_3, y con la exposición al sol en el extendido y en rumas alcanza hasta 28% de B_2O_3 en la plataforma de carguío en la zona de operación minera (plataforma del tajo), este mismo mineral de ulexita en la cancha de secado y con reducción de tamaño supera el 28% de B_2O_3. Conforme las estadísticas logradas en el presente trabajo de investigación la recuperación con mini excavadora es muy buena tal como se puede observar en Tabla 4.10 y Figura 4.7, Tabla 4.11 y Figura 4.8 respectivamente, estos resultados demuestran que se logra la optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para la recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B en la Unidad

Salinas Inkabor SAC. Además los resultados obtenidos tienen un acercamiento real a los estándares del área de planeamiento que ha establecido una ley de 25% a 28% de B_2O_3 para la rumas con mini excavadoras.

La recuperación de potencias angostas de los horizontes A y B con excavadoras alcanza a un valor de ley bajo en [16,18) % de B_2O_3, estos minerales de ulexita no son comerciales en el mercado por tener una ley baja para elevar la ley de ulexita necesariamente se tiene que aplicar otros métodos como es el pallaqueo, el pallaqueo lo realizan los comuneros a través de un convenio laboral en forma absolutamente manual, la reducción de tamaños lo realizan con picos, lampas, carretillas, rastrillos, en el marco de relaciones comunitarias y responsabilidad social empresarial, la ejecución de esta etapa de recuperación incrementan los costos de operación sin embargo se mantiene este tipo de trabajo manual en cumplimiento al convenio con las comunidades.

La Optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para la recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B de la zona Huito en la Unidad Salinas inkabor S.A.C, de acuerdo a los estándares óptimos de Inkabor SAC, tiene que estar referido a la calidad del mineral ulexita, para incrementar su ley cuando la recuperación con excavadoras es muy bajo respecto al valor óptimo de calidad de mineral de 22.22% de B_2O_3, en vista de que no existen otros proceso metalúrgicos de elevar la ley de mineral, la reducción de humedad se realiza aprovechando los rayos solares que es el más económico en las condiciones actuales de disponibilidad de recursos e infraestructura minera tanto en la zona de extracción de minerales así como en la cancha de secado para luego realizar el cabeceo para lograr el mineral óptimo y comercial para el procesamiento de ulexita en la planta de Inkabor SAC.

5.1.4 Ganancias logradas.

En tabla 4.13 se observa la producción de la campaña 2014 con un tonelaje de 250,944.52 TM y ley ponderada de 22.30% B_2O_3 en donde se ha considerado la extracción de los cuatro tipos de mineral (A, B, C y D), sumando un ingreso total de

2, 751,569.97 US$. El ingreso del mineral tipo B está en déficit por su alto costo unitario de minado (22.17 US$TTM) y su baja producción ya que esta representa la contratación de un gran número de personal que está bajo convenio de la comunidad con la empresa, económicamente no es rentable pero dentro de la política de relaciones comunitarias es indispensable para mantener buenas relaciones de convivencia pacífica. Ahora si bien el mineral tipo C también representa un déficit el cual es inherente a la producción de tonelaje para lograr cumplir el tonelaje planificado (meta) y también tener en stock mineral de baja ley para poder cabecearlo. Este Tipo de mineral representa una forma de recuperación ya que proviene de los pisos de los frentes de carguío.

En Tabla 4.14 se observan los cálculos para saber cuánto dejaría de ganar la empresa si no se hacen uso de las mini excavadoras en la extracción boratos de potencias angostas, teniendo en consideración el tonelaje producido (250,944.52 TM). Con las mini excavadoras se logra un ingreso de US$ 1, 087,707.37 y con el método de recuperación manual se obtiene un ingreso de US$ 34,978.40 respectivamente, tal como se observa en Figura 4.24 en donde se muestra el ingreso obtenido por cada método

Se tiene un ingreso adicional de US$ 1,052,728.97 al utilizar la recuperación de mineral con mini excavadoras comparado con la recuperación manual, además el uso de mini excavadoras nos permitirá alcanzar la ley ponderada mínima requerida por planta que es de 22.22% B_2O_3, cabe recalcar que su función principal no es extraer volumen sino “recuperar” lo que significa extraer calidad de mineral es por eso que a pesar de tener un rendimiento de extracción bajo y representar un 15.56% de la producción total (250,944.52 TM).

Las mini excavadoras tienen la capacidad selectiva única para recuperar mineral con una ley promedio de 26.50% B_2O_3 que para un equipo grande significaría extraerlo con una ley promedio de 15% B_2O_3 que normalmente se deposita en la escombrera como desmonte. Se demuestra que trabajando con las mini

excavadoras se logra superar la ley mínima requerida por planta de 22.22% B_2O_3 que no se alcanzaría con las otras formas de recuperación.

5.2 Propuesta de nuevo proceso para el tratamiento de ulexita en Bolivia

Guzmán J.C. (2010), en Artículo científico Sustitución de biomasa en procesos alternativos de tratamiento de ulexita, Programa Nacional de Biomasa centro de información de energías renovables (CINER) Energía & Desarrollo N° 19. La paz – Bolivia, p-30. Menciona: El presente artículo describe la propuesta de un nuevo proceso para el tratamiento de ulexita y esta compilado de un estudio realizado por la consultora Sistemática para el diseño de un proyecto de uso racional de la biomasa contratado por el programa nacional de biomasa (PNB). El argumento central del presente artículo apunta a la factibilidad de un proyecto de sustitución de la biomasa (yareta) que se utiliza como combustible para el procesamiento de la ulexita por otro proceso alternativo que redunda en beneficios económicos y ambientales. La ulexita es un borato que se encuentra normalmente en la región de los salares al Sur Oeste de Potosí y se ha explotado crecientemente en Bolivia desde la década pasada. En la actualidad, se exporta principalmente al Brasil, aunque también a otros países via Chile, siendo también un insumo para la producción de ácido bórico en la zona fronteriza de apacheta. Existen más de 30 empresas de productos químicos en el Brasil, las cuales demandan ulexita como materia prima para la elaboración de productos relacionados con la agricultura, industria de vidrios, esmaltes y otros.

Básicamente el tratamiento corriente de la ulexita consiste en un proceso de deshidratación que permite obtener una determinada ley de borato (40%) que es la que tiene un mercado ya establecido hacia Brasil. La ulexita o boronatrocalcita, que en su forma química simplificada se escribe como $NaCaB_5O_{9.8}\,H_2O$, es sometido a un proceso de deshidratación donde se eliminan 3 de 8 moléculas de agua en hornos que utilizan biomasa como combustible en este caso se utiliza la yareta, una especie arbolífera tipo musgo de alto poder calorífico. En el proceso de deshidratación la ley de B_2O_3 (Oxido de boro), se encuentra desde un 22% - 23% hasta el 40% a partir de los 300°C obtenidos en los hornos por yareta que se usan actualmente de 0.67 kg de yareta por kilo de producto, los yacimientos de ulexita

en Bolivia se encuentran en la ribera de los salares de la región sur oeste del departamento de Potosí.

5.2.1 Opciones de procesos para el tratamiento de ulexita en Bolivia.

Extracción. La extracción de la ulexita se realiza (salvo algunas empresas que introducen maquinaria), con herramientas manuales y con un descaje de 30 cm o más y es de alta pureza. Trozos grandes de ulexita son apilados para que eliminen parte de su humedad, durante al menos una semana. Esto facilita el carguío y el transporte a la planta de tratamiento. En general las opciones existentes para el tratamiento de la ulexita se resumen de la siguiente manera.

- **Secado solar**. El secado solar en playas reduce el contenido de humedad desde el 37% hasta el 10-12 %.La ley resultante siempre en términos de B_2O_3 se incrementa fácilmente del 22-23% hasta el 28-30%.
- **Deshidratación**. Se procesa la ulexita a temperaturas entre 200°C a 300°C, obteniéndose una ulexita con menos moléculas de agua e hidratación (aproximadamente de 3 a 8), la ley que se obtiene para su comercialización en el mercado de exportación más conocido alcanza hasta el 40-43%.
- **Calcinación**. A temperaturas entre 400°C a 500°C se rompe la molécula de ulexita resultando en otro compuesto conocido como probertita.
- **Fundición**. Esta opción implica que prácticamente se llega a B_2O_3 en estado puro, la volatilización sucede a los 800°C requiriendo grandes inversiones, cuya factibilidad habría que evaluar en caso de identificarse un mercado atractivo.

5.2.2 Discusión con los resultados obtenidos en Bolivia.

- La extracción de ulexita en BolivIa tal como se describe, es manual salvo algunas empresas mecanizadas, este proceso se compara con pallaqueo realizado en el presente trabajo de investigación con la extracción manual llegan a obtener el 23-24% de B_2O_3 y con el secado con rayos solares fácilmente llegan a 28-30% de B_2O_3. En el presente trabajo de investigación se alcanza a 22% a 24% de B_2O_3, con el pallaqueo si se compara están casi en los mismos rangos lo que nos indica que con la recuperación manual es posible alcanzar hasta el 24% de B_2O_3.

- La producción de la ulexita en Bolivia no es para consumo nacional o local sino para exportación eso quiere decir que se requiere una ulexita de alta calidad de acuerdo a los requerimientos del mercado internacional especialmente Brasil el primer consumidor de ulexita para su industrialización para ello se requiere ulexita de alta calidad alrededor de 40% de B_2O_3, competitiva en calidad y en precios.
- En el presente trabajo de investigación la operación de minado es mecanizado y se trata de producción de encima de 250,000 TM en cada campaña acompañado de una etapa de pallaqueo que contribuye al elevar la ley de mineral ulexita. En Bolivia la producción es menor considerando que todo es manual desde el arranque hasta la calcinación.
- En el proceso de incremento de la calidad de mineral ulexita en Bolivia está en función al calor, en su primer etapa solo se utiliza los rayos solares y posteriormente para elevar la calidad necesariamente se tiene que hacerse uso de hornos, para este caso utilizan las yaretas como combustible para la deshidratación y calcinación
- En el presente trabajo de investigación con la optimización se logra alcanzar una ley de 22.22% de B_2O_3 y para ello el área de planeamiento establece estándares para cada tipo de mineral, el cual se ha logrado con la optimización con mini excavadoras.
- La ulexita de más alta calidad por encima de 22.30% de B_2O_3, se encarga la planta de Inkabor SAC. De acuerdo a las necesidades empresariales y comerciales.

5.3 Aplicaciones de borato como recurso no metálico y sus aplicaciones.

Al principio del siglo pasado el borato de sodio y el ácido bórico únicamente se usaban con fines farmacéuticos. En la actualidad se utiliza como insumo de muy variada aplicación en una amplia variedad de productos industriales como son:

5.3.1 Cerámica.

- El óxido bórico es un ingrediente esencial para la producción de azulejos cerámicos, losetas y vasijas de barro:

- Reduce significativamente el punto de fusión de fritas cerámica y glaseados borosilicatados.
- Es usado también para el control de la expansión asegurando que el glaseado se adhiera al cuerpo sin romperse o distorsionarse.
- Es usado en el contenido del flujo en piezas de cerámica y niveles de influencias de transparencia.
- Puede ser una alternativa económica para flujos tradicionales.

5.3.2 Fertilizantes y pesticidas.

El boro es considerado un micro nutriente esencial para el crecimiento de las plantas. El uso y la aplicación de fertilizantes boratados, solo uno o en combinación con otros compuestos o fertilizantes NPK, pueden mejorar dramáticamente la calidad del suelo y la producción de la cosecha. Inkabor, mantiene la lenta liberación de los fertilizantes de boro para aplicaciones directamente al suelo 100% boro soluble y para aplicación foliar. Inkabor ofrece una exclusiva línea de fertilizantes con certificación orgánica para cosechas. Los síntomas de la deficiencia de boro son visibles en los puntos de crecimiento de la planta, dando como resultado plantas enanas, deformes, y con pobre formación de semillas (reduce la producción de un cultivo).

También al afectarse la pared celular de los tejidos la planta tiene menor resistencia a factores adversos del entorno. También el ácido bórico es usado como ingrediente activo en la formación de productos pesticidas, generalmente para el control de cucarachas, hormigas, termitas, etc.

5.3.3 Retardarte de flama.

En mezcla con materiales provenientes de celulosa vegetal los boratos cambian la reacción de oxidación y ayudan a la formación de la chambuqueada, inhibiendo la combustión. Reduce la inflamabilidad de los materiales insultantes o térmicos de celulosa, madera y rellenos de algodón. El boro es seguro; químico efectivo retardarte de flama para una serie de productos, sobre todo aquéllos que contienen una base celulosa. También puede usarse en una variedad de otros productos, incluyendo madera, contrachapado, productos textiles, algodón y papel.

5.3.4 Vidrio y fibra de vidrio.

El boro era usado principalmente en fibra de vidrio y vidrio “borosilicatado”. Similar al óxido de sodio, el óxido bórico es una base poderosa con alta resistencia química. El óxido de boro es un esencial componente en la producción de vidrio óptico. Reduce los cambios de temperatura bruscos y mecánicos, incrementando su durabilidad y resistencia química. La resistencia del vidrio al calor es atribuida al óxido bórico que reemplaza el óxido de sodio en la estructura del vidrio, creando una baja expansión termal.

En la industria de fibra de vidrio actúa como reductor de la temperatura de fusión y colabora con el proceso de libreado. El B_2O_3 (óxido de boro) controla la expansión térmica, inhibe la desvitrificación reduce la viscosidad y disminuye la susceptibilidad a los shocks térmicos o mecánicos incrementando la durabilidad y la resistencia química.

5.3.5 Inhibidor de corrosión.

La propiedad de alcalinidad del bórax lo hace útil para prevenir lo corrosión de los metales ferrosos por soluciones acuosas a las cuales generalmente están expuestos. El principal uso del bórax en este campo es probablemente en formulaciones de anticongelantes, en aceites y lubricantes para motores de diferentes máquinas y vehículos.

Las diferentes composiciones del Boro pueden ser usadas como inhibidor corrosivo y anticongelante (mezclado con el glicol etileno en el automóvil refrescan los sistemas del motor), así también en preparaciones, tratamientos térmicos, fluidos hidráulicos, y el tratamiento de productos metálicos después del “pickling”.

5.3.6 Preservante de madera.

Los boratos y ácido bórico son seguros y efectivos para controlar la destrucción de madera por insectos y hongos que atacan la madera, estos pueden ser aplicados en madera de baja o alta densidad en soluciones de diferentes composiciones, dependiendo del tipo de madera y el tipo de insecto u hongo que haya dañado la madera, este material usado con gran importancia en la industria de madera.

5.3.7 En metalurgia.

El boro provee resistencia a las aleaciones metálicas, disuelve los óxidos metálicos recubriendo metales como el cobre, latón plomo y zinc de las escorias o desechos de la fundición. También es usado como aleaciones que reducen los metales previniendo su oxidación, usado en soldadura. El boro se usa como sellador para los metales no-ferrosos y en la producción de acero, en el acero aumentan su dureza. El boro en aluminio, normalmente se agregó como una aleación maestra, elimina las impurezas como los boratos y es particularmente útil en los conductores eléctricos.

5.3.8 Farmacéuticos y cosméticos.

El ácido bórico es reconocido por sus propiedades antisépticas y emulsionantes moderada y por su efecto buffer. Es un componente de ungüentos, talco para pies, lociones de ojos, sales de baño, cremas y champú.

5.3.9 Pesticidas.

El ácido de boro es tóxico para las cucarachas, hormigas, escarabajos, larvas y otros insectos. No es dañino a mamíferos o humanos, permitiendo la fácil aplicación en casi cualquier medio ambiente que sea necesario un pesticida.

5.3.10 Pigmentos.

Muchos compuestos de boro son utilizados como pigmentos, posiblemente el que es mayormente utilizado es el tetraborato de manganeso en la industria de pinturas y barnices. El borato cúprico es también usado como pigmento en la industria cerámica.

CONCLUSIONES.

Considerando el primer objetivo la optimización de explotación de ulexita complementando su extracción mediante el dimensionamiento de potencias angostas de boratos en los horizontes A y B, los resultados en tabla 4.4 y Figura 4.1 sobre dimensionamiento de boratos de horizonte A, se observa que el 54.3% indica potencia amplia de [40,60) cm, el 28.3% es angosto de [20,40) cm , para horizonte B; en Tabla 4.5 y Figura 4.2, el 54.3% indica que son amplios de[40,60) cm, como resultado de análisis estadístico las potencias de horizontes A y B son similares, se ha logrado determinar las dimensiones de los horizontes A y B, son angostas respecto a dimensiones mayores de arcillas negras y pumicita.

Teniendo presente el segundo objetivo los resultados estadísticos sobre recuperación de boratos con mini excavadoras de horizonte A tal se observan en Tabla 4.10 y Figura 4.7, donde el 47.8% indica que la recuperación muy buena, en [24,27) % de B_2O_3, el 42.4 % indica una recuperación buena en [20,24) % de B_2O_3, es una extracción selectiva, la ley de ulexita está por encima de los valores óptimos 22.22% de B_2O_3, la recuperación de boratos con mini excavadoras de horizonte B, se observa en Tabla 4.11 y Figura 4.8, el 51.1% indica recuperación muy buena en [24,27)% de B_2O_3, el 39.1 % indica recuperación buena, es decir la recuperación con mini excavadora es buena y muy buena en el horizonte B comparado con excavadoras que tiene recuperación baja inferior a 19% de B_2O_3, las mini excavadoras con mineral tipo D de 25%-28% de B_2O_3 dan un aporte muy significativo en el cabeceo para alcanzar a la ley óptima de 22.22% de B_2O_3.

La optimización de explotación de ulexita con mini excavadoras ha permitido un ingreso de US$ 1, 087,707.37 y con el método de recuperación manual se obtiene un ingreso de US$ 34,978.40, se tiene un ingreso adicional de US$ 1,052,728.97 el rendimiento de recuperación con mini excavadoras es de 6.10 TM/hr-equipo y con pallaqueros es de 0.48TM/hr-persona, su costo unitario de minado de la mini excavadora es de 8.79US$/TM y de recuperación manual es de 22.17US$/TM, el tonelaje de recuperación con mini excavadoras fue de 39,040.21 TMT con una ley de 27.43% y de recuperación manual fue de 9,872.25 TM con una ley de 23.72%. Las mini excavadoras aportan más y obtienen el mineral de mejor calidad comparada con la recuperación manual que lo realizan los pallaqueros.

RECOMENDACIONES

Se recomienda asignarle un ayudante para la indicación pormenorizada de la potencia en el proceso de arranque de ulexita ya que la determinación de las potencias de boratos en los horizontes A y B es sumamente importante en la optimización de explotación de ulexita, el operador de mini excavadoras debe tener conocimiento sobre estas potencias antes de iniciar el proceso de arranque, en el horizonte A no se ha tenido mayor problema al respecto sin embargo en el horizonte B que se encuentra a una cierta profundidad, el problema es mayor por la poca visibilidad del operador en el tajo en vista de que la mini excavadora está encima del tajo el proceso de arranque de ulexita es en sentido al operador para que la extracción sea selectiva con menos cantidad de material estéril.

Se recomienda este proceso de retiro se debe realizar con excavadoras y preparar varios frentes para que las mini excavadoras pueden extraer con facilidad simultáneamente en varios frentes para lograr con facilidad alcanzar a la producción programada en la campaña 2014 ya que el retiro de la cobertera de arcilla negra y la pumicita se ha realizado con mini excavadoras, se ha observado que este proceso ha requerido mayor tiempo sin embargo con las excavadoras que tienen cucharon de mayor tamaño el tiempo para este proceso ha sido menor.

Se recomienda asignar a los pallaqueros a otras tareas como por ejemplo a los ayudantes de operadores de mini excavadoras con capacitación adecuada para cumplir acuerdos en el marco del convenio con las comunidades y fortalecer las buenas relaciones y la responsabilidad social empresarial. El pallaqueo es una actividad realizada por los comuneros en el marco de convenio establecido sin embargo este proceso no es favorable económicamente a la empresa, en la extracción selectiva las mini excavadoras extraen el mineral ulexita con alta ley conforme los resultados en el presente trabajo de investigación, no requieren de pallaqueo salvo en forma esporádica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Achata V.J. (2001), Informe de trabajo profesional “Explotación de Tajo Abierto de Boro en Mina Salinas”. Universidad Nacional del Altiplano Facultad de Ingeniería de Minas. Puno- Perú.

Andersen, K. (1984). Las Técnicas del Cálculo, 1630-1660. In *Del Cálculo a la Teoría de Conjuntos, 1630-1910. Una introducción histórica*. Alianza Eitorial, S.A., 306, 502.

Ander Egg (2011), Aprender a investigar – Nociones básicas para la investigación social.Primera edición Editorial Brujas. Córdova - Argentina.

Araucano D.E. (2014), texto guía de Minería de no metálicos y minerales industriales Universidad Nacional del Alitplano, Facultad de ingeniería de Minas. Puno – Perú

Angelelli, V., Brodtkorb, M.K. de, Gordillo, C.E. y Gay, H.D., (1983). Las Especies Minerales de la República Argentina. Secretaría de Industria y Minería. Publicación especial, 528 pp.

Aristarain, L., Russansky, J.E. y Schoo Lastra de Walker, M.F., (1977). Ulexita de Sijes, provincia de Salta (Argentina) y características generales de la especie. Obra Centenario. Museo de La Plata, 4:23-47.

Alonso, R.N., (1999). Boratos terciarios de la Puna, Jujuy, Salta y Catamarca. En: Recursos Minerales de la República Argentina (Ed. E.O. Zappettini), Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, Anales 35:1779-1826.Buenos-Aires Argentina.

Alonso, R., Castillo, D. y Rojas, W.R., (2000). El depósito boratífero del salar Diablillos (Salta). Mineralogía y Metalogenia 2000. Instituto de Recursos Minerales, UNLP. Publicación 6:17-24.

Arias F.G.(2006), El proyecto de investigación Introducción a la metodología de investigación científica quinta edición editorial episteme, Caracas Venezuela.

Barnabe, F., (1915). Los yacimientos minerales de la Puna de Atacama. Anales Ministerio Agricultura. Sección Mineralogía y Minería, 10(5).

Bataglia, R.R. y Alonso, R.N., (1992). Geología y minería de ulexita en el grupo minero Maggie, salar Centenario, Salta. 4° Congreso Nacional de Geología Económica: 241-252.

Bascope Moreno Rodolfo (2000). “Ulexita, beneficio y transformación de minerales no metálicos para la industria química”.

Bunge, M. (1978). La ciencia, su método y filosofía. Editorial Siglo XX. Buenos Aires.

Catalano, L.R., (1927). Geología química de los boratos. Formación de las cuencas y características generales de la superficie de los salares, Puna de Atacama. Dirección General Minería, Geología e Hidrología. Publicación 28.

Cia. Minera Ubinas SAC. (2003), Informe de trabajo “Leyes Futuras de Explotación de de B2O3 en Operaciones Mineras de Mina Salinas.” Arequipa-Perú.

Chuquiruna W. (2010), Yacimientos no metálicos, Texto guia de la Universidad Nacional de Cajamarca, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Geológica. Cajamarca - Perú.

Eguiluz V.N.D..(2013), tesis “Aspectos generales y ocurrencia de mineralización en sector de la zona este del yacimiento boratifero – laguna salinas” de la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Geología Geofísica y Minas, Escuela Profesional de Ingeniería Geológica. Arequipa. Perú.

Flores H.R. y Tinte María de los Á. (2008), Cálculo del Costo Comparativo de la Obtención de Concentrados de Boratos de la Universidad Nacional de Salta,

Facultad de Ingeniería, Instituto de Beneficio de Minerales (INBEMI), CONICET, Instituto de Investigación para la Industria Química (INIQUI), Información Tecnológica Vol. 19(3), 3-6 (2008) doi:10.1612/inf.tecnol.3888it.07.

Garcés I.,Chong G.(1993), Minerales de boro de Yacimientos Chilenos, características, usos, mercado y aplicaciones, Departamento de Ingeniería Química, Universidad de Antofagasta, Departamento de Geología, Universidad Católica del Norte, Antofagasta, Chile. Innovación Año 6, Mayo 1993, pp.23-36.

Gómez Y.M. (2013), Modelo de optimización en planificación minera a cielo abierto Instituto de Ingenieros de Minas del Perú 31 Convención minera Lima-Perú.

Gutiérrez C., J. E.(2014), tesis,"Proyecto de Inversión: Planta de Procesamiento y Comercialización de Ladrillos Ecológicos, producidos con barros residuales provenientes de la producción de boratos a partir de Ulexita" de la Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Escuela de Ingeniería Industrial, Córdova Argentina.

Guzmán J.C. (2010) Artículo científico Sustitución de biomasa en procesos alternativos de tratamiento de ulexita, Programa Nacional de Biomasa centro de información de energías renovables (CINER) Energía & Desarrollo N° 19. La paz – Bolivia, p-30

Hernández S., R., Fernández C., C. y Pilar Baptista L.(2000). Metodología de la investigación. 2ª edición. McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A Mexico.

Inkabor SAC (2013), Informe Anual Laguna Salinas Departamento de Geología Arquipa-Perú.

Maksaev V. (2001),GL 54A Metalogénesis - texto universitario ; Semestre de Primavera 2001 de la Universidad de Chile

Ros M.A.(2009),El Boro, Recopilación de estudios sobre el boro. Universidad Politécnica de Cartagena, Murcia-España.

Sucapuca A.M. (2002). “Laguna Salinas (Arequipa-Perú) y su relación con los Depósitos Boratíferos Sudamericanos”.

Torres B. C. (1999). “Orientaciones básicas de metodología de la investigación científica. 4ta ed. Editorial San Marcos”.

Valentina Ch., Gonzalo C. (2010). Optimización en minería GEM Gestión y Economía Minera Ltda.perspectiva N°10- Chile.

Villasante S.F.E, Ramos C.A. (2010) Estadística descriptiva con SPSS para Windws Edit UNA. Puno-Perú.

LINKOGRAFÍA

https://issuu.com/antonioros/docs/recopilaci__n_de_estudios_sobre_el_
http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/comunicacion/seminarionuevastecnologias/wp-content/uploads/2015/06/01_Planteo-del-problema-SI.pdf
http://www.ine.cl/canales/menu/publicaciones/estudios_y_documentos/estudios/mineriaricayparinacota_11.pdf
http://es.slideshare.net/ARMXXX/recopilacin-de-estudios-sobre-el-boro
http://es.slideshare.net/MarcosNegreteggg/boro21
http://es.slideshare.net/fer_calvario/bario-46234638
http://es.slideshare.net/andrymatudiaz/el-boro-elemento-qumico
http://es.slideshare.net/Nat_Ortiz/efectos-de-la-deficiencia-en-boro-sobre-el-contenido-de-fenoles-y-poliaminas-en-plantas-de-tabaco-cultivadas-con-nitrato
http://es.slideshare.net/guest453b5b/deficiencia-de-boro
http://www.unsam.edu.ar/publicaciones/tapas/cyted/parte5.pdf
http://ama.gl.fcen.uba.ar/files/8113/4421/3710/CLASE_6.pdf
http://www.joseluismesarueda.com/documents/PDF_011.pdf.
https://perspectivagem.files.wordpress.com/2015/07/persp10-julio15.pdf
https://espanol.answers.yahoo.com/question/index?qid=20110402180841AADaPTe

MATRIZ DE CONSISTENCIA.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES
General:	**General:**	**General:**	
¿Cómo se puede optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras mediante dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor?.	Optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras mediante el dimensionamiento de potencias angostas de boratos para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.	El dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B nos permitirá optimizar la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.	**Variable Independiente** Dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para optimizar la explotación de ulexita. **Variable dependiente** Optimización de la explotación de ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor. **Metodologia** **1.Tipo de Investigación:** Descriptiva Explicativa **2.Nivel de Investigación**: Micro **3.Muestra :** Datos de campo **4.Técnicas:** • Recolección de datos del campo • Sistematización de mediciones • Análisis de resultados.
Específico:	**Específico:**	**Específico:**	
¿Cómo se puede optimizar la explotación del ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia mediante dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor?. ¿Cómo se puede optimizar la explotación del ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor?.	Optimizar la explotación del mineral ulexita complementando su extracción mediante el dimensionamiento de potencias angostas de boratos en los horizontes A y B en la Unidad Salinas Inkabor. Optimizar la explotación del mineral ulexita complementando su extracción con mini excavadora para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.	El dimensionamiento y recuperación de potencias angostas de boratos presentes en los horizontes A y B nos permitirá optimizar la explotación del ulexita complementando su extracción de corte y relleno por transferencia para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor. El complemento de su extracción de corte y relleno por transferencia con mini excavadoras nos permitirá optimizar la explotación del ulexita para incrementar la ley en la Unidad Salinas Inkabor.	

ANEXOS

ANEXO 1: TABLAS

Tabla N° 01. Estadística de dimensionamiento de boratos de horizonte A.

ESTADÍSTICA DE DIMENSIONAMIENTO DE BORATOS DE HORIZONTE A		
N	Válidos	92
	Perdidos	2
Media		2,83
Mediana		3,00
Moda		3
Desv. típ.		,705
Varianza		,497
Rango		3
Mínimo		1
Máximo		4

Fuente.Elaboración propia.

Tabla N° 02. Estadística de dimensionamiento de boratos de horizonte B.

ESTADÍSTICA DE DIMENSIONAMIENTO DE BORATOS DE HORIZONTE B		
N	Válidos	92
	Perdidos	2
Media		2,55
Mediana		3,00
Moda		3
Desv. típ.		,669
Varianza		,448
Rango		3
Mínimo		1
Máximo		4

Fuente.Elaboración propia.

Tabla N° 03. Estadística de recuperación de boratos con excavadora de horizonte A.

ESTADÍSTICA DE RECUPERACION DE BORATOS CON EXCAVADORA DE HORIZONTE A		
N	Válidos	92
	Perdidos	2
Media		1,72
Mediana		2,00
Moda		1
Desv. típ.		,731
Varianza		,535
Rango		3
Mínimo		1
Máximo		4

Fuente.Elaboración propia.

Tabla N° 04. Estadística de recuperación de boratos con excavadora de horizonte B.

ESTADÍSTICA DE RECUPERACION DE BORATOS CON EXCAVADORA DE HORIZONTE B		
N	Válidos	92
	Perdidos	2
Media		1,83
Mediana		2,00
Moda		1
Desv. típ.		,833
Varianza		,695
Rango		3
Mínimo		1
Máximo		4

Fuente.Elaboración propia.

Tabla N° 05. Estadística de recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte A.

ESTADÍSTICA DE RECUPERACION DE BORATOS CON PALLAQUEO DE HORIZONTE A		
N	Válidos	92
	Perdidos	2
Media		2,92
Mediana		3,00
Moda		3
Desv. típ.		,940
Varianza		,884
Rango		3
Mínimo		1
Máximo		4

Fuente.Elaboración propia.

Tabla N° 06. Estadística de recuperación de boratos con pallaqueo de horizonte B.

ESTADÍSTICA DE RECUPERACION DE BORATOS CON PALLAQUEO DE HORIZONTE B		
N	Válidos	92
	Perdidos	2
Media		2,97
Mediana		3,00
Moda		3
Desv. típ.		,931
Varianza		,867
Rango		3
Mínimo		1
Máximo		4

Fuente.Elaboración propia.

Tabla N° 07. Estadística de recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte A.

ESTADÍSTICA DE RECUPERACION DE BORATOS CON MINIEXCAVADORA DE HORIZONTE A		
N	Válidos	92
	Perdidos	2
Media		3,23
Mediana		3,00
Moda		3
Desv. típ.		,743
Varianza		,552
Rango		3
Mínimo		1
Máximo		4

Fuente.Elaboración propia.

Tabla N° 08. Estadística de recuperación de boratos con mini excavadora de horizonte B.

ESTADÍSTICA DERECUPERACION DE BORATOS CON MINIEXCAVADORA DE HORIZONTE B		
N	Válidos	92
	Perdidos	2
Media		3,21
Mediana		3,00
Moda		3
Desv. típ.		,734
Varianza		,539
Rango		3
Mínimo		1
Máximo		4

Fuente.Elaboración propia.

ANEXO 2: FOTOS



Foto N° 01. Avance de recuperación-nivelación en mini excavadora.
Fuente.Elaboración propia.

ANEXO 3: CICLO DE MINADO

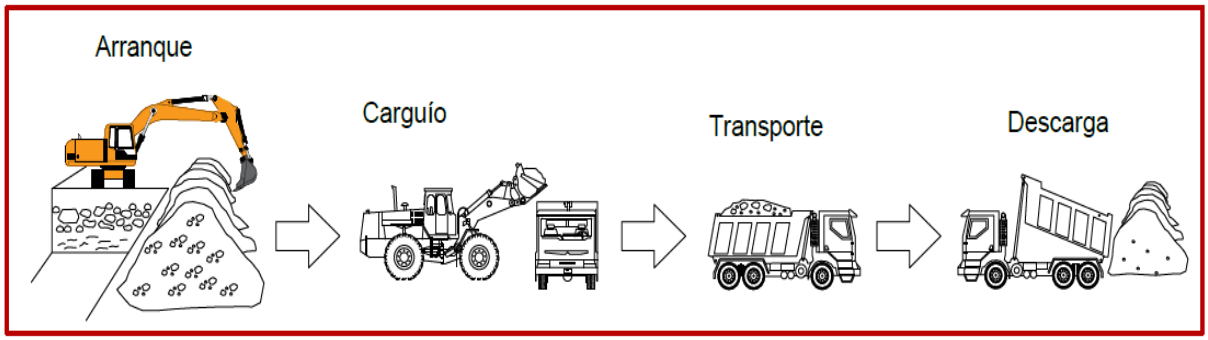


Figura N° 01. Ciclo de minado
Fuente.Elaboración propia.

ANEXO 4: RENDIMIENTO DE MINIEXCAVADORA

Es importante conocer la eficiencia de un equipo para poder medir resultados, para este propósito se ha tomado los indicadores más importantes para evaluar el rendimiento de las miniexcavadoras. Un indicador de rendimiento importante es la tasa de excavación el cual es la relación entre las toneladas nominales cargadas y el tiempo de carguío, por ser un material suave el factor de llenado del cucharon de una miniexcavadora alcanza el 100%, se considera también una eficiencia de 90%.

$$Tasa\ de\ excavación\ (^{tm}/_{h}) = \frac{tonelaje\ nominal}{tiempo\ de\ carguío}$$

En la siguiente tabla se muestra los detalles de rendimiento de las mini excavadoras en función a las horas totales trabajadas, toneladas totales producidas y días de producción durante la campaña 2014 en zona Huito.

Tabla N° 09. Rendimiento de mini excavadoras.

	Miniexcavadora 1	Miniexcavadora 2	Miniexcavadora 3	Miniexcavadora 4
Horas T.	1,585	1,624	1,523	1,687
TM	9,118.14	10,635.42	10,414.36	8,872.32
TM/Hr.	5.75	6.55	6.84	5.26
Nº Dias	77.00	76.00	78.00	74.00

Fuente.Elaboración propia.

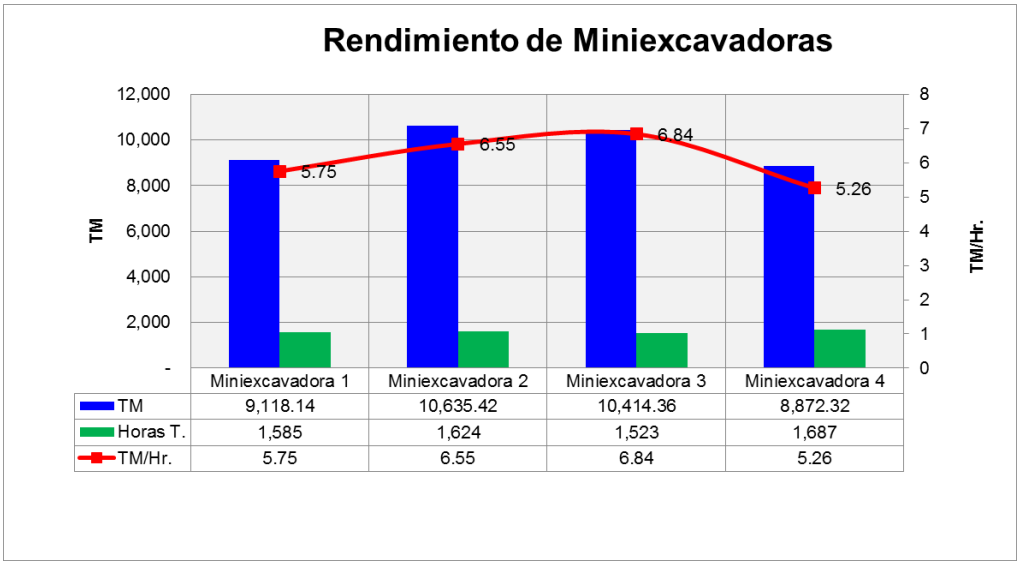


Figura N° 02. Rendimiento de mini excavadoras
Fuente.Elaboración propia.

ANEXO 5: ESTADÍSTICA – MEDIDAS DE DISPERSIÓN

MEDIDAS DE DISPERSIÓN ABSOLUTAS

Por orden de importancia tenemos:

VARIANZA (s^2) es el promedio del cuadrado de las distancias entre cada observación y la media aritmética del conjunto de observaciones

$$s^2 = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 n_i}{n}$$

Si los datos están agrupados utilizamos las marcas de clase, es decir C_i en vez de X_i.

En el caso extremo en que todas las observaciones fueran iguales, la media coincidiría con ese valor común y la varianza sería cero. En general, cuanto más dispersas sean las observaciones, mayores serán las diferencias dentro de los cuadrados y por tanto mayor será el valor de s^2.

NOTA: La varianza es el momento de orden 2 respecto a la media: $s^2 = m_2$.

PROPIEDADES:

1. La varianza nunca puede ser negativa, $s^2 > 0$.

2. Otra forma más sencilla de calcular la varianza es:

$$s^2 = \frac{\sum_i x_i^2 n_i}{n} - x^2 = a_2 - (a_1)^2$$

Demostración:

$$s^2 = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2}{n} = \frac{\sum_i (x_i^2 - 2\bar{x}x_i + \bar{x}^2) n_i}{n} = \frac{\sum_i x_i^2 n_i}{n} - 2\bar{x}\frac{\sum_i x_i n_i}{n} + \frac{\bar{x}^2 \sum_i n_i}{n} =$$

$$= \frac{\sum_i x_i^2 n_i}{n} - 2\bar{x}\bar{x} + \frac{\bar{x}^2 n}{n} = \frac{\sum_i x_i^2 n_i}{n} - \bar{x}^2$$

Otras medidas de dispersión directamente relacionadas con la variaza son las dos siguientes.

DESVIACIÓN TÍPICA (S). La varianza vendría dada por las mismas unidades que la variable pero al cuadrado, para evitar este problema podemos usar como medida de dispersión la desviación típica que se define como la raíz cuadrada positiva de la varianza $s = \sqrt{s^2}$

PROPIEDAD: Se observa a partir de la definición que $s \geq 0$

CUASI-VARIANZA (s^{*2}) Se define de forma muy parecida a la varianza pero dividiendo por n-1.

$$s^{*2} = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x})^2 n_i}{n-1} = \frac{n}{n-1} s^2$$

ANEXO 6: COSTOS UNITARIOS

1. COSTO UNITARIO DE MINADO DE RECUPERACIÓN CON PALLAQUEROS (MANUAL)

Tabla N° 10 Parámetros de costos

Tasa de cambio:	**2.9**
Días:	**63**
Horas T. de Personal:	**504.00**
Horas/día:	8
Horas promedio /día:	7

Fuente Elaboración propia.

Equipos y Personal Requeridos

Tabla N° 11 Equipos y personal

EQUIPO MAQUINARIA	TIPO	CANTIDAD
Camioneta	Equipo	01
Pallaqueros	Personal	55
Supervisor	Personal	01

Fuente Elaboración propia.

Costos de operación

Costos de equipo

Tabla N° 12 Costo horario de equipo

EQUIPO	COSTO (US$/Hr.)	HORAS	TOTAL (US$)
Camioneta	6.00	252.00	1,512.00
			$1,512.00

Fuente Elaboración propia.

Costos de consumo de combustible

Tabla N° 13 Costo de combustible

EQUIPO	COSTO (US$/Gl)	GALONES/Hr	HORAS	TOTAL (US$)
Camioneta	4.16	0.30	252.00	314.50
				$314.50

Fuente Elaboración propia.

Costos de carga personal

Tabla N° 14 Costo de carga personal

PERSONAL	CANTIDAD	SUELDOS (US$)	HORAS TRABAJO	TOTAL (US$)
Personal de Recuperación	55	6.38	27,720.00	176,853.60
Supervisor	01	7.06	504.00	3,558.24
				$180,411.84

Fuente Elaboración propia.

Costo de accesorios de seguridad

Tabla N° 15 Costos de accesorios de seguridad

DESCRIPCION	COSTO	CANTIDAD	TOTAL (US$)
EPP	103.45	56	5,793.10
Cintas de seguridad	10.00	10	100.00
Lampa	6.90	55	379.31
Picos	10.34	55	568.97
Carretillas	49.67	25	1,241.67
			$8,083.05

Fuente Elaboración propia.

Producción de pallaqueros

Tabla N° 16 Producción de pallaqueros (recuperación manual)

	PRODUCCIÓN EN M^3	DENDIDAD MINERAL	PRODUCCIÓN EN TM
Pallaqueros	7,001.60	1.41	9,872.25

Fuente Elaboración propia.

Resumen de costo minado (ítem 8) recuperación con pallaqueros

Tabla N° 17 Resume costos recuperación manual

COSTOS DETALLADOS	COSTO (US$)	
Equipo	1,512.00	
Combustible	314.50	
Carga Personal	180,411.84	
Insumos de seguridad	8,083.05	
	$190,321.38	TOTAL
	28,548.21	IMPREVISTOS 15%
TOTAL COSTOS DE OP.	**$218,869.59**	**S/.634,721.81**
	9,872.25	TM
COSTO MINADO	22.17	US$/TM

Fuente Elaboración propia.

2. COSTO UNITARIO DE MINADO DE RECUPERACIÓN CON MINI EXCAVADORAS

Tabla N° 18 Parámetros de costos

Tasa de cambio:	**2.9**
Días:	**80**
Horas T. de Equipo:	**1600.00**
Horas T. de Personal:	**1760.00**
Horas total / día:	22
Promedio Horas efectivas / día:	20

Fuente Elaboración propia.

Equipos y Personal Requeridos

Tabla N° 19 Equipos y personal

EQUIPO MAQUINARIA	TIPO	CANTIDAD
Miniexcavadora Waker Neuson 3503	Equipo	04
Camioneta	Equipo	01
Operador	Personal	07
Supervisor	Personal	01

Fuente Elaboración propia.

Costos de operación

Costos de equipo

Tabla N° 20 Costo horario de equipos

EQUIPO	COSTO (US$/Hr)	HORAS	TOTAL (US$)
Miniexcavadora W. Neuson 3503	26.00	6,400.00	166,400.00
Camioneta	6.30	880.00	5,544.00
			$171,944.00

Fuente Elaboración propia.

Costos de consumo de combustible.

Tabla N° 21 Costos de consumo de combustible

EQUIPO	COSTO (US$/Gl)	GALONES/Hr	HORAS	TOTAL (US$)
Miniexcavadora W. Neuson 3503	4.16	0.90	6,400.00	23,961.60
Camioneta	4.16	0.30	880.00	1,098.24
				$25,059.84

Fuente Elaboración propia.

Costo de carga de personal

Tabla N° 22 Costos de carga personal

PERSONAL	CANTIDAD	SUELDOS (US$)	HORAS TRABAJO	TOTAL (US$)
Operador de Mini excavadora	04	7.10	12,320.00	87,964.80
Supervisor	01	7.06	1,760.00	12,425.60
				$100,390.40

Fuente Elaboración propia.

Costo de accesorios de seguridad

Tabla N° 23 Costos accesorio de seguridad

DESCRIPCION	COSTO	CANTIDAD	TOTAL (US$)
EPP	103.45	08	827.59
Conos de seguridad	3.45	04	13.79
Lampa	8.62	04	34.48
			$875.86

Fuente Elaboración propia.

Producción con mini excavadoras

Tabla N° 24 Producción con mini excavadoras

	PRODUCCIÓN EN M^3	DENDIDAD MINERAL	PRODUCCIÓN EN TM
Mini excavadoras	27,688.09	1.41	39,040.21

Fuente Elaboración propia.

Resumen costo minado (ítem 9) – recuperación con mini excavadoras

Tabla N° 25 Resumen de costos de recuperación con mini excavadora

COSTOS DETALLADOS	COSTO (US$)	
Equipo	171,944.00	
Combustible	25,059.84	
Carga Personal	100,390.40	
Insumos de seguridad	875.86	
	$298,270.10	TOTAL
	44,740.52	IMPREVISTOS 15%
TOTAL COSTOS DE OPERACIÓN	**$343,010.62**	**S/.994,730.79**
	39,040.21	TM
COSTO MINADO	8.79	US$/TM

Fuente Elaboración propia.

Costos transporte (ítem 11)

Costo de transporte mina - canchas de secado

Tabla N° 26 Costos de transporte de mineral

DESCRIPCIÓN	COSTO (US$/TM)
Mina – canchas de secado	5.89
Canchas de secado – Rio Seco	13.99
Rio Seco - Callao	24.34
Total	$44.22

Fuente Elaboración propia.

3. COSTO HORARIO DE PERSONAL DE RECUPERACIÓN (DESCRIPCIÓN GENERAL)

Tabla N° 27 Sueldo de personal para recuperación de mineral

	Supervisor	Operador de Mini excavadora	Pallaquero
Cantidad de Trabajadores	1.00	7.00	55.00
Remuneración	2,500.00	2,750.00	2,500.00
Días Trabajados	30.00	30.00	30.00
Promedio Horas Extras Diarios	1.00	1.00	0.00
Costo Horas Extras Mensual	260.42	286.46	0.00
Valor Remuneración Mensual	2,760.42	19,536.46	13,7500.00
Asignación Familia	75.00	525.00	4,125.00
Feriados	245.37	1,736.57	12,222.22
Descanso Medico %	56.71	401.23	2832.50
REMUNERACION Computable	3,137.50	22,199.26	15,6679.72
VACACIONES	261.35	1849.20	13,051.42
Gratificación	523.02	3700.62	26,118.51
C.T.S.	304.96	2157.77	1,5229.27
ESSALUD	352.97	2497.42	1,7626.47
SCTR	117.66	832.47	5875.49
SENATI	25.49	0.00	0.00
Canasta	20.00	1,620.00	1,100.00
TOTAL + LEYES SOCIALES	4,742.95	33,376.73	235,680.88
TOTAL + LEYES SOCIALES	1,517.74	10,680.56	75,417.88
TOTAL US$/Hr	7.06	7.10	6.38

Fuente Elaboración propia.