

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROPUESTA DE PLAN DE EXPLOTACIÓN QUINQUENAL
2016-2021 DE CANTERA DE ARCILLA “LA CABRERA”, DE
LA EMPRESA C.A., FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS,
S.A.C.A. MUNICIPIO TOMÁS LANDER, ESTADO MIRANDA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Naliesky N. Sánchez G.
Para optar al título de
Ingeniera de Minas

Caracas, noviembre de 2016

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**PROPUESTA DE PLAN DE EXPLOTACIÓN QUINQUENAL
2016-2021 DE CANTERA DE ARCILLA “LA CABRERA”, DE
LA EMPRESA C.A., FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS,
S.A.C.A. MUNICIPIO TOMÁS LANDER, ESTADO MIRANDA**

Tutor académico: Prof. Franklin Plata.

Tutor industrial: Ing. Ronald Delgado

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
Por la Br. Naliesky N. Sánchez G.
Para optar al título de
Ingeniera de Minas

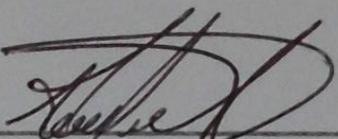
Caracas, noviembre 2016

Caracas, noviembre de 2016.

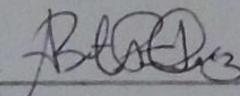
Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Geología, Minas y Geofísica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por la Bachiller Naliesky N. Sánchez G., titulado:

**“PROPUESTA DE PLAN DE EXPLOTACIÓN QUINQUENAL 2016-2021 DE
CANTERA DE ARCILLA “LA CABRERA”, DE LA EMPRESA C.A.,
FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS, S.A.C.A. MUNICIPIO TOMÁS
LANDER, ESTADO MIRANDA”**

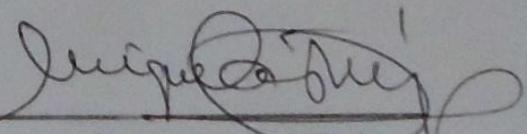
Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero de Minas, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.



Prof. Franklin Plata
Tutor académico



Profa. Aurora Piña
Jurado



Prof. Miguel Castillejo
Jurado

DEDICATORIA

A mi madre por enseñarme a luchar por mis sueños

A mi padre por permitirme vivir lejos de casa

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Central de Venezuela, por brindarme tan apreciados momentos y conocimientos.

A la Escuela de Ingeniería de Minas, por todas aquellas personas con las que compartí a lo largo de mi carrera y que son parte de mi crecimiento como persona.

A mis amistades más cercanas que estuvieron conmigo en los momentos más difíciles, se les aprecia.

A Dios por darme la salud, la paciencia, la tolerancia y la perseverancia para cumplir una meta tan importante en mi vida.

Por último y no menos importante a mi familia, que con esfuerzo y dedicación hemos salido adelante, por estar conmigo en todo momento, nunca dejarme caer y ser mi soporte.

Sánchez G., Naliesky N.

**PROPUESTA DE PLAN DE EXPLOTACIÓN QUINQUENAL
2016-2021 DE CANTERA DE ARCILLA “LA CABRERA”, DE
LA EMPRESA C.A., FÁBRICA NACIONAL DE CEMENTOS,
S.A.C.A. MUNICIPIO TOMÁS LANDER, ESTADO MIRANDA**

Tutor académico: Franklin Plata. Tutor industrial: Ronald Delgado. Tesis.
Caracas, U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología Minas y Geofísica.
2016, número de páginas: 159.

Palabras claves: Equipos mineros-Evaluación técnica, Cantera arcilla-
Explotación, Fábrica Nacional de Cemento, C.A

RESUMEN

La cantera La Cabrera, es un yacimiento de arcilla que se ubica a 2 kilómetros, al Oeste de la planta, entre Charallave y Ocumare del Tuy. Actualmente se establece una propuesta de plan de explotación de la cantera, en la cual con ayuda de un levantamiento topográfico se logra la actualización del mapa correspondiente a la zona de la cantera. En la propuesta del plan de explotación se muestra; un volumen de material de 1.082.532,24 T, medidas por perfiles paralelos. El método de extracción será a cielo abierto con bancos verticales de una altura de 8 m y una berma de 18,50 m. Se emplearan 1 cargadores frontales con capacidad de balde de 6 m³ y 3 camiones articulados con una capacidad de producción de 29 T-41 T, ha llenado de 5-8 pases. La secuencia de extracción del material será de manera descendente desde el nivel 238 hasta llegar al nivel 206. De la investigación se determinó que desde el año 2003 hasta el 2016 la topografía no presenta cambios, debido a la paralización de explotación del mismo, siendo esta topografía utilizada para la elaboración de esta propuesta de plan de explotación. A medida que se realice la explotación deberá llevarse un control topográfico para el seguimiento del plan de explotación a indicada en la propuesta.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTO	v
RESUMEN.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
INDICE DE TABLAS	xvii
INDICE DE APÉNDICE	xviii
CAPÍTULO I.....	20
INTRODUCCIÓN	20
1.2 Planteamiento del problema.....	22
1.3 Objetivos de la investigación.....	23
1.3.1 General	23
1.3.2 Específicos.....	23
1.4 Justificación de la investigación	23
1.5 Alcance de la investigación	24
1.6 Ubicación de la zona en estudio.....	24
1.7 Linderos del área de trabajo	26
1.8 Superficie de trabajo	26
1.9 Relieve	29
1.10 Aspectos climatológicos.....	29
1.11 Aspectos físico-naturales de la zona de estudio	29
1.11.1 Vegetación.....	30
1.11.2 Aguas.....	30
1.11.3 Suelos	30
1.11.4 Agua subterránea	30

CAPÍTULO II	31
MARCO GEOLÓGICO.....	31
2.1 Geología regional.....	32
2.2 Geología local	34
2.3 Reconocimiento geológico.....	35
2.4 Modelo geológico de la zona	35
2.5 Columna estratigráfica del yacimiento	39
2.5 Estratigrafía del yacimiento.	40
2.6 Perforación del área central	41
2.7 Resultados analíticos.....	41
CAPÍTULO III.....	43
MARCO TEÓRICO.....	43
3.1 Antecedentes	44
3.1.1 Informes geológicos realizados por la cantera La Cabrera	44
3.1.2 Trabajos de grado relacionados con el objetivo de la investigación.	45
3.1.3 Levantamientos topográficos.....	46
3.2 Conceptos.....	47
3.2.1 Arcilla	47
3.2.2 Levantamiento topográfico.....	47
3.2.3 Equipo topográfico	47
3.2.4 Reservas.....	48
3.2.5 Método de estimación de reserva	48
3.2.6 Métodos de los perfiles.....	50
3.2.7 Vida útil	52

3.2.8	Métodos de explotación.....	53
3.2.9	Plan minero	55
3.10	Selección de equipos mineros	55
3.11	Equipo de carga.....	56
3.11.1	Operación unitaria de un equipo de carga	57
3.11.2	Producción.....	58
3.11.3	Selección del equipo de carga	59
3.11.4	El balde.....	60
3.11.5	Tipos de baldes	60
3.11.8	Determinación del balde.....	61
3.11.9	Factor de llenado del balde.....	61
3.11.10	Carga útil del balde	62
3.11.11	Producción mensual del equipo de carga (Pm).....	62
3.12	Equipo de acarreo.....	62
3.12.1	Determinación de la capacidad del camión	63
3.12.2	Tipos de Camiones.	63
3.12.3	Operación unitaria de los camiones.....	66
3.12.4	Versatilidad operacional y tipos de unidades	66
3.13	Criterios geométricos para el diseño de minas a cielo abierto.	66
3.13.1	Altura de bancos.	67
3.13.2	Ancho operativo	68
3.13.3	Ángulo de talud	69
3.14	Método de análisis de estabilidad de taludes	69
3.14.1	Coefficiente de seguridad	71
3.14.2	Cohesión.....	73

3.14.3 Fricción interna.....	73
CAPÍTULO 4.....	74
MARCO METODOLÓGICO.....	74
4.1 Tipo de investigación	75
4.2 Diseño de investigación.....	75
4.3 Población y muestra	75
4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos	75
4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos	76
CAPÍTULO 5.....	79
RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	79
5.1 Situación actual de la cantera.....	80
5.2 Topografía.....	82
5.2 Reservas.....	86
5.2.1 Reservas con acción del agua.....	94
5.3 Vida útil de yacimiento	94
5.3.1 Capacidad instalada de la planta	95
5.4 Método de explotación	96
5.5 Límite general de explotación.	96
5.6 Mapa topográfico modificado al cabo de los 5 años	97
5.7 Equipos a utilizar	97
5.8 Equipo de arranque	98
5.9 Equipo de carga	99
5.9.1 Producción requerida al mes	99
5.9.2 Capacidad de balde del equipo de carga	100
5.10 Selección del equipo para carga y acarreo	101

5.11	Cálculos de producción y rendimiento de los equipos seleccionados	101
5.11.2	Carga útil del cargador	101
5.11.3	Ciclos del equipo de carga.....	101
5.11.4	Producción teórica del equipo de carga (Pt).....	102
5.11.5	Producción efectiva del equipo de carga (Pe)	102
5.11.6	Producción mensual del equipo de carga (Pm)	103
5.11.7	Número de equipos de carga requeridos	103
5.12	Equipos de acarreo	103
5.12.1	Rendimiento del equipo de acarreo	103
5.12.2	Capacidad del camión (Ct).....	104
5.12.3	Cálculo del tiempo de ciclo cargador-camión.....	104
5.12.4	Producción del camión (Pd).....	105
5.12.6	Número de equipos de acarreo requeridos	107
5.13	Equipos a emplear	107
5.14	Extracción del material.....	108
5.15	Tratamiento del material	108
5.16	Almacenamiento del material.....	109
5.17	Criterios para la configuración de los bancos de extracción.....	109
5.17.1	Altura del banco	110
5.17.2	Talud de banco	110
5.17.3	Ancho operativo	111
5.21.4	Análisis del coeficiente de seguridad	111
5.18	Plan de extracción de 5 años con avance anual.....	113
5.18.1	Primer año.	114
5.18.2	Segundo año	118

5.18.2	Tercer año	122
5.18.3	Cuarto año	126
5.19	Personal	126
CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES		128
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		132
APENDICE I. PERFILES DE LA TOPOGRAFÍA ACTUALIZADA		Error!
Bookmark not defined.		
APENDICE II. PERFILES CON LA CONFIGURACIÓN DEL BANQUEO		Error! Bookmark not defined.
APENDICE III. PERFILES PARA EL CÁLCULO DE LAS RESERVAS .		Error!
Bookmark not defined.		
APENDICE IV. HOJAS DE CÁLCULO DE VOLUMENES POR NIVEL		Error!
Bookmark not defined.		

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación Nacional De La Zona En Estudio. Extraído De Maps Venezuela. 28 De Septiembre De 2015.	25
Figura 2. Ubicación Regional De La Zona En Estudio. Extraído De Google Maps. 28 De Septiembre De 2015.	25
Figura 3. Digitalización Del Plano Original, Georeferenciado Con Datum Wgs84- Regven, Con Tres (3) Estaciones: R1, R2 Y R3. Levantamiento Con Fecha Diciembre De 1996. Tomado De Rivadeneyra (2010).	27
Figura 4. Distribución De Las Áreas De Extracción De La Cantera. Elaboración Propia.	28
Figura 5. Mapa De Área De Afectación De La Propuesta Quinquenal. Elaboración Propia.	29
Figura 6. Geología Regional Del Estado Miranda. Tomado Y Modificado De Cartografía Igvsb 1979.....	32
Figura 7. Ubicación De La Formación Tuy. Fuente: Léxico Estratigráfico De Venezuela.....	33
Figura 8. Geología Del Nuevo Frente De Extracción. Zona Noroeste De Cantera, Área 2. Fuente: Propia.....	34
Figura 9. Geología De La Zona, Apreciación De Los Espesores Del Material. Zona Noroeste De La Cantera, Área 2. Material Arenoso Conformado Por Limonitas Y Material Arcilloso. Fuente: Propia.....	35
Figura 10. Plano Topográfico Digitalizado En El 2010, Con El Mallado De Perforaciones Ubicado En El Flanco Oeste. Tomado Y Modificado De Rivadeneyra, 2010.....	36
Figura 11. Perfiles De Correlación En Función De Las Perforaciones Ejecutadas. Tomado De Rivadeneyra, 2010.....	37
Figura 12. Correlación De Los 3 Paneles, Donde Muestra La Disposición De Los Distintos Tipos De Arcillas En La Zona Oeste De La Extracción. Tomado De Rivadeneyra, 2010.....	38
Figura 13. Área De Extracción Donde Se Realizaron Las Perforaciones Mostrando La Incidencia De La Arcilla En La Cantera. Tomado De Rivadeneyra, 2010.....	38

Figura 14. Columna Estratigráfica Del Flanco Oeste De Cantera La Cabrera, Mostrando La Descripción Litológica Correspondiente. Tomado De Rivadeneira (2010).	40
Figura 15. Método De Los Perfiles. Tomado De Snmpe, 2011.	50
Figura 16. Esquema De Un Yacimiento Siendo Evaluado Por El Método De Los Perfiles. Tomado De Snmpe, 2011.	51
Figura 17. Etapas De Un Proyecto Minero. Tomado De Bernal 2015.	53
Figura 18. Fórmula Utilizada Para El Cálculo De La Vida Útil De Unas Reservas. Tomado De Bernal, 2015.	53
Figura 19. Explotación A Cielo Abierto De Áridos.	54
Figura 20. Cargador De Orugas Y Ruedas.	56
Figura 21. Forma De Trabajo Unitario.	58
Figura 22. Tipos De Baldes.	61
Figura 23. Factor De Llenado. Tomado De Solanilla, 2003.	62
Figura 24. Camión Minero De 2 Ejes.	64
Figura 25. Tractor Remolque	65
Figura 26. Camión Articulado.	65
Figura 27. Elementos Del Ancho Mínimo De Operación. Tomado De Portal Minero, 2006.	68
Figura 28. Métodos Para El Cálculo De La Estabilidad De Taludes. Tomado De Aime.	70
Figura 29. Estabilidad Global, Coeficientes De Seguridad Mínimos. Tomado De Bernal 2015.	71
Figura 30. Métodos Para El Cálculo Del Coeficiente De Seguridad. Tomado De Suárez, 2013.	73
Figura 31. Zona De La Cantera Noreste, Evidencia De Los Diversos Problemas De Diferentes Taludes Y Derrumbes. Fuente Propia.	80
Figura 32. Zona De Cantera En La Zona Noroeste, Evidencia De Una Geometría Estable. Fuente Propia.	81
Figura 33. Frente De Extracción Del Área #5. Fuente Propia.	82
Figura 34. Polígono Generado. Fuente Propia.	83

Figura 35. Topografía De La Cantera 2003. Tomado Y Modificado De Topografía De Fnc (2003)	84
Figura 36. Mapa Topográfico Actualizado De La Cantera De Arcilla, Con Levantamiento Del Polígono. Diciembre 2015.....	85
Figura 37. Mapa De La Zona De La Cantera Donde Se Realizará La Extracción Del Material Arcilloso.....	86
Figura 38. Mapa Actualizado Con Ubicación De Los Perfiles Para El Cálculo De Las Reservas. Elaboración Propia.....	87
Figura 39. Perfiles 1 Y 2 Del Mapa Actualizado, Diciembre 2015.	89
Figura 40. Perfiles 1 Y 2 De La Topografía Modificada Con Los Parámetros De Banqueo.....	89
Figura 41. Perfil 1. Área 774.31m ² . Elaboración Propia.	90
Figura 42. Mapa Modificado De La Cantera De Arcilla, Luego De Haber Transcurrido Los 5 Años De Extracción Planteada.	97
Figura 43. Equipo De Arranque Jcb Js 330.....	98
Figura 44. Operación De Carga De Material Con Un Cargador Frontal.	108
Figura 45. Configuración Del Centro De Almacenamiento Y Tratado Del Material Arcilloso. Fuente Propia.....	109
Figura 46. Elementos De Un Banco De Extracción. Tomado De Vallejo, 2002.	110
Figura 47. Estabilidad Del Talud De 8 M De Alto Y 90° De Inclinación Con Los Diferentes Métodos De Análisis Del Equilibrio Límite: A) En Promedio Con Esa Falla Circular El Talud Es Estable Con 1,57, B) Este Tiene Un 1,83 De Coeficiente De Seguridad Aunque No Fue Concluyente Por El Método De Morgenstern-Price, C) Y Por Último Con Una Falla Circular Con Mayor Radio Dio Un Coeficiente De Estabilidad De 1,81, Siendo No Concluyente Con Los Métodos De Spencer, Janbu Y Morgenstern- Price	112
Figura 48. División De La Extracción Por Bloques De La Topografía Del Año 2016.....	114
Figura 50. Secuencia De Extracción Del Primer Año, Bloque A. (Izquierdo: Mapa Actualizado, Derecho: Mapa Modificado).....	115
Figura 51. Secuencia De Extracción Del Primer Año, Bloque B. (Izquierdo: Mapa Actualizado, Derecho: Mapa Modificado).....	116

Figura 52. Secuencia De Extracción Del Primer Año, Bloque C. (Izquierdo: Mapa Actualizado, Derecho: Mapa Modificado).....	117
Figura 53. División De La Zona De Extracción Por Bloques Para El Segundo Año.....	118
Figura 54. Secuencia De Extracción Del Segundo Año, Bloque A. (Izquierdo: Mapa Actualizado, Derecho: Mapa Modificado).....	119
Figura 55. Secuencia De Extracción Del Segundo Año, Bloque B. (Izquierdo: Mapa Actualizado, Derecho: Mapa Modificado).....	120
Figura 56. Secuencia De Extracción Del Segundo Año, Bloque C. (Izquierdo: Mapa Actualizado, Derecho: Mapa Modificado).....	121
Figura 57. División De La Zona De Extracción En Bloques, Tercer Año.....	122
Figura 58. Secuencia De Extracción Del Tercer Año, Bloque A. (Izquierdo: Mapa Actualizado, Derecho: Mapa Modificado).....	123
Figura 59. Secuencia De Extracción Del Tercer Año, Bloque B(Izquierdo: Mapa Actualizado, Derecho: Mapa Modificado).....	124
Figura 60. Secuencia De Extracción Del Tercer Año, Bloque C (Izquierdo: Mapa Actualizado, Derecho: Mapa Modificado).....	125
Figura 61. División De La Zona De Extracción Por Bloques Del Cuarto Y Quinto Año.....	126

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Distribución De Las Áreas Con Sus Dimensiones.....	27
Tabla 2. Factor De Eficiencia De Un Equipo De Carga. Tomado Y Modificado De Cruzart, 2008.....	59
Tabla 3. Tamaño De Balde. Tomado Y Modificado De Cruzart, 2008.	61
Tabla 4. Capacidad Del Camión, Baldadas: Pases. Léxico De La Universidad De La Serena. Tomado Y Modificado De Cruzart, 2008.	63
Tabla 5. Puntos Del Levantamiento Topográfico Del Polígono. Fuente Propia... 83	
Tabla 6.Resultados De Área Y Volumen De Los Perfiles. Elaboración Propia. .	91
Tabla 7. Hoja De Excel Donde Se Realiza El Cálculo De Volumen Del Nivel 206.	93
Tabla 8. Distribución De Las Reservas En Toneladas Por Cada Nivel. Elaboración Propia.	94
Tabla 9. Calculo De Demanda De Material Arcilloso Por Medio De Condiciones De La Planta.....	95
Tabla 10. Especificaciones Del Equipo De Arranque, Según Catalogo Jcb.....	98
Tabla 11. Producción De Arcilla, Anual, Mensual Y Diaria. Fuente: Fnc.	99
Tabla 17. Cálculo Del Ciclo De Una Unidad De Acarreo	105

INDICE DE APÉNDICE

APÉNDICE I.

- Apéndice I. 1. Perfil 1 y 2 de la topografía actualizada de la cantera de arcilla.
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice I. 2. Perfil 2 y 3 de la topografía actualizada de la cantera de arcilla.
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice I. 3. Perfil 5 y 6 de la topografía actualizada de la cantera de arcilla.
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice I. 4. Perfil 7 y 8 de la topografía actualizada de la cantera de arcilla
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice I. 5. Perfil 9 y 10 de la topografía actualizada de la cantera de arcilla.
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice I. 6. Perfil 11 y 12 de la topografía actualizada de la cantera de arcilla
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice I. 7. Perfil 13 y 14 de la topografía actualizada de la cantera de arcilla.
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice I. 8. Perfil 15 y 16 de la topografía actualizada de la cantera de arcilla.
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice I. 9. Perfil 17 de la topografía actualizada de la cantera de arcilla.
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

APÉNDICE II.

- Apéndice II. 1. Perfil 1 Y 2 De La Topografía Modificada.**ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice II. 2. Perfil 3 Y 4 De La Topografía Modificada.**ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice II. 3. Perfil 5 Y 6 De La Topografía Modificada.**ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice II. 4. Perfil 7 Y 8 De La Topografía Modificada.**ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.**
- Apéndice II. 5. Perfil 9 Y 10 De La Topografía Modificada.**ERROR!
BOOKMARK NOT DEFINED.**

Apéndice II. 6. Perfil 11 Y 12 De La Topografía Modificada.....**ERROR!**
BOOKMARK NOT DEFINED.

Apéndice II. 7. Perfil 13 Y 14 De La Topografía Modificada.....**ERROR!**
BOOKMARK NOT DEFINED.

Apéndice II. 8. Perfil 15 Y 16 De La Topografía Modificada.....**ERROR!**
BOOKMARK NOT DEFINED.

Apéndice II. 9. Perfil 17 De La Topografía Modificada. **ERROR! BOOKMARK**
NOT DEFINED.

APÉNDICE III.

Apéndice III. 1. Perfiles 1 y 2 de cálculo de reserva..... **ERROR! BOOKMARK**
NOT DEFINED.

Apéndice III. 2. Perfiles 3 y 4 de cálculo de reserva..... **ERROR! BOOKMARK**
NOT DEFINED.

Apéndice III. 3. Perfiles 5 y 6 de cálculo de reserva..... **ERROR! BOOKMARK**
NOT DEFINED.

Apéndice III. 4. Perfiles 7 y 8 de cálculo de reserva..... **ERROR! BOOKMARK**
NOT DEFINED.

Apéndice III. 5. Perfiles 9 y 10 de cálculo de reserva.... **ERROR! BOOKMARK**
NOT DEFINED.

Apéndice III. 6. Perfiles 11 y 12 de cálculo de reserva.. **ERROR! BOOKMARK**
NOT DEFINED.

Apéndice III. 7. Perfiles 13 y 14 de cálculo de reserva.. **ERROR! BOOKMARK**
NOT DEFINED.

Apéndice III. 8. Perfiles 15 y 16 de cálculo de reserva.. **ERROR! BOOKMARK**
NOT DEFINED.

Apéndice III. 9. Perfiles 17 de cálculo de reserva. **ERROR! BOOKMARK NOT**
DEFINED.

APÉNDICE IV.

Apéndice IV. 1. Hoja de cálculo de excel para cálculo de reserva. nivel 206.
..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

Apéndice IV. 2. Hoja de cálculo de excel para cálculo de reserva. nivel 214.

..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

Apéndice IV. 3. Hoja de cálculo de excel para cálculo de reserva. nivel 222.

..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

Apéndice IV. 4. Hoja de cálculo de excel para cálculo de reserva. nivel 230.

..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

Apéndice IV. 5. Hoja de cálculo de excel para cálculo de reserva. nivel 238.

..... **ERROR! BOOKMARK NOT DEFINED.**

CAPÍTULO I
INTRODUCCIÓN

La cantera La Cabrera ha suministrado, cerca 46 años, arcilla como materia prima para la industria del cemento. Se ubica a 2 kilómetros al lado Oeste, de la planta de cemento, a mitad de camino entre Charallave y Ocumare del Tuy, en el estado Miranda. La cantera tuvo una variedad de estudios geológicos desde 1968, que incluyen 4 campañas de perforación para el análisis en laboratorio de las respectivas muestras y comprobar la utilidad para la elaboración del cemento.

Considerando los estudios previos en la cantera, tales como los informes geológicos, los levantamientos topográficos, entre otros, se plantea la realización una propuesta de plan de explotación quinquenal para extraer el material arcilloso; de manera tal que la ejecución de las operaciones unitarias sea de forma ordenada y eficiente. Como se puede inferir al generar la propuesta de extracción se deberá calcular las reservas del material aprovechable por la empresa, utilizando el método de secciones paralelas y el uso de software de dibujo asistido, autodesk AutoCAD ® 2017, versión estudiantil. De esta manera se plantea en la propuesta: el material a ser extraído anualmente, la topografía modificada de la cantera, los equipos para la ejecución de las operaciones unitarias de producción y el desarrollo del plan de extracción del material arcilloso; el cual lleva consigo una gama de tareas para su cumplimiento, como es; el cálculo de los bancos de extracción, la inclinación de los taludes, el cálculo de ciclos en conjunto con los equipos que ejecutaran dichos ciclos, entre otros.

Por otro lado el estudio tiene como estructura principal 4 capítulos, los cuales cuentan con la siguiente especificación: Capítulo 1. Generalidades de la zona de estudio; en este apartado se tiene todo lo relacionado con la zona en estudio: características físico naturales (clima, suelo, agua, entre otros). Se encuentra también el marco geológico; donde se encuentra la información geológica de la cantera La Cabrera, del material y sus características más sobresalientes; así como también se puede observar la estructura geológica del material arcilloso de la cantera; Capítulo 2. Marco Teórico, se tienen los antecedentes de estudios ejecutados por la empresa, los realizados por entes externos a la empresa y los conceptos principales para complementar la

investigación. También se tiene algunos conceptos que ayuda al mejor entendimiento del desarrollo del trabajo; Capítulo 3. Marco Metodológico, para cumplir los objetivos propuestos, en este capítulo se muestra la metodología a ser utilizada a lo largo de toda la investigación. Así como también las técnicas e instrumentos a ejecutar; Capítulo 4. Resultados, en este capítulo se observan los resultados obtenidos a lo largo de toda la investigación. Se encuentra también la parte minera donde apreciar la definición de cada de los elementos que se necesita para el cumplimiento de un diseño de extracción, es este caso se ve reflejado los aspectos con mayor importancia de una explotación de material arcilloso.

1.2 Planteamiento del problema

C.A. Fábrica Nacional de Cementos S.A.C.A (FNC), es una empresa que se encarga de producir cemento y concreto premezclado con criterios de eficiencia, calidad, confiabilidad y sustentabilidad, la cual cuenta con canteras de su propiedad para el suministro de materia prima para la industria del cemento, siendo cantera La Cabrera, la única que ha suministrado arcilla por cerca de 40 años para el proceso de elaboración del *clinker* por parte de la empresa FNC.

Aun cuando en el año 2007, la empresa FNC elaboró un plan de explotación por el periodo de un año, el mismo no fue ejecutado debido a que no fue actualizado posteriormente. Debido a esto actualmente, la extracción de arcilla en la cantera La Cabrera, se lleva a cabo sin la concreción de un plan de explotación, que contemple la planificación de la secuencia de extracción y parámetros de diseño de mina, entre otros aspectos. Esta carencia ha generado una extracción bastante desordenada, así como paredes (taludes) con ángulos que no pueden garantizar la estabilidad y seguridad de los mismos.

En torno a lo expuesto, la empresa requiere un plan de explotación que sirva de orientación para la ejecución de las actividades correspondientes, de forma ordenada y racional, considerando datos existentes y realizar el cálculo de volumen de material a extraer, topografía actualizada y modificada, así como los parámetros de diseño de

taludes. Todo esto se establece para la propuesta de explotación quinquenal de extracción de la arcilla, puesto que se espera se ejecute y contribuya para el aprovechamiento ordenado y eficiente. Esta propuesta de plan de explotación se fundamenta en el requerimiento de 173.000 toneladas anuales de parte de la Planta de Cemento de la empresa.

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 General

Elaborar la propuesta del plan de explotación quinquenal 2016-2021, para la cantera de arcilla “La Cabrera”, de la empresa C.A., Fabrica Nacional de Cementos, S.A.C.A., municipio Tomás Lander, estado Miranda.

1.3.2 Específicos

1. Realizar el levantamiento topográfico actualizado de la cantera.
2. Calcular el volumen de material aprovechable del yacimiento y vida útil de la cantera.
3. Realizar la proyección topográfica del avance de las labores de extracción al cabo de cinco años.
4. Determinar los equipos adecuados para la ejecución de las operaciones unitarias de producción.
5. Diseñar el plan de desarrollo minero y secuencia de extracción de material arcilloso de acuerdo al requerimiento de planta.

1.4 Justificación de la investigación

Mediante la realización de este trabajo de investigación, la empresa tendrá una propuesta de extracción del material arcilloso proporcionando una alternativa de extracción organizada considerando criterios ingenieriles de minería. De acuerdo a ello esta propuesta de plan de explotación plantea una extracción más racional del material arcilloso en función de las particularidades del yacimiento y de la demanda anual de 173.000 T durante el periodo 2016-2021. De esta manera, se definirán los

parámetros del diseño de las labores de extracción, topografía modificada anual, volumen a extraer, método y secuencia de extracción, así como la configuración geométrica de la cantera al cabo de los cinco (5) años.

Esta propuesta permitirá a la empresa FNC, establecer y escoger con cuales criterios ingenieriles y de planificación que garanticen la extracción racional del material arcilloso estarán trabajando, en función de satisfacer la demanda por parte de la planta de cemento y de este modo garantizar con el abastecimiento de este producto al mercado nacional durante el mayor tiempo posible. Todo esto beneficiará de forma positiva en la imagen y competitividad de la empresa Fábrica Nacional de Cemento, S.A.C.A.

1.5 Alcance de la investigación

En la propuesta de explotación de la cantera de arcilla La Cabrera, se reveló la producción de los 5 años a ser extraídos, junto con la combinación de equipos más favorables para dichas operaciones básicas, así como también la secuencia y distribución del proceso de extracción de la cantera, dando así un enfoque hacia la parte operativa dentro de la cantera de arcilla y sus actividades unitarias a ser ejecutadas.

1.6 Ubicación de la zona en estudio

La cantera “La Cabrera”, ha sido explotada desde hace 46 años para la extracción de arcilla, siendo ésta la materia prima para la industria del cemento. La misma se localiza en el sector La Cabrera, a mitad de camino entre Charallave y Ocumare del Tuy Municipio Tomás Lander del estado Miranda, (Véase, Figura 1 y Figura 2). El acceso es a través de la autopista Charallave-Ocumare del Tuy, km 11. La cantera está situada al lado Oeste de la planta de cemento, sector “La Cabrera”, dentro de los terrenos de la empresa. Anteriormente perteneciente a la Hacienda Casa de Tejas, hoy propiedad de la empresa cementera.



Figura 1. Ubicación nacional de la zona en estudio. Extraído de maps Venezuela. 28 de septiembre de 2015.

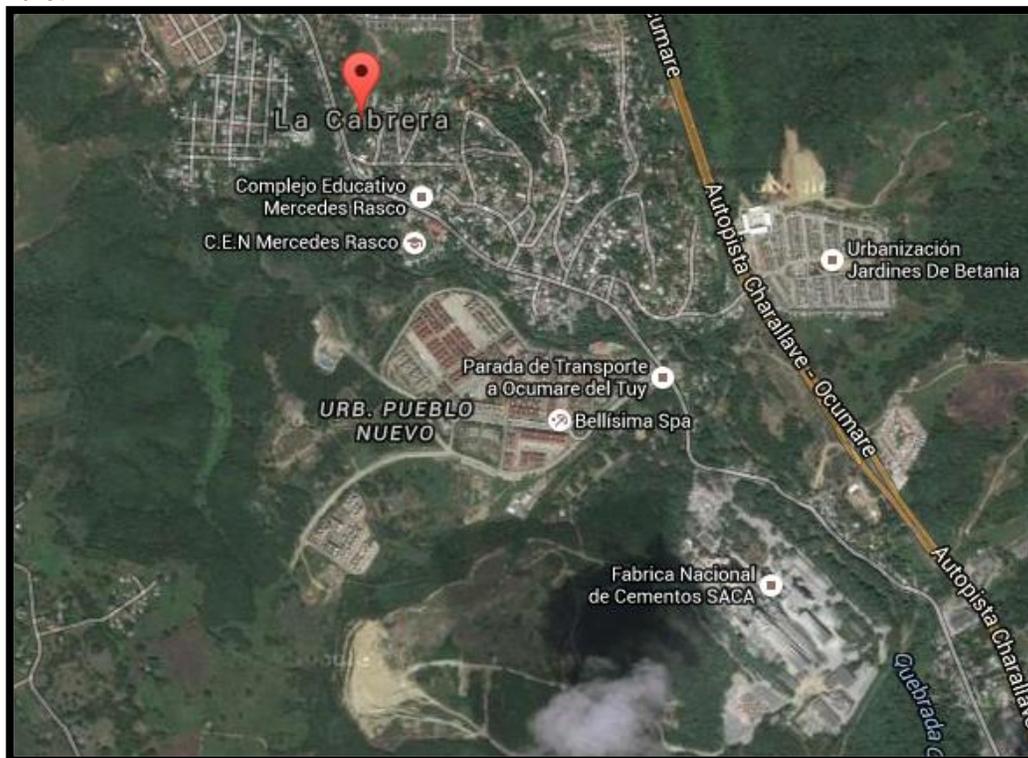


Figura 2. Ubicación regional de la zona en estudio. Extraído de Google Maps. 28 de septiembre de 2015.

1.7 Linderos del área de trabajo

Según datos suministrados por la empresa Fábrica Nacional de Cemento, S.A.C.A, la cantera está localizada al lado Oeste de la planta de cemento, sector La Cabrera, dentro de los terrenos de la empresa; anteriormente pertenecientes a La Hacienda Casa de Tejas, hoy propiedad de la empresa cementera. Obtenidos el 28 de enero de 1956, con una extensión de propiedad de 150 hectáreas aproximadamente. En efectos de la propuesta, los linderos de trabajo se verán delimitados por una poligonal cerrada, esta enfatiza la zona de afectación, es decir la zona donde la investigación tuvo lugar, (Véase en el desarrollo del trabajo).

1.8 Superficie de trabajo

El área del yacimiento originalmente estudiado en el año de 1968, tenía un alcance de aproximado de 147 hectáreas; posteriormente en 1990, se estudia en detalle una área de 8 hectáreas; en 1997, se definen las áreas A, B, C que cubrían un total de 22.225 metros cuadrados, (Véase, Figura 3).

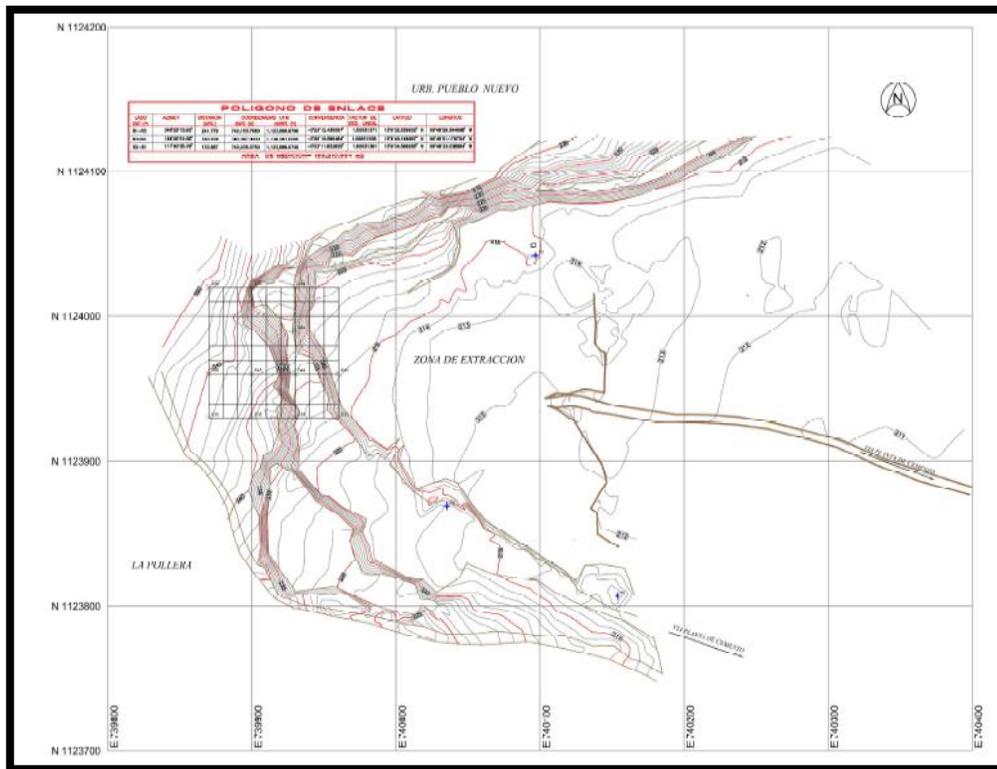


Figura 3. Digitalización del plano original, georeferenciado con datum WGS84-REGVEN, con tres (3) estaciones: R1, R2 Y R3. Levantamiento con fecha diciembre de 1996. Tomado de Rivadeneyra (2010).

Actualmente en el 2015, el terreno de la cantera La Cabrera, comprende un área de 11,6 hectáreas, divididas en; 4 áreas definidas donde se puede apreciar sus sectores, sectores que han sido extraídos desde hace 14 años aproximadamente. Para realizar la propuesta de extracción se define, una nueva área de extracción, la cual se denomina para efectos de este trabajo en área # 5, mide 3,2 hectáreas. Esta nueva área en conjunto con su área adyacente que no ha sido aprovechada en su totalidad, será el área de extracción de este proyecto definido más adelante, (Véase, Tabla 1 y Figura 4).

Tabla 1. Distribución de las áreas con sus dimensiones

ÁREAS	HECTÁREAS	SECTOR
Área #1	13,9	Sector Central
Área #2	6,4	Sector Occidental
Área #3	4,4	Sector Norte
Área #4	9,6	Sector Oriental
Área #5	3,2	Sector Sur-Occidental

Para cumplir con el Plan de Explotación Quinquenal, el área afectada es de 5,7 hectáreas, que abarca, parte del área #2 y del área #5, (Véase, Figura4).

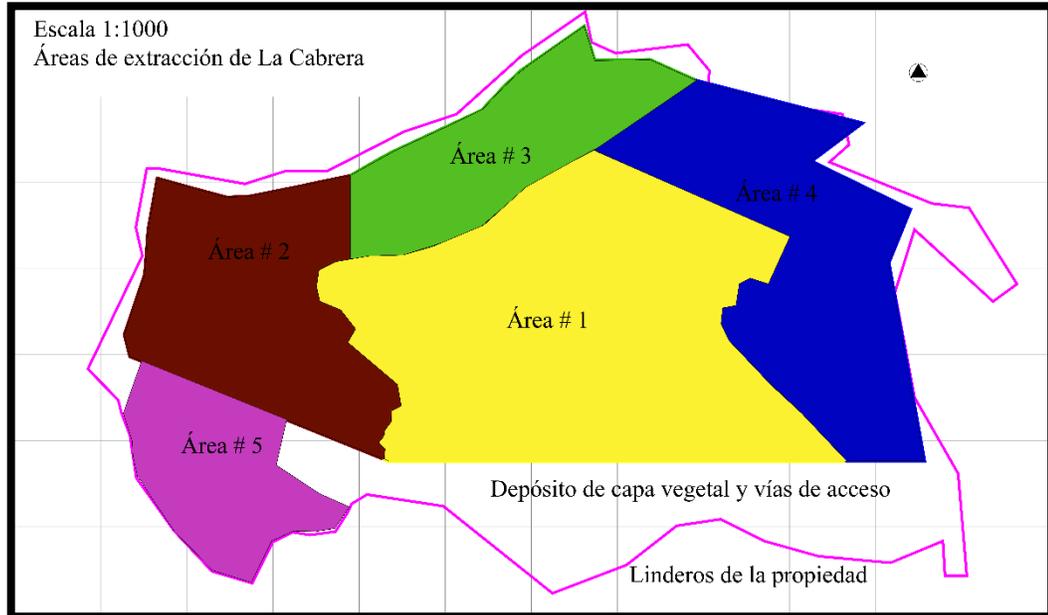


Figura 4. Distribución de las áreas de extracción de la cantera. Elaboración propia.

Es importante resaltar el área de afectación del plan, (Véase, Figura 5). Se señalan las áreas 1, 2, 3 y 4, debido a que fueron las áreas estudiadas con anterioridad, quedando solo por explotar el área 2, dando así la distribución de las zonas de trabajo dentro de la cantera de material arcilloso. El aprovechamiento del material arcilloso se hizo abordando el área # 1, prosiguiendo con la 4, la 3 y por último la 2; las áreas # 1, 4 y 3 fueron agotadas, quedando solo el área 2 como una zona estudiada pero las actividades de extracción no se concluyeron. De esta manera queda unida parte del área # 2 con el área planteada (área # 5) para la extracción de los próximos 5 años.

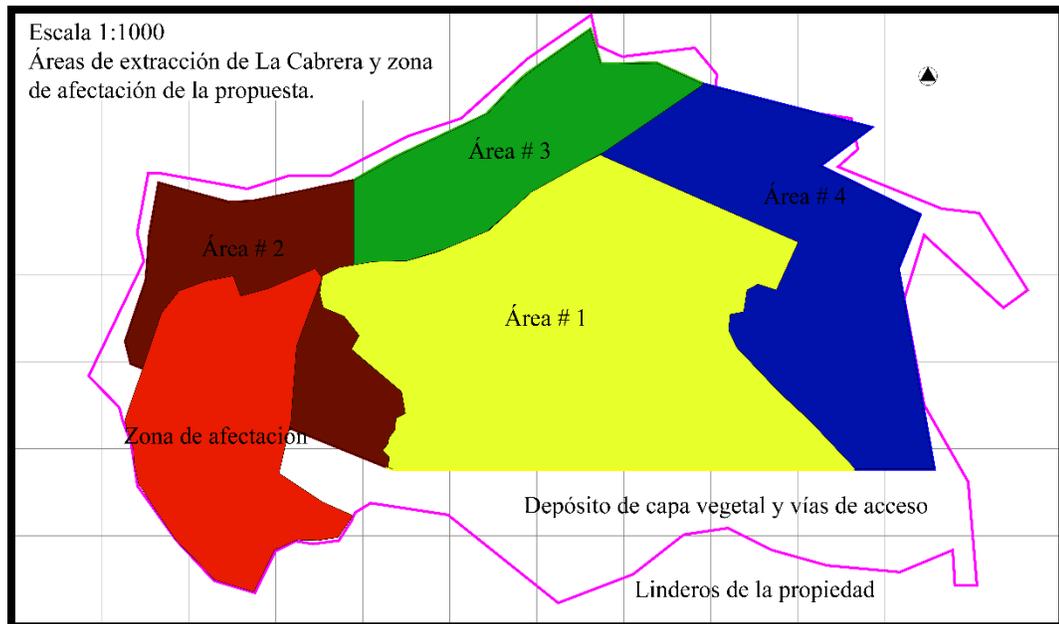


Figura 5. Mapa de área de afectación de la propuesta quinquenal. Elaboración propia.

1.9 Relieve

El sector Occidental de la cantera está definido geomorfológicamente por el flanco Este de una colina dentro de la propiedad, desarrolla altura máxima de 254 metros, con 3 cursos de agua irregulares que drenan hacia el Sur-Este. En contraste a esto la cota mínima definida por la superficie plana del centro de la cantera, está limitada por la curva de nivel 210 metros.

1.10 Aspectos climatológicos

En el área, los aspectos climatológicos que intervienen son principalmente los relacionados al relieve y la acción de los vientos alisios del Noreste. Se registra una temperatura media anual de 32°C para los 200 m.s.n.m y responde al tipo de clima awi, con una pluviosidad que sigue el régimen de las zonas de clima tropical de sabana (seco en verano y lluvioso en invierno); las lluvias máximas se producen en junio, julio y agosto, siendo la medida anual de 700 mm.

1.11 Aspectos físico-naturales de la zona de estudio

Según informe suministrado por la empresa del informe de Plan de Explotación cantera de arcilla La Cabrera 2007, se extrajo la siguiente información:

1.11.1 Vegetación

En el área central baja de la cantera predomina una vegetación de mediana altura y baja densidad, caracterizada por el predominio de cují, algunos alcornoques y escasa guayaba sabanera. En las partes altas de la cantera, donde ha sido la intervención minera, la escasa vegetación preexistente ha desaparecido y solo se observan pequeñas concentraciones de cují y gramíneas de nueva generación.

1.11.2 Aguas

El drenaje natural, en el sector a intervenir, se realiza a través de tres (3) pequeños cursos de agua que corren hacia el Sur-Este, hacia la zona plana, central. En este nivel central, la escorrentía es muy lenta y se orienta hacia la pequeña laguna localizada en el extremo Sur-Este de la cantera.

1.11.3 Suelos

En el área se ha identificado principalmente la existencia de un tipo de suelo transportado, producto de la actividad extractiva, que tiende a homogeneizar la superficie del terreno de las inmediaciones de la cantera.

1.11.4 Agua subterránea

No se observa la presencia de niveles de aguas subterráneas a nivel topográfico natural de la cantera.

CAPÍTULO II
MARCO GEOLÓGICO

areniscas. El tamaño de los guijarros es variable entre 1 a 50 cm, según la proximidad de la fuente de sedimentos. El escogimiento es de moderado a malo. Los cantos son redondeados y sub-redondeados de rocas metamórficas, algunos granos sub-angulares de rocas de color verde, más duras y menos esquistosas, y cantos grandes de cuarzo angular. Los cantos provienen de las formaciones Las Mercedes, Chuspita y Las Brisas hacia el norte de Suapire y Santa Lucía; Rocas de Conoropa, Formación Urape, Conglomerado de Charallave, Formación Paracotos y Grupo Villa de Cura en el resto de la cuenca.

Las arcillas se presentan en capas menores de 1 m de color crema a rosado y ocasionalmente verdosas, rojo-violeta y abigarradas, frecuentemente calcáreas hasta margosas y contienen escasos fósiles de agua dulce. En general la estratificación está mal desarrollada señalada por cambios litológicos y a veces por la alineación de guijarros imbricados; en algunas capas la estratificación está definida por la laminación de los limos y la intercalación de arenas arcillas y limos de poco, espesor. La formación consiste de gravas y conglomerados mal consolidados (55 %) y arcillas, generalmente impuras (30 %); el resto es de areniscas y margas.

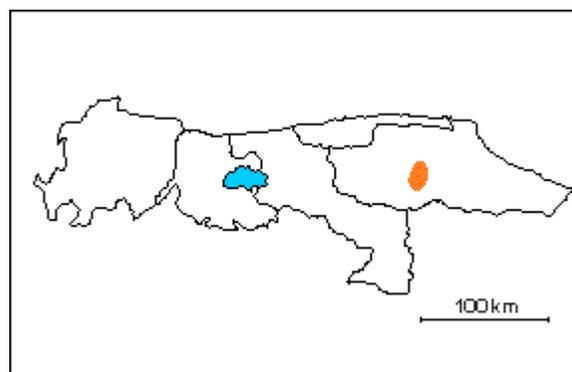


Figura 7. Ubicación de la Formación Tuy. Fuente: léxico estratigráfico de Venezuela

2.2 Geología local

Cantera La Cabrera está ubicada en un área donde aflora una secuencia de arcilla calcárea y no calcárea intercalada con areniscas de grano fino a conglomerados, dispuestos en capas lenticulares o interdigitales. Las arcillas desarrollan mediana a alta plasticidad y se presentan con eventuales correcciones margosas, con predominio de colores marrón, amarillo y moteado gris (Véase, Figura 8).



Figura 8. Geología del nuevo frente de extracción. Zona Noroeste de cantera, Área 2. Fuente: propia.

Los paquetes de arcilla se encuentran intercaladas con capas delgadas y discontinuas de areniscas puras de grano fino, con horizontes de conglomerados finos y gravas mejor escogidas con fragmentos de cuarzo que oscilan entre 0,5 a 3 centímetros. La relación de esta secuencia intercalada de materiales arcillosos y arenosos es de 4 a 1 respectivamente (Véase, Figura 9).



Figura 9. Geología de la zona, apreciación de los espesores del material. Zona Noroeste de la cantera, Área 2. Material arenoso conformado por limonitas y material arcilloso. Fuente: propia.

2.3 Reconocimiento geológico

La cantera La Cabrera tuvo una importante evolución en los últimos 46 años de actividad minera, esta se traduce en una modificación del relieve antes existente en la zona. En la actualidad el área está conformada por una cota máxima topográfica de aproximadamente 249 m.s.n.m, en su límite Norte y otro alto topográfico de 210 m.s.n.m en el extremo Oeste. (Véase, figura del mapa topográfico)

De acuerdo a la exploración en campo la cantera es regida por una litología de carácter sedimentario, las cuales son capas de material arcilloso. Este material se conoce por su variedad de composición química de formación, es decir mayor o menor presencia del silicato y sus materiales agregados como: aluminio, hierro, magnesio, entre otros; está propiedad proporciona a la arcilla colores característicos donde la presencia de la sílice es muy importante. Se reconoció las diferentes capas de arcilla por su color y disposición, obteniendo así una diversidad litológica de la zona en estudio desde la limonita de color gris claro en la parte más superficial hasta arcilla semidura de color pardo.

2.4 Modelo geológico de la zona

En 2010, se digitalizó un plano topográfico de la cantera según los sondeos ejecutados para el informe técnico de la arcilla presente en La Cabrera. Se ejecutaron

12 perforaciones con una grilla de 90 m x 90 m y una distancia entre cada cuadro de 10 m, tal como se puede observar en la Figura 10.

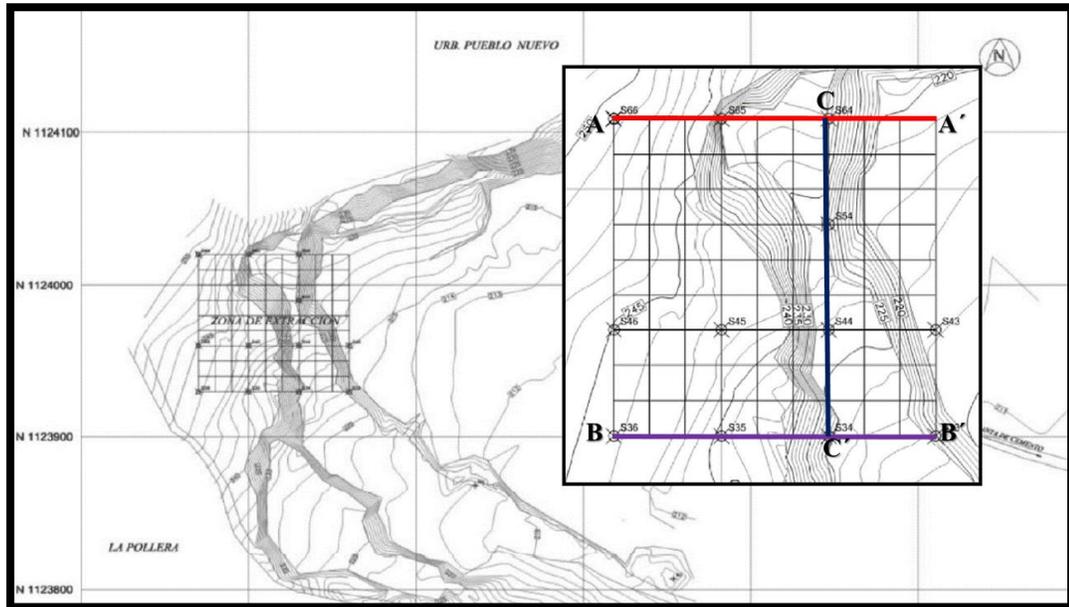


Figura 10. Plano topográfico digitalizado en el 2010, con el mallado de perforaciones ubicado en el flanco Oeste. Tomado y modificado de Rivadeneyra, 2010.

Se correlacionaron 3 perfiles AA', BB' y CC', véase Figura 11, con el fin de conocer la disposición del material arcilloso en la zona donde se realizó la malla de perforación. En cada perforación se extrajo una muestra representativa del material arcilloso e identificó el material que luego se estudió en el laboratorio con el equipo de Rayos X.

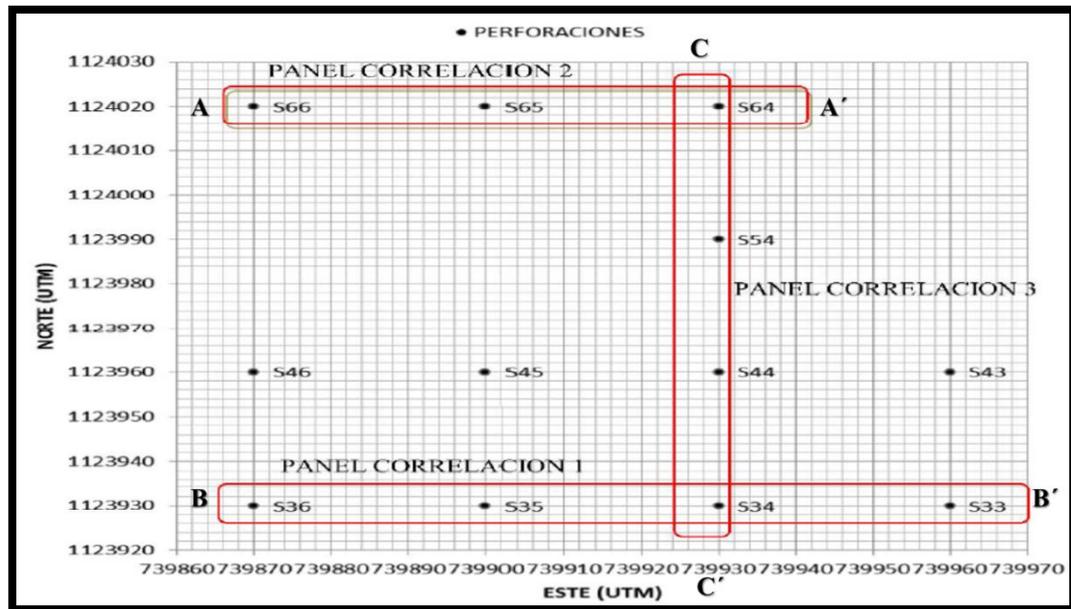


Figura 11. Perfiles de correlación en función de las perforaciones ejecutadas. Tomado de Rivadeneyra, 2010.

Una vez hecha la correlación entre cada uno de los paneles, se determinó que:

- El perfil AA': tiene presencia de arcillas arenosas conglomeráticas de 3 m, seguidas de arcillas de color marrón claro, grisáceas y plásticas de 2 m, arcillas de color marrón claro arenoso de 8-9 m.
- El perfil BB': presenta unas secuencias interdigitadas de sedimentos fluviales y lacustres con espesores variables de arcillas arenosas con arcillas lacustres de 1-5 m.
- El perfil CC': registró una secuencia de arcilla marrón claro arenosa de 9 m y arcillas de color marrón o grisáceo plástica de 2,5 m. (Véase, Figura 12).

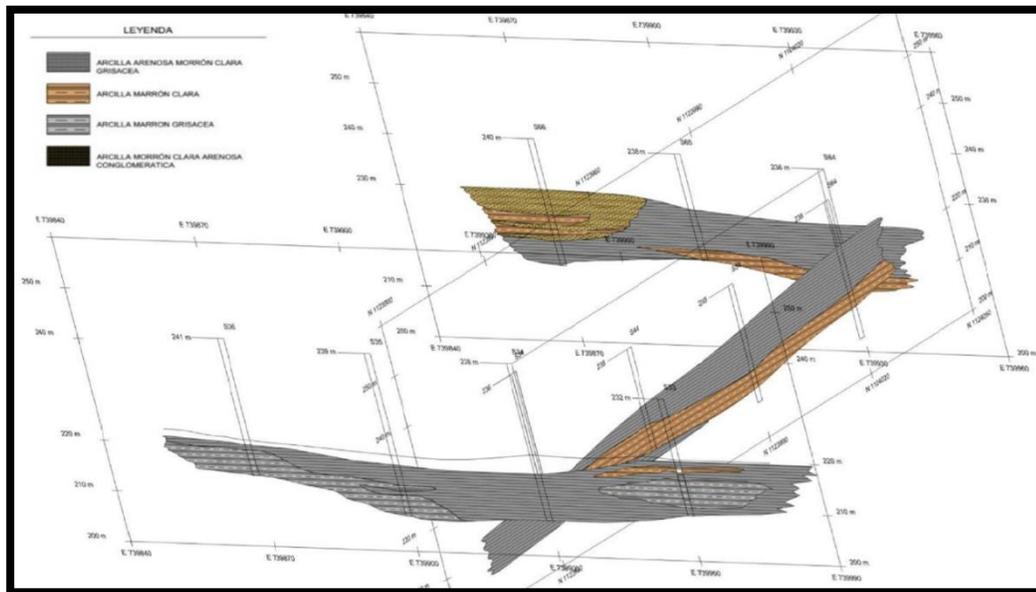


Figura 12. Correlación de los 3 paneles, donde muestra la disposición de los distintos tipos de arcillas en la zona Oeste de la extracción. Tomado de Rivadeneyra, 2010.

Una vez analizadas las muestras de cada perforación se construyó un modelo geológico de la arcilla presente en la zona de afectación donde está presente la grilla de exploración, obteniendo así la Figura 13. En esta se evidencia el comportamiento de la minera arcilloso presente en la zona de estudio, perteneciente al Área # 2.

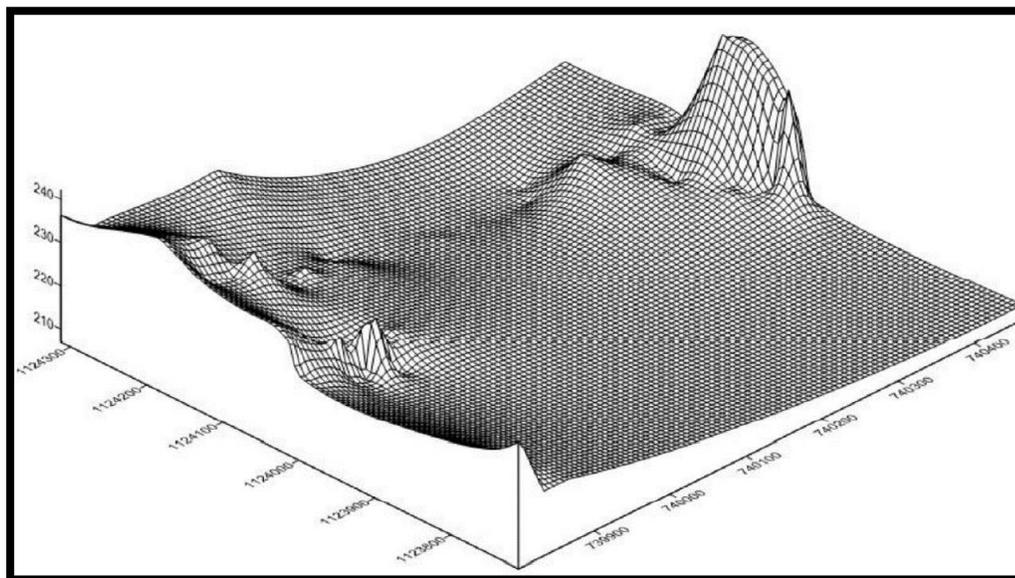


Figura 13. Área de extracción donde se realizaron las perforaciones mostrando la incidencia de la arcilla en la cantera. Tomado de Rivadeneyra, 2010.

2.5 Columna estratigráfica del yacimiento

De acuerdo al estudio ejecutado y por medio de cortes en los sectores Norte y Oeste, donde se encuentran los antiguos frentes de extracción, se aprecian observaciones litológicas descritas anteriormente por medio del reconocimiento geológico del área de la cantera, vinculando así la antigua zona de extracción con los nuevos frentes de trabajo. De acuerdo a los resultados de dichos cortes se puede construir una columna estratigráfica generalizada del sitio según Rivadeneyra, 2010, mostrada en la Figura 14, la cual debe ser tomada como referencia para comprender la variada composición granulométrica e interdigitados de la zona Oeste de la cantera, perteneciente al Área # 2, evidenciando un origen marcado por un ambiente de dinámica fluvial muy cambiante.

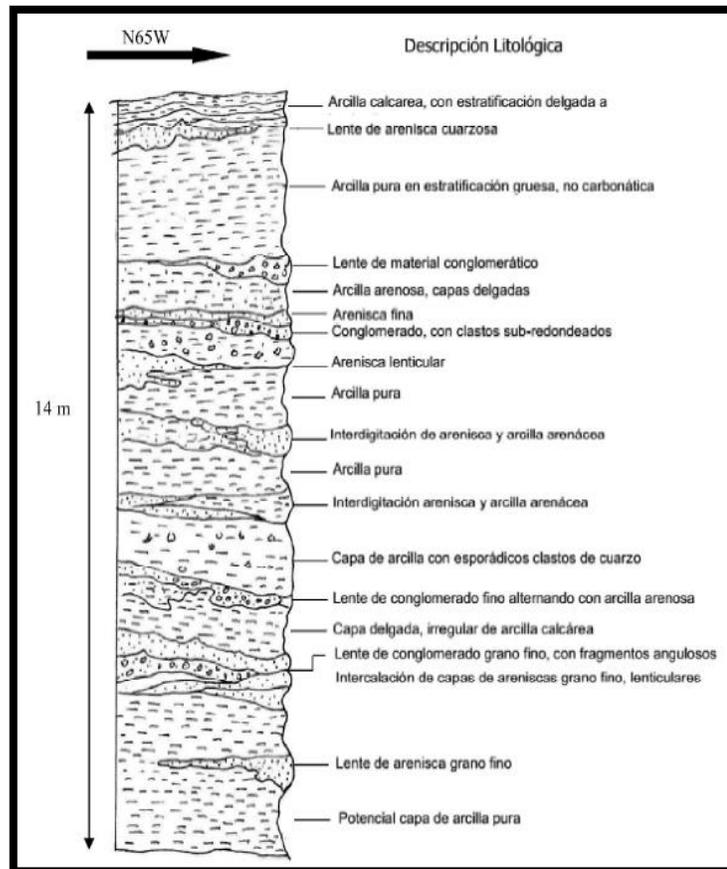


Figura 14. Columna estratigráfica del flanco Oeste de cantera La Cabrera, mostrando la descripción litológica correspondiente. Tomado de Rivadeneyra (2010).

2.5 Estratigrafía del yacimiento.

La secuencia arcillosa correspondiente a la cantera La Cabrera, a las descritas por Picard y Pimentel (1968), describieron tres facies en la formación: facies terrestre, con colores abigarrados y vino tinto; facies lacustre: colores crema y litología monótona; y facies fluvial, con rasgos fluviales. Dichas facies corresponden a la Formación Tuy, ya descrita en la geología de la zona; por ello las características litológicas de la formación, es el predominio del material fino, arcilloso pero con influencia fluvial representada esta última, por la errática presencia de material detrítico grueso (arenisca y grava).

Por lo tanto, la estratigrafía dominante en el área, corresponde al estilo estratigráfico de la Formación Tuy, representado por la interdigitación de gruesas a medianas capas

de arcilla y capas de areniscas gruesas a finas, gravas y conglomerados de grano medio a fino, explicado por Rivadeneyra, 2010.

2.6 Perforación del área central

El sector central de la cantera, fue sometido a una campaña de perforación en el año 2003 hasta profundidad máxima de 216 m.s.n.m.

En la campaña de perforación se ejecutaron 40 sondeos, en una malla regular de 30 x 30 metros y una profundidad de 15 metros, para un total de 600 metros. Los mismos están distribuidos esparcidos en un área de 5 hectáreas.

Para la ejecución del programa de perforación se emplearon un cubo dentado, tipo *bucker* de 50 centímetros de diámetro, que a medida que avanza en la perforación se expulsa el material al exterior por medio de una tubería. El material extraído es colectado en un equipo de muestreo circular dividido en forma de cruz, a fin de obtener una muestra representativa de 1 metro de perforación, con un peso aproximado de 8 kilogramos.

Cada muestra fue debidamente identificada, descrita litológicamente y enviada al laboratorio, para su análisis químico por fluorescencia de rayos X.

La ejecución del programa de perforación, establece un conjunto de información relacionada a las características litológicas del material existente en la cantera, su estilo estratigráfico y estructural, la composición y variación química y finalmente la ubicación de los niveles o profundidad de la mesa de agua , según información técnica emitida por Geoconsulta, 2007.

2.7 Resultados analíticos

Para la realización de los análisis en laboratorio se extrae una muestra representativa, la cual pasa por un tamizado. Estos son transportados en portamuestras identificados con el número de la muestra, luego de ello es llevado a laboratorio donde se coloca la muestra en envases de vidrio resistente a altas temperaturas (vasos precipitados) y ser colocados en el horno a aproximadamente 210° C durante 30 minutos, este

procedimiento se ejecuta con la finalidad de que la muestra se seque. Como el tamaño de grano del material arcilloso es de 0,0039 mm, se procede a generar las pastillas según el Método del Laboratorio Químico de la Planta Ocumare del Tuy. Estas pastillas son llevadas al equipo de fluorescencia de Rayos X, determinando los valores porcentuales de presencia de Ca, Fe, Al, Si y Mg. Geoconsulta en el 2007, comparo las características litológicas y químicas de las muestras analizadas demostrando, una vez más, la fuerte variación química del material; consecuencia de la intercalación de componentes litológicos arenáceos (ricos en sílice) y arcillosos (altos en alúmina). Esto orienta a usar las distintas litologías de una manera masiva, alejándose por supuesto, de los estratos con muy alto contenido de sílice (areniscas y conglomerados), que son considerados como material estéril.

CAPÍTULO III
MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se presentan las bases teóricas de la propuesta quinquenal, utilizadas a lo largo de toda la investigación:

3.1 Antecedentes

La recopilación bibliográfica, incluye informes geológicos y levantamientos topográficos.

3.1.1 Informes geológicos realizados por la cantera La Cabrera

Dentro de los informes geológicos realizados por la empresa que fueron recopilados por Geoconsulta y se emplearon en la elaboración del Plan de Explotación año 2007, siendo lo más importante los siguientes:

- a) En 1968, se ejecutó un informe que reflejaba los resultados de un estudio exploratorio realizado con el fin de conocer el volumen del material arcilloso en la porción norte del Fundo Casa de Tejas. Perforados 33 pozos exploratorios de diferentes longitudes “para referirlos a todos hasta la cota de 200 metros”. Esta investigación señala un volumen de 17.572.200 metros cúbicos de suelo, con capas de materiales arcillosos y arenosos.
- b) En 1980 se ejecutaron 58 pozos exploratorios con longitudes variadas de 5 a 20 m, y diámetro de 2 pulgadas, con toma de muestras cada 0,5 m. El objetivo exploratorio hasta la cota 203 metros..
- c) En 1990, se ejecuta un nuevo trabajo exploratorio sobre un área de 8 hectáreas, fundamentado en 29 perforaciones que permitieron conocer las características litológicas de la secuencia estratigráfica y calcular unas reservas de suelos finos (arcillosos) de 349.530 metros cúbicos y 64.260 metros cúbicos de suelos granulares (arenas), hasta la cota de 200 metros.
- d) Posteriormente en 1997, se seleccionaron 3 áreas identificadas como A, B, C, donde se ejecutaron 58 perforaciones con profundidades variables entre 5 y 20 metros, “con el fin de investigar las características del subsuelo hasta un plano a una cota promedio de 203 metros”. Con este trabajo se obtuvieron los

siguientes valores volumétricos: 193.800 metros cúbicos de material arcilloso y 62.330 metros cúbicos de material arcilloso arenoso.

- e) En 2003, se ejecutó un programa de perforaciones conformado por un cuadrículado (40m x 40m) orientado en sentido Norte-Sur, Este-Oeste que cubría un área de 13,9 hectáreas, en la parte central plana del área de la cantera. En esa oportunidad se ejecutaron 48 sondeos, con profundidades que variaron entre los 9 y 20 metros; 6 perforaciones más profundas (algunas hasta 20 m) para conocer el comportamiento de los materiales y de la mesa de agua a mayor profundidad.
- f) En el 2003 la empresa Geoconsulta, realiza un informe geológico en el cual concluye con respecto a las características litológicas, químicas y volumen de reservas de este sector de la cantera. Una de las éstas y entre las más importantes es “el perfil estratigráfico de este yacimiento, donde los niveles arcillosos y arenosos están perfectamente inter-digitados, dificultando así separar físicamente ambas litologías y por supuesto medir los espesores individuales”; así como también reservas de 1.194.050 T de material arcilloso en los niveles de producción 244, 238, 232, 226 y 220.

3.1.2 Trabajos de grado relacionados con el objetivo de la investigación.

- a) “Descripción geológica y cálculo de reservas de arcillas de la cantera “La Cabrera”, Municipio Tomás Lander, estado Miranda”; Rivadeneyra (2010), concluye que hay capas con lentes de arcilla con un espesor de 0,3 y 3 metros. Así como también, las reservas calculadas arrojaron un cálculo de vida de 4 años con una cantidad de 912.700 T, a partir del 2010.
- b) “Diseño de un plan de explotación, yacimiento de caliza cantera la Gamarra. Magdaleno, estado Aragua”; De Abreu (2002), expone que mediante el método de cálculo de reserva secciones verticales la cantera posee una reserva de 479.840 metro cúbico, a un rendimiento de 25.000 t por mes, se estima que la explotación tiene una vida útil económica de 4 años aproximadamente. Contando con los siguientes parámetros de diseño final: bancos de 10 metros

de alto y bermas de 4 metros de ancho; desde el nivel superior de 790 m hasta llegar al 720 m.

- c) “Plan de explotación de la cantera San Bernardo ubicada en el Municipio Tomás Lander, estado Miranda”; Saya (2001), planifica las operaciones mineras a realizar, para un período de cinco años contados a partir del año 2002. Se determinaron los costos operativos del yacimiento a partir de datos referenciales de operación de otras canteras pertenecientes a la Fábrica Nacional de Cementos, los cuales quedaron dentro del rango rentable establecido de explotación.

3.1.3 Levantamientos topográficos

En la cantera se han levantado cuatro planos topográficos a diferentes escalas, con y sin altimetría presentados a continuación:

- a) “Plano de mensura, porción Norte, Fundo Casa de Tejas”, por el agrimensor Abel Ochoa R, sin curvas de nivel, a escala 1:25.000, con fecha enero 1968, el cual conformó la poligonal perimetral del terreno. EL plano topográfico está acompañado de 5 perfiles.
- b) En 1990, la oficina de Abel Ochoa ejecuta el levantamiento del lado Sur-Este de la propiedad. A partir de este mapa y sobre una cuadrícula de 30x30 metros, se realiza el mapa topográfico de 7,92 hectáreas a escala 1:1.000 con curvas de nivel cada metro.
- c) En 1997, se llegó al replanteamiento de las áreas A, B y C, que sirvieron de base para los perfiles litológicos a escala 1:2.000 por E. Alcanio.
- d) Ya en los años 2002 y 2005, la constructora Viloca, produjo planos topográficos digitalizados, con curvas de nivel cada metro, adaptado a la red cartográfica nacional, que abarca un área aproximada de 34.3 hectáreas, la cual corresponde a la configuración de la cantera en ese entonces.

- e) En abril de 2007, la empresa Topoven ejecuta el levantamiento topográfico actualizado que sirve de base al informe de Geoconsulta en el 2007. El mismo está representado por un mapa topográfico a escala 1:1.000 con curvas de nivel y que muestra los avances de la explotación.

3.2 Conceptos

3.2.1 Arcilla

La arcilla es considerada un material blando por ser portador de óxidos de sílice, aluminio y hierro. La composición química de la arcilla de la cantera “La Cabrera”, posee los siguientes contenidos de SiO₂ entre 35–45, Al₂O₃ entre 8–12, Fe₂O₃ entre 40 – 60 y CaO entre 0 – 2; todos medidos en porcentajes.

3.2.2 Levantamiento topográfico

Se entiende por levantamiento Topográfico al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera. Torres y Villate (2001) lo resumen como el proceso de medir, calcular y dibujar para determinar la posición relativa de los puntos que conforman una extensión de tierra.

3.2.3 Equipo topográfico

La estación total es el instrumento que integra en un sólo equipo las funciones realizadas por el teodolito electrónico. Este es un medidor electrónico de distancias y un microprocesador para realizar los cálculos que sean necesarios para determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno. Según, Torres y Villate (2001).

El modo de operar una estación total es similar al de un teodolito electrónico. Se comienza haciendo estación en el punto topográfico y luego se procede a la nivelación del aparato. Para iniciar las mediciones es necesario orientar la estación total previamente al norte-sur, para lo cual se requiere hacer estación en un punto de

coordenadas conocidas o supuestas y conocer un azimut de referencia, el cual se introduce mediante el teclado. Para la medición de distancias, el distanciómetro electrónico incorporado a la estación total calcula la distancia de manera indirecta en base al tiempo que tarda la onda electromagnética en viajar de un extremo a otro de una línea y regresar. La estación total es utilizada tanto en levantamientos planimétricos como altimétricos, independientemente del tamaño del proyecto. Los levantamientos realizados con este instrumento son rápidos y precisos, el vaciado de los datos de campo está libre de error. El cálculo se hace a través del software y el dibujo es asistido por computadora lo cual garantiza una presentación final del plano topográfico, en un formato claro y pulcro.

3.2.4 Reservas

Los yacimientos minerales son cuerpos geológicos que contienen recursos minerales en una concentración muy superior a la de la corteza terrestre en general, por lo tanto son de interés económico. En el mismo ámbito de ideas, los recursos minerales que se encuentran en yacimientos se consideran reservas minerales.

3.2.5 Método de estimación de reserva

Los métodos clásicos desarrollados y empleados desde los mismos comienzos de la minería, se basan fundamentalmente en los principios de interpretación de las variables entre dos puntos contiguos de muestreo, lo que determina la construcción de los bloques geométricos a los que se le asignan las leyes medias para la estimación de recursos. Características:

- Son métodos sencillos
- Se basan en criterios meramente geométricos.
- Están siendo superados progresivamente por los métodos modernos.
- Son aún aplicables en muchas situaciones tales como:
- No existe suficiente información de exploración.

La variabilidad es extrema. Los principios de interpretación de estos métodos son los siguientes: 1.- El principio de los cambios graduales presupone que los valores de una

variable (espesor, ley, etc.) varían gradual y continuamente a lo largo de la línea recta que une 2 puntos de muestreo contiguos.

2.- El principio de vecinos más cercanos admite que el valor de la variable de interés en un punto no muestreado es igual al valor de la variable en el punto más próximo.

3.- El último de los principios permite la extrapolación de los valores conocidos en los puntos de muestreo a puntos o zonas alejadas sobre la base del conocimiento geológico o por analogía con yacimientos similares.

Todos estos principios de interpretación son utilizados para la subdivisión del yacimiento mineral en bloques o sectores, los cuales son evaluados individualmente y posteriormente integrados para determinar los recursos totales del yacimiento. Su desarrollo general a seguir es el siguiente:

1. Cálculo de volúmenes de bloques en los que se subdivide el cuerpo mineralizado, según diversos métodos
2. Estimación de densidades medias:
3. Estimación de leyes medias:
4. Cálculo de cantidad de metal
5. Cálculo de reservas totales:

Tipos de Métodos clásicos:

- Media aritmética
- Bloques geológicos
- Bloques de explotación
- Perfiles
- Polígonos
- Triángulos

En la propuesta se manejó, el método utilizado es el de perfiles.

3.2.6 Métodos de los perfiles

El método de estimación mediante cortes o perfiles consiste en trazar perfiles verticales del yacimiento y calcular las reservas de los bloques delimitados por dos perfiles. Se usa cuando se tienen cuerpos mineralizados de desarrollo irregular y que han sido estudiados mediante sondeos distribuidos regularmente de forma que permiten establecer cortes o perfiles en los que se basa el cálculo de reservas. El área de la sección del cuerpo mineralizado interceptado por cada perfil se puede calcular por varios métodos (planímetro, regla de Simpson, etc.). Según Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (SNMPE) (Véase, Figura 15 y Figura 16)

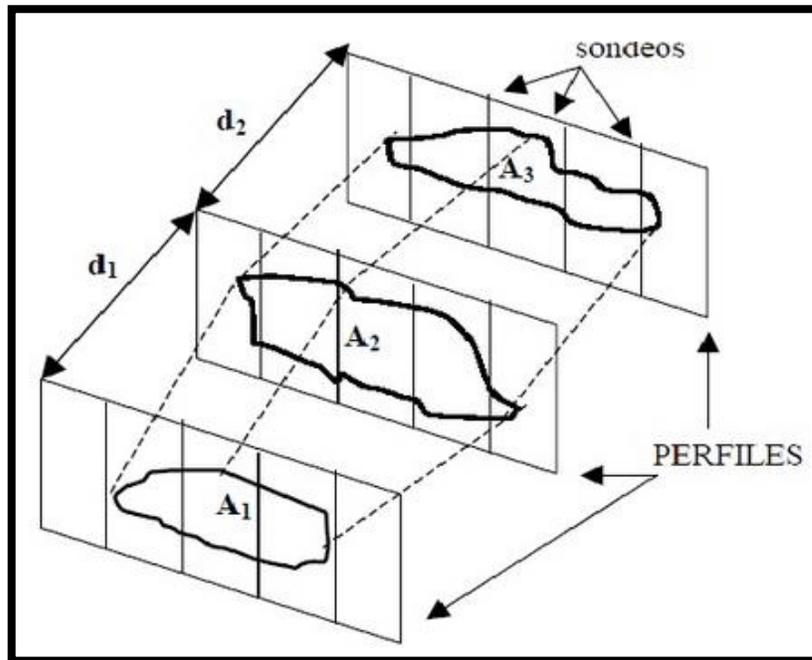


Figura 15. Método de los perfiles. Tomado de SNMPE, 2011.

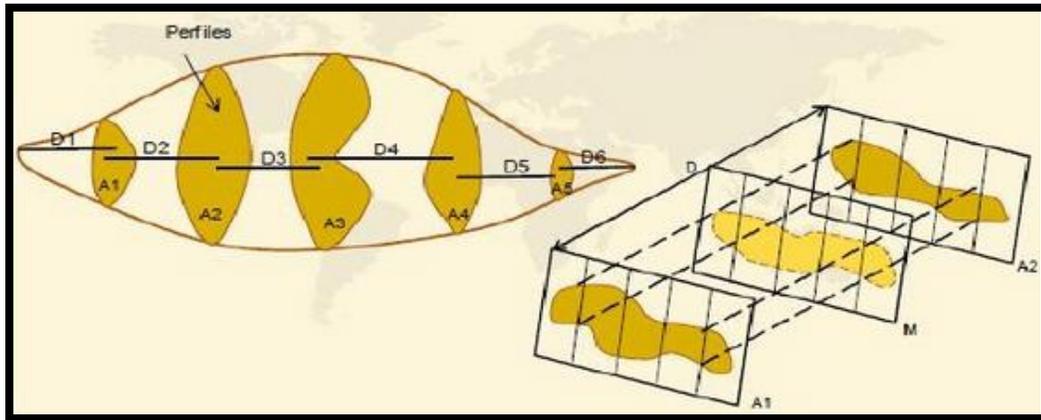
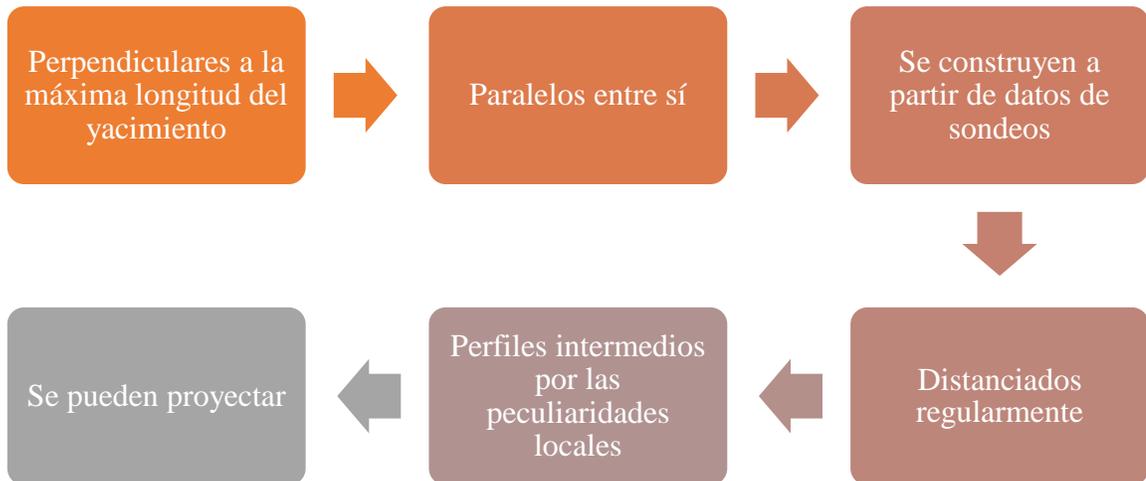


Figura 16. Esquema de un yacimiento siendo evaluado por el método de los perfiles. Tomado de SNMPE, 2011.

Método de cálculo

- Construcción de los perfiles



La metodología de cálculo en este caso es la siguiente:

- Contornear el cuerpo mineral (contorno interno y externo) en el plano.
- Se dibujan los perfiles a una escala dada, incluyendo en los mismos los resultados del contorneo.

- Se calculan las áreas en los perfiles por su semejanza con figuras geométricas sencillas.
- Se calculan los volúmenes entre perfiles utilizando las siguientes fórmulas:

$$\text{Ecuación 1. } Vi - ii = \frac{S1+S2}{2} \times L$$

Dónde:

Si y Sii: áreas de los perfiles contiguos.

L: distancia entre perfiles.

Ventajas e inconvenientes

- Visualiza el yacimiento.
- Aptos para tanteos y precisión.
- Representación gráfica de la explotación.
- Puede combinarse con otros métodos.
- La investigación debe ser regular.
- No se deben proyectar datos.
- Los perfiles se pueden construir a partir de mapas.
- Las peculiaridades locales se deben reflejar.
- Pueden hacerse perfiles horizontales.

3.2.7 Vida útil

La ley n° 20.551 de Chile, sobre Cierre de Faenas e Instalaciones Mineras, define como vida útil un proyecto minero al cálculo que se efectúa en función de las reservas minerales entre la relación con los niveles anuales de extracción de mineral.

La Vida Útil de un Proyecto Minero está asociada a la Fase de Operación, y se puede entender como el periodo en el que se realizan las acciones u obras de extracción o beneficio de mineral. (Véase, Figura 17)

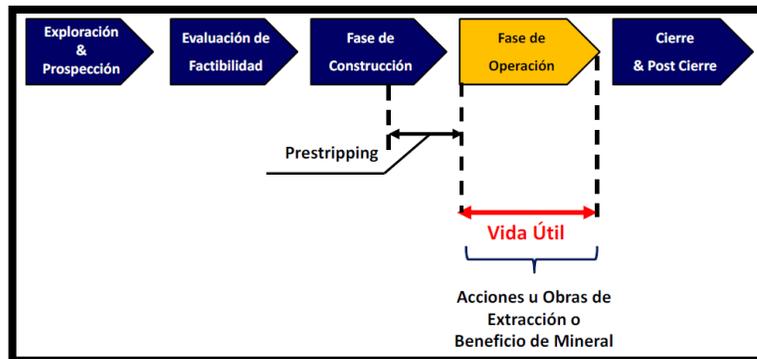


Figura 17. Etapas de un proyecto minero. Tomado de Bernal 2015.

En una base anual, incluso semestral o trimestral, la cantidad de mineral procesado (T2) es comparable con la cantidad de mineral extraído de mina (T1). Si así no fuera, se produciría un sobre stock creciente o un desabastecimiento de la planta. Por lo tanto, complementando lo indicado en la Ley, el “cálculo” de la vida útil también se puede plantear en términos de la alimentación a la planta. (Véase, Figura 18).

Ecuación 2

$$V. Util = \frac{Reservas\ mineras}{Demanda\ del\ mineral}$$

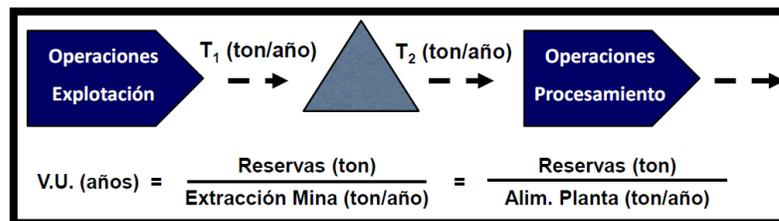


Figura 18. Fórmula utilizada para el cálculo de la vida útil de unas reservas. Tomado de Bernal, 2015.

3.2.8 Métodos de explotación

Según Herbert (2006), el método minero a un proceso iterativo tanto desde el punto de vista temporal como espacial, permite llevar a cabo la explotación minera de un yacimiento por medio de un conjunto de sistemas, procesos y máquinas que operan de una forma ordenada, repetitiva y rutinaria.

En principio tan solo existen tres métodos, en su sentido más amplio, que son:

- El método de explotación por minería a cielo abierto
- El método de explotación por minería de interior o minería subterránea
- El método de explotación por sondeos

Por las características del yacimiento de arcilla se empleara el método de explotación por minería a cielo abierto, ya que Herbert (2006) establece que la minería a cielo abierto se caracteriza por los grandes volúmenes de materiales que se deben mover. La disposición del yacimiento y el recubrimiento e intercalaciones de material estéril determinan la relación estéril/mineral con que se debe extraer este último. Una vez definido el método de explotación se prosigue a definir el tipo de sistema de explotación a ser utilizada (ascendente o descendente), debido a que el material arcillo es empleado en la industria cementera. Este es conocido también como un árido. El sistema a utilizar es el de cantera (descendente), tal como se puede apreciar en la Figura 19. Este mismo autor, define el término genérico “cantera” para referirse a los métodos de explotaciones de rocas industriales, ornamentales y materiales de construcción. Este método constituye al sector más importante de la minería, en cuanto a número, ya que desde mucho tiempo atrás se ha venido empleando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura.

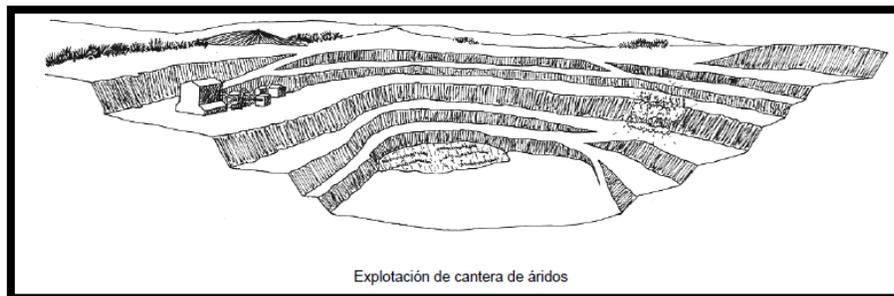


Figura 19. Explotación a cielo abierto de áridos.

3.2.9 Plan minero

La evaluación del plan minero se desarrolla en base de la información disponible, los mapas y mediante cálculos relacionados con las actividades mineras, con el propósito de realizar un proyecto minero económicamente rentable y aceptable. Chacón, 1991.

Los pasos a seguir son los siguientes:

- Diseño de la geometría de la fosa
- Calculo de la relación de remoción o explotación
- Calculo del equipo de arranque, carga y transporte en la mina
- Evaluación del proceso de concentración y refinación
- Calculo del equipo de transporte de la mina al muelle de embarque y diseño de vías de acceso a la mina
- Estudio de la fuerza laboral
- Identificación de las características climatológicas de la zona
- Delimitación de propiedades

Una vez obtenidas las reservas mineras, la propuesta del proyecto minero define el tiempo y la forma en que ésta será extraída, así como también la manera de emplear los recursos disponibles para su cumplimiento, a fin de obtener una extracción del material arcilloso que cumpla con los requerimientos de la empresa. La planificación consiste en enlazar apropiadamente todas las variables que afecten la explotación del mineral con el diseño de la extracción (recursos, equipos, personas, entre otros).

3.10 Selección de equipos mineros

Etapas principales en la selección de equipos mineros, según Chacón, 1991.

El proceso o actividad de la selección de equipo minero está estructurado en los siguientes pasos:

1. Elección del tipo de equipo requerido; por ejemplo: pala o cargadores frontales, camiones o ferrocarriles, perforación y voladura o tractor escarificador, etc.

2. Cantidad y tamaño del equipo; por ejemplo: 4 perforadoras de 7 1/2", 10 camiones de 100 tm, etc.
3. Tipo específico de equipo, por ejemplo: en caso de perforadoras, si son rotatorias, de percusión o roto-percusión; en caso de palas, si son eléctricas o diésel, etc.
4. Licitación de acuerdo con especificaciones del equipo, tomando en cuenta lo siguiente: a) consideraciones de operación del equipo y b) consideraciones de mantenimiento del equipo.
5. Selección de la fábrica del equipo

3.11 Equipo de carga

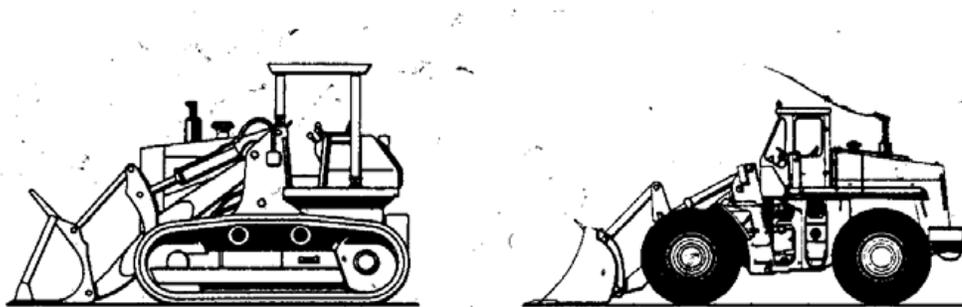
Existen dos tipos de cargadores frontales, que se diferencian en el tren de rodaje: (Véase, Figura 20). Cruzart, 2008.

- Máquina sobre ruedas
- Máquina sobre orugas.

Figura 20. Cargador de orugas y ruedas

Características de los cargadores son:

- Gran movilidad, alcanza hasta los 45 km/h permitiendo el transporte a cortas



distancias.

- Altura de descarga, comprendida entre 3 y 7 m o más.
- Diseño compacto, relación media Peso en Servicio / Tamaño del balde de 7,5 T/m³.

3.11.1 Operación unitaria de un equipo de carga

La máquina se acerca al frente de carga con el balde al nivel del suelo, la cuchilla horizontal y con la velocidad más baja de la caja de cambios. Una vez que ha penetrado el balde en el terreno se procede a la carga del mismo mediante movimientos de cabeceo, apoyando la parte posterior del fondo sobre el terreno y manteniendo el empuje frontal, con una nueva elevación de los brazos hasta que se llena el balde.

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

A continuación, se cambia el sentido de marcha, retirándose del frente con el balde levantado, y en un momento dado vuelve a desplazarse hacia delante con el fin de aproximarse al punto de vertido para depositar la carga. La trayectoria que describe el cargador es habitualmente en forma de “V”, (Véase, Figura 21)

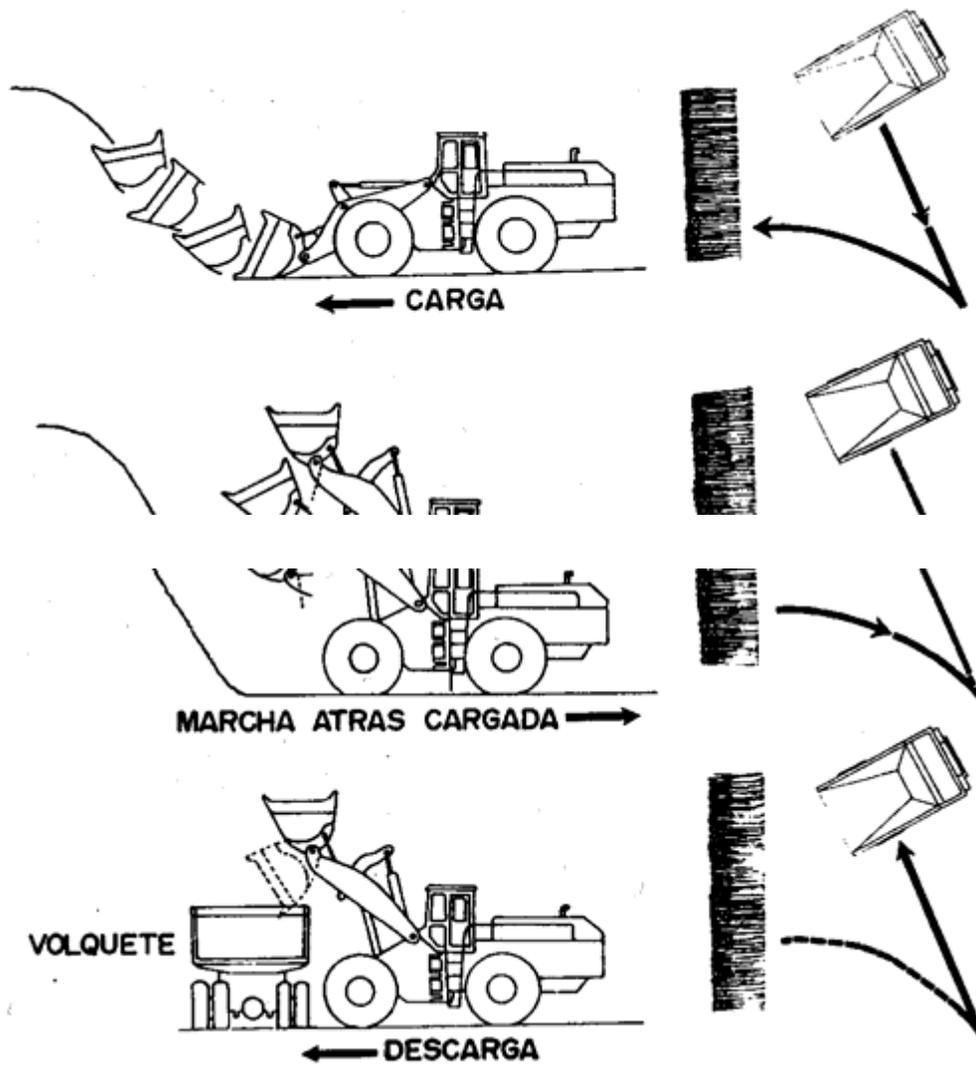


Figura 21. Forma de trabajo unitario.

3.11.2 Producción

El número de viajes por hora y de metros cúbicos por viaje determinan la producción de un equipo de remoción de tierra. Una vez que se establezca la duración del ciclo, calculando el tiempo fijo y el tiempo variable, se puede determinar el número de viajes por hora, según Chacón, 1991:

Ecuación 3

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{\text{Ciclos por hora (60 min)}}{\text{Tiempo de ciclo en minutos}}$$

Conociendo el número de ciclos por hora, se puede calcular la producción por hora.

Ecuación 4

$$\begin{aligned} \text{Producción por hora} \\ &= (\text{Metros cúbicos o toneladas cúbicas/ciclo}) \\ &\times \text{Número de ciclos/hr} \end{aligned}$$

Existen algunas "Reglas Empíricas" para calcular la eficiencia del trabajo cuando las condiciones son normales. Los tractores de orugas, por ejemplo, generalmente trabajan 50 minutos de cada hora, y las máquinas de neumáticos únicamente 45 minutos de cada hora. Se puede determinar entonces la producción utilizando un Factor de Eficiencia.

Tabla 2. Factor de eficiencia de un equipo de carga. Tomado y modificado de Cruzart, 2008

Horas Efectivas de Trabajo	Factor de Eficiencia
50 min. / hora	0,83
45 min. /hora	0,75
40 min. / hora	0,67

De tal forma, se puede encontrar un resultado más preciso con la siguiente expresión:

Ecuación 5

$$\begin{aligned} \text{Producción estimada} \left(\frac{t}{hr} \right) \\ = \frac{\text{Producción al mes}}{\text{días de trabajo} \times \text{Jornada} \times \text{factor de eficiencia} \times \text{disp. cargador} \times \text{disp. cam}} \end{aligned}$$

Donde el cálculo de disponibilidad estará regido por el tiempo de producción real entre el tiempo de producción posible.

3.11.3 Selección del equipo de carga

El proceso de selección de un cargador frontal de ruedas consta de las siguientes etapas:

- Definición de las características básicas.

- Elección del sistema de rodaje.
- Selección del modelo.
- Definición de las características básicas.

Los datos de partida son:

- La producción horaria requerida "P" expresada en m³/h o t/hr.
- El tipo de material a cargar que se clasifica en: blando, medio y duro.
- La densidad de la roca.

Conociendo estos datos se puede determinar:

- El tamaño del balde "C".
- El tipo de camión adecuado a la máquina de carga.
- La altura del frente de carga.
- El peso aproximado de la máquina "W".
- La potencia de la misma "Pw".

3.11.4 El balde

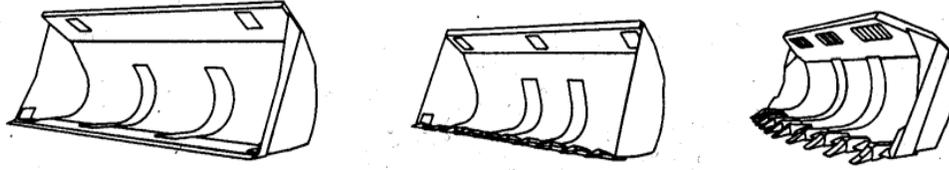
Los baldes se pueden clasificar en tres tipos:

- Materiales ligeros.
- Uso general
- De roca.

3.11.5 Tipos de baldes

Los dos primeros son baldes rectos y el último se construye con un borde de ataque en forme de "V" para mejorar la penetración. El primer tipo lleva labios antidesgaste y los otros dos llevan dientes. El balde para materiales ligeros se usa para manipular productos de baja densidad, como el carbón, arenas, etc. El balde de uso general se utiliza para manipular materiales sueltos de densidad media, y el balde de roca, se emplea en los movimientos de tierras y en las explotaciones a cielo abierto con rocas fragmentadas por tronaduras o ripliadas y con densidades medias a altas, (Véase, Figura 22).

Figura 22. Tipos de baldes



3.11.8 Determinación del balde

En la tabla siguiente se estima el tamaño del balde "C" en función del tipo de material y de la producción "P" prevista. (Véase, Tabla 3).

Tabla 3. Tamaño de balde. Tomado y modificado de Cruzart, 2008.

TIPO DE MATERIAL	TAMAÑO DEL BALDE (m ³)
BLANDO	$(P / 49)^{1,23}$
MEDIO	$(P / 47)^{1,27}$
DURO	$(P / 40)^{1,45}$

3.11.9 Factor de llenado del balde.

Es el porcentaje en volumen disponible de un cucharón o una caja que realmente se aprovecha. Este depende de las características del material a trabajar, si está seco o húmedo, si esta revuelto con otros materiales, de su tamaño y del sitio donde está depositado para el cargue. En la Figura 23 siguiente se dan factores de llenado para algunos materiales. Solanilla, 2003.

MATERIAL	FACTOR DE LLENADO (% de la capacidad colmada)
Suelo natural arcilloso, arcilla arenosa, tierra suave	A -100 -110 %
Tierra seca, tierra arenosa	B - 95 - 110 %
Suelo natural arenoso con grava. Arcilla dura y compacta	C - 80 - 90 %
Roca bien fragmentada por voladura	60 - 75 %
Roca mal fragmentada por voladura	40 - 50 %

Figura 23. Factor de llenado. Tomado de Solanilla, 2003.

3.11.10 Carga útil del balde

La capacidad del balde de un cargador está afectada por el factor de llenado y se determina por la fórmula:

Ecuación 6

$$Carga\ útil\ del\ balde = Capacidad\ del\ balde \times Factor\ de\ llenado$$

3.11.11 Producción mensual del equipo de carga (Pm)

La producción mensual es por la cantidad de metros cúbicos producidos al mes, este se obtiene de la multiplicación de la producción eficiente diaria de la pala por el número de días operativos en un mes.

$$Pm = Pde \times días$$

3.12 Equipo de acarreo

Ventajas:

- Flexibilidad en cuanto a distancias, 100 y 3000 m.

- Adapta a todo tipo de materiales a transportar.
- Facilidad para variar el ritmo de producción.
- Infraestructura sencilla y poco costosa.
- Posibilidad de contratación de la flota e incluso de la operación.
- Gran variedad de modelos para toda condición de operación.
- Fácil de supervisar y controlar.
- Menor inversión inicial que en otros sistemas de transporte.

Inconvenientes:

- Costos de operación elevados.
 - Complicada supervisión y optimización para muchas unidades operando.
 - Menor Rendimientos en largas distancia de transporte y/o el desnivel a superar.
 - Gran cantidad de mano de obra especializada en operación y mantenimiento.
- Según Cruzart, 2008.

3.12.1 Determinación de la capacidad del camión

El cargador debe cargar el camión en un número de ciclos comprendido entre 3 y 5. El tamaño del camión T (t) se determina en función del balde "C" y del tipo de material, (Véase, Tabla 4).

Tabla 4. Capacidad del camión, baldadas: pases. Léxico de la universidad de La Serena. Tomado y modificado de Cruzart, 2008.

TIPO DE MATERIAL	CAMIÓN T(t)
Blando	5 – 8 baldadas (m ³)
Medio	4 – 7 baldadas (m ³)
Duro	3,5 – 6 baldadas (m ³)

3.12.2 Tipos de Camiones. Camiones convencionales.

- Más usado en el movimiento de tierras y transporte en general.

- Sistemas principales: Tolva, Chasis, Cabina, Motor Diesel, Sist. Hidráulicos, Sist. Tracción. (Véase, Figura 24). Cruzart, 2008.

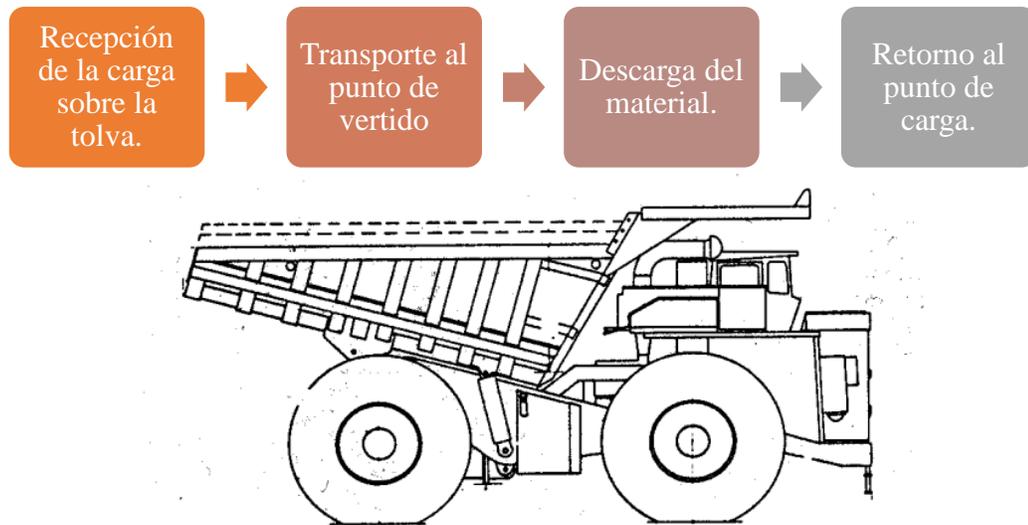


Figura 24. Camión minero de 2 ejes.

Características

- Relación carga útil / peso neto: 1,45 t/t
- Potencia media en HP / t de capacidad: 10,5 HP/t
- Capacidad: 10 t hasta 370 t
- Dos ejes: eje delantero soporta 47 % del peso neto del camión 32 % del peso total cargado, eje el trasero: 53 % y el 68 % de los pesos respectivamente.

Camiones con tractor remolque

- Baja relación potencia/peso.
- Baja inversión inicial.
- Menor consumo de combustible.
- Son más adecuados que los camiones convencionales para transportar a largas distancias. (Véase, Figura 25).

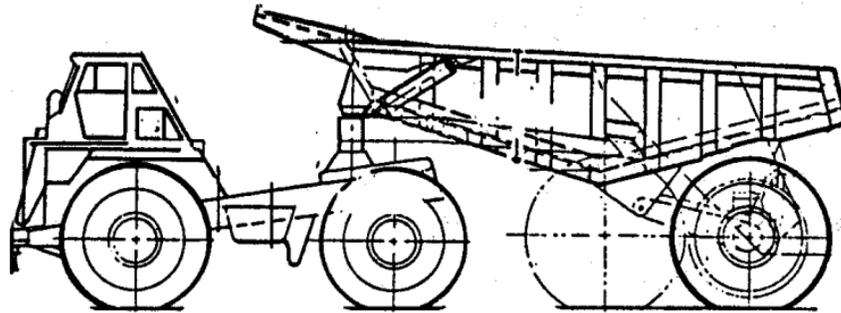


Figura 25. Tractor remolque

Camiones articulados

Se caracterizan por:

- Movimientos de tierras y minas de materiales blandos.
- Tracción en todas las ruedas. Construcción de unidades de dos y de tres ejes.
- Todas las ruedas contactan sobre el terreno,
- Altura de carga menor que en los camiones convencionales.
- Giro de un camión articulado. (Véase, Figura 26). Cruzart, 2008.

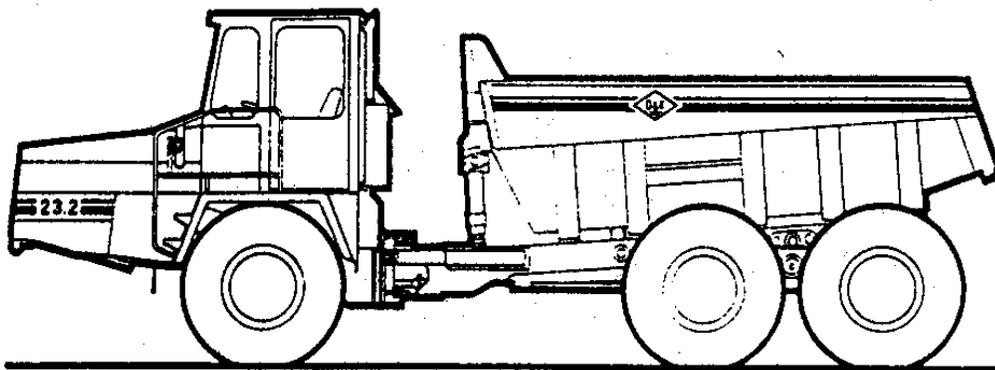


Figura 26. Camión articulado

3.12.3 Operación unitaria de los camiones

Las operaciones básicas que se realizan con los camiones es el transporte del material. Proceso mediante el cual se inicia el movimiento y desplazamiento de material de un lugar a otro mediante el uso de equipos que llevaran el material a los patios de acopio.

3.12.4 Versatilidad operacional y tipos de unidades

- Los cargadores están capacitados para efectuar las siguientes operaciones:
- Carga de camiones tolva, vagones de tren o tolvas fijas.
- Carga y transporte, reemplazando en distancias cortas el empleo de camiones tolva.
- Desde el frente de trabajo hasta el punto de vaciado.
- Desde un stock de material hasta la planta de tratamiento.
- Como máquina auxiliar: puede trabajar en limpieza de frentes o lugares de trabajo, preparación de rampas, apertura de pistas de transporte en laderas de cerros, etc.
- Como máquina de empuje, sustituyendo a los tractores sobre orugas.

3.13 Criterios geométricos para el diseño de minas a cielo abierto.

Una exploración a cielo abierto es una excavación realizada en la superficie del terreno con el fin de extraer un material beneficiarle de la corteza terrestre. Esta operación implica, generalmente, mover cantidades variables de estéril, según la profundidad del depósito o espesor del recubrimiento.

El procedimiento para realizar la explotación queda definido por la aplicación de unos parámetros o criterios de diseño de la excavación, que permiten alcanzar las producciones programadas, de la forma más económica posible y en condiciones de seguridad y evaluar en la etapa inicial las reservas explotables.

Entre los criterios de diseños operativos planteados en la minería podemos mencionar (Crawford 1979 citado por López, 2000):

- Altura de banco.
- Talud de banco.
- Angulo de reposo del material
- Anchos de banco operativo

Algunos valores típicos son de la siguiente manera:

- Anchos de banco finales igual a la altura de banco.
- Ancho mínimo de trabajo en promedio esta entre 41 a 46 m y 8 a 24 m dependiendo del ancho de los equipos.
- Máximo grado de carreteras 8 a 12 %.

El punto de partida para el diseño de cualquier explotación a cielo abierto es la geológica del yacimiento que se haya realizado con anterioridad a partir de los trabajos de investigación. Tras efectuar el diseño y evaluar las reservas explotables, se pasa a diseñar algunas faces intermedias y a continuación a definir el método de explotación y seleccionar la maquinaria que constituye el sistema minero.

3.13.1 Altura de bancos.

La altura de bancos es la distancia vertical entre dos niveles o lo que es lo mismo, desde el pie del banco hasta la parte más alta o cabeza del mismo (López 2000), se establece a partir de las dimensiones de los equipos de excavación y carga, las características del macizo y las exigencias de selectividad. Fundamentalmente es el equipo de carga y la altura máxima que alcanza el cucharón, el condicionante para establecer la altura de banco. Este criterio permite utilizar la pala o excavadora para sacar cualquier punto de frente y mantener unas condiciones operativas de seguridad aceptables. La experiencia de las explotación a cielos abierto más técnicamente sugiere alturas máximas comprendidas entre 10 y 20 m.

Como orientación, el alcance máximo de la gama mayor de palas de ruedas no suele sobrepasar los 10 m, mientras que para determinados modelos de excavadoras, tanto de cables como hidráulicas puede alcanzar los 18 m.

3.13.2 Ancho operativo

La anchura mínima de banco de trabajo es la suma de los espacios necesarios para el movimiento de la maquinaria que trabaja en ellos simultáneamente, (Véase, Figura 27).

Los tres procesos básicos que tienen lugar en el interior de una explotación: perforación, carga y transporte y que pueden o no simultanearse en el mismo banco. La medida correspondiente a la perforación depende del área que ocupe la máquina perforadora, que en el caso de ejecutar barrenos verticales, pues solo ocupará la mitad de su ancho operativo de su ancho detrás de la última fila al poder situarse longitudinalmente en el banco y la anchura de la voladura proyectada. Siempre será necesario dejar la orden de 1,5 m, como ancho de seguridad (S) hasta el banco. Se calcula con lo siguiente:

$$\text{Ecuación 7} \quad \text{Ancho mínimo de operacio} = BS + 2 \times DS + AC + 2 \times RG$$

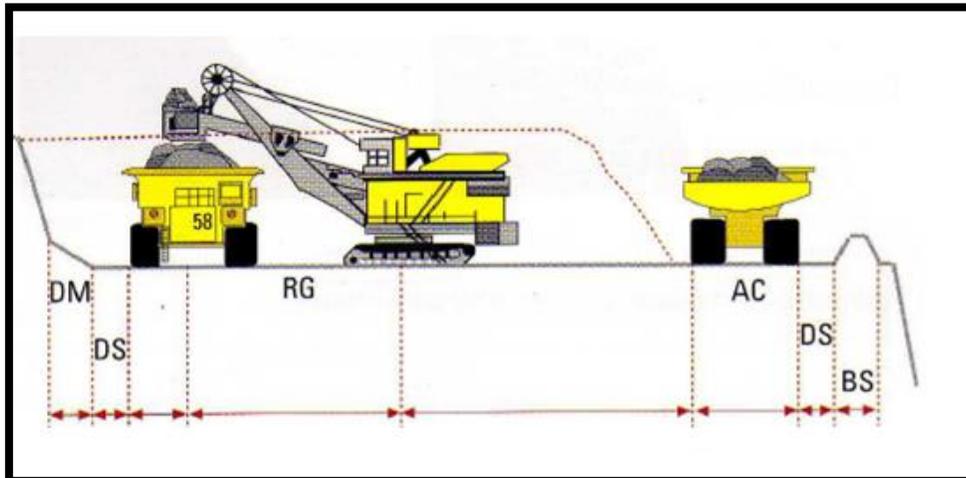


Figura 27. Elementos del ancho mínimo de operación. Tomado de Portal Minero, 2006.

Donde;

BS: Berma de seguridad

DS: Distancia de seguridad

AC: Ancho del camión

RG: Radio de giro del equipo de carga

DM: Derrame de material

3.13.3 Ángulo de talud

El talud o pared de la mina es el plano inclinado que se forma por la sucesión de las caras verticales de los bancos y las bermas respectivas. Este plano presenta una inclinación de 45° a 58° con respecto a la horizontal, dependiendo de la calidad geotécnica de las rocas que conforman la mina. Es un parámetro geométrico más significativo en la explotación a cielo abierto, ya que una de las restricciones operacionales más relevantes es garantizar la estabilidad de cada uno de los sectores involucrados. Para esto se requiere mantener una geometría de diseño que permita un máximo beneficio económico y un mínimo factor de riesgo geo mecánico. Solanilla, 2003.

3.14 Método de análisis de estabilidad de taludes

Los métodos de análisis de estabilidad se basan en un planteamiento físico-matemático en el que intervienen las fuerzas estabilizadoras y desestabilizadoras que actúan sobre el talud y que determinan su comportamiento y condiciones de estabilidad, se tiene el método determinístico y método probabilístico,(Véase, Figura 28).

Por efectos del trabajo de investigación se usa el método determinístico el cual contempla lo siguiente, conocidas o supuestas las condiciones en que se encuentra un talud, estos métodos indican si el talud es o no estable. Consisten en seleccionar los valores adecuados de los parámetros físicos y resistentes que controlan el comportamiento del material para, a partir de ellos y de las leyes de comportamiento adecuadas, definir el estado de estabilidad o el factor de seguridad del talud. Existen dos grupos: métodos de equilibrio limite y método tenso-deformacionales. Vallejo, 2002.

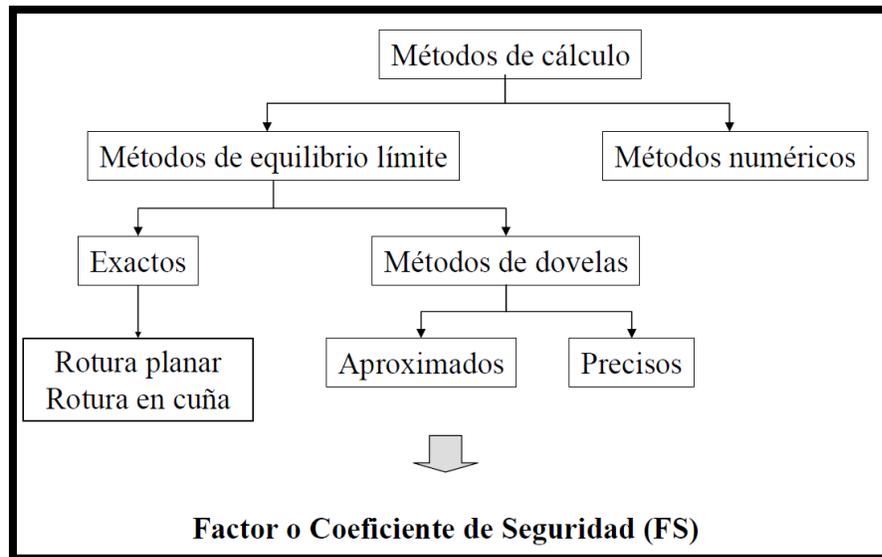


Figura 28. Métodos para el cálculo de la estabilidad de taludes. Tomado de AIME.

Los factores más importantes que afectan a la seguridad de las operaciones son los siguientes:

- Caída o deslizamiento de materiales sueltos.
- Colapso parcial de un banco.
- Colapso general del talud de la excavación.

Las recomendaciones con relación al control y eliminación de tales riesgos implican la adopción de las siguientes medidas:

- Diseño adecuado de bancos y plataformas para retener los desprendimientos de materiales.
- Determinación y mantenimiento adecuado de los taludes generales seguros.
- Control de voladura en el perímetro de excavación de cara a reducir los daños en el macizo remanente.
- Aplicación de sistema de drenaje de los macizos para reducir los esfuerzos originados por el agua.
- Saneamiento sistemático y efectivo de materiales colgados.

Los estudios previos necesarios para realizar el diseño geotécnico de un talud estable implican una caracterización del macizo rocoso objeto de la excavación a partir de:

- Los sistemas de juntas y discontinuidades.
- La relación de estos y la excavación con los posibles planos de rotura.
- Los parámetros resistentes de las juntas las características y propiedades de sus superficies así como los materiales que las rellenan.
- Las propiedades geo-mecánicas de la matriz rocosa.
- Las características hidrogeológicas y las presiones de agua en juntas de fracturas.
- Efecto de las vibraciones sobre los macizos residuales.

3.14.1 Coeficiente de seguridad

El valor del coeficiente de seguridad depende de la importancia de la obra y de los daños inherentes a la rotura del talud. Se recomienda, para procesos permanentes a largo plazo un valor superior a 1,4, y preferiblemente por encima de 1,5. Puede reducirse a valores de 1,3 en situaciones transitorias, e incluso a valores menores, de 1,1 a 1,2, en situaciones accidentales, (Véase, Figura 29).

COMBINACIÓN DE ACCIONES	COEFICIENTE NORMAL	COEFICIENTE REDUCIDO
Casi permanente (*)	$F_1 \geq 1,50$	$F_{1,red} \geq 1,30$
Característica	$F_2 \geq 1,30$	$F_{2,red} \geq 1,20$
Accidental	$F_3 \geq 1,10$	$F_{3,red} \geq 1,05$

Figura 29. Estabilidad global, coeficientes de seguridad mínimos. Tomado de Bernal 2015.

Existen muchos métodos para el cálculo del coeficiente de seguridad algunos de ellos son los que se puede apreciar en la Figura 30.

Método	Superficies de Falla	Equilibrio		Características
Talud Infinito	Rectas	Fuerzas		Bloque delgado con nivel fretico, falla paralela a la superficie.
Bolques o cuñas	Cuñas con tramos rectos	Fuerzas		Cuñas simples, dobles o triples, analizando las fuerzas que actúan sobre cada cuña.
Espiral logarítmica (Frohlich, 1953)	Espiral logarítmica	Fuerzas y momentos		Superficie de falla en espiral logarítmica. El radio de la espiral varía con el ángulo de rotación.
Arco circular, (Fellenius, 1922)	Circulares	Momentos		Círculo de falla, el cual es analizado como un solo bloque. Se requiere que el suelo sea cohesivo ($\phi = 0$).
Ordinario de Fellenius (Fellenius 1927)	Circulares	Fuerzas		No tiene en cuenta las fuerzas entre dovelas.
Bishop simplificado (Bishop 1955)	Circulares	Momentos		Asume que todas las fuerzas de cortante, entre dovelas, son cero.
Janbú Simplificado (Janbú 1968)	Cualquier forma	Fuerzas		Asume que no hay fuerza de cortante entre dovelas.
Sueco Modificado. U.S. Army Corps of Engineers (1970)	Cualquier forma	Fuerzas		Las fuerzas entre dovelas tienen la misma dirección que la superficie del terreno.
Lowe y Karafiath (1960)	Cualquier forma	Fuerzas		Las fuerzas entre dovelas están inclinadas en un ángulo igual al promedio de la superficie del terreno y las bases de las dovelas.
Spencer (1967)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas		La inclinación de las fuerzas laterales son las mismas para cada tajada, pero son desconocidas.
Morgenstern y Price (1965)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas		Las fuerzas entre dovelas, sea asume, que varían de acuerdo con una función arbitraria.
Sarma (1973)	Cualquier forma	Momentos y fuerzas		Utiliza el método de las dovelas en el cálculo de la magnitud de un coeficiente sísmico requerido para producir la falla.

Figura 30. Métodos para el cálculo del coeficiente de seguridad. Tomado de Suárez, 2013.

3.14.2 Cohesión

Es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad. La cohesión se mide kg/cm^2 . Los suelos arcillosos tienen cohesión alta de $0,25 \text{ kg/cm}^2$ a $1,5 \text{ kg/cm}^2$, o más. Los suelos limosos tienen muy poca, y en las arenas la cohesión es prácticamente nula.

3.14.3 Fricción interna

Es la resistencia al deslizamiento causado por la fricción que hay entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad. Como los suelos granulares tienen superficies de contacto mayores y sus partículas, especialmente si son angulares, presentan una buena trabazón, tendrán fricciones internas altas. En cambio, los suelos finos las tendrán bajas. La fricción interna de un suelo, está definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento, a lo largo de un plano, y la fuerza normal "p" aplicada a dicho plano. Los valores de este ángulo llamada "ángulo de fricción interna" f , varían de prácticamente 0° para arcillas plásticas, cuya consistencia este próxima a su límite líquido, hasta 45° o más, para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares. Generalmente, el ángulo f para arenas es alrededor de 30° .

CAPÍTULO 4.
MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se esboza el abordaje al tema, la metodología seguida a lo largo de esta investigación para el logro de los objetivos propuestos.

4.1 Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo descriptivo, en la cual se debe de describir todo lo que concierne al plan de extracción del material arcilloso, se deberá explicar todas las fases para cumplir el plan, cada una de las características de un diseño minero (geología, ángulos de taludes, producción de la mina, entre otros), así como se describe con la topografía modificada anualmente el método extractivo del material arcilloso, el volumen extraído al cabo de los 5 años.

4.2 Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental de campo, ya que la recolección de los datos directamente en la cantera de arcilla La Cabrera, con el fin de obtener la información pertinente para la elaboración del Plan de Explotación de la cantera, dichos datos no serán alterados. En campo se recauda información sobre el estado de la cantera; así un levantamiento topográfico, para la actualización y modificación de la topografía de la cantera.

4.3 Población y muestra

Para la propuesta de Plan de Explotación Quinquenal de la cantera de arcilla, no se cuenta con una población ni una muestra, debido a que ambas son lo mismo, es decir, la cantera de arcilla La Cabrera es la población y la muestra, ya que el estudio se basa en la misma.

4.4 Técnica e instrumentos de recolección de datos

Para el cumplimiento de los objetivos expuestos con anterioridad se llegó a la siguiente metodología aplicada a lo largo de todo el proceso de investigación para la obtención de la Propuesta de Plan de Explotación Quinquenal de cantera de arcilla La Cabrera, con base al requerimiento de 173.000 T, anuales de arcilla. Partiendo de ello

la investigación contará con las siguientes actividades a cumplir: para obtener todos los datos y su posterior análisis para la Propuesta de Plan Quinquenal de cantera de arcilla La Cabrera, se ejecuta de tal manera que tanto el tipo, diseño y objetivos de la investigación están vinculadas. Algunas de las técnicas e instrumentos a usar para la recolección de los datos y en vista del diseño de investigación de campo se utilizan la técnica de observación, es decir, una visualización de tipo estructurada. De igual manera se usan otras herramientas las cuales son las siguientes: uso de escalas de estimación de producción, diarios de campo con sus respectivos ítems a ser observado.

Se hará uso es de un teodolito digital marca Stonex, para el levantamiento topográfico de la cantera, el manejo de programas de dibujo asistido como lo es autodesk AutoCAD ® 2017, para el cálculo de material arcilloso, hojas de cálculo de Microsoft Excel ® 2013, motores de búsqueda de información online.

4.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Para el procesamiento de los datos y su posterior análisis se utilizan las siguientes técnicas:

- ✓ Dentro de la cantera se realiza un levantamiento topográfico con la ayuda del teodolito digital marca Stonex, creando nuevos puntos de referencia y así poder emitir una topografía del estado actual de la cantera. Posteriormente, esos datos son vaciados en el programa de dibujo asistido autodesk AutoCad ® 2017, y con ayuda de sus herramientas lograr la realización de la topografía actualizada.
- ✓ Luego de la obtención de la topografía actualizada de la cantera, se plantea el cálculo de volumen del material arcilloso, para el cual se emplea el uso del método de secciones paralelas en conjunto con el programa de dibujo asistido, se generan los perfiles topográficos y con la disposición del material y los parámetros ingenieriles, se logra la limitación dentro del perfil y se calcula el

volumen por cada uno de sus niveles, se realiza posteriormente la sumatoria de todas las áreas y con el peso específico se obtiene el volumen de material arcilloso. Después de ello, se divide la cantidad de material entre la cantidad de material requerida en planta y se obtiene la vida útil de la cantera.

- ✓ Posteriormente a la generación y cálculo de volúmenes se prosigue a realizar los avances topográficos con ayuda del programa de dibujo asistido AutoCAD, con base en el requerimiento en planta, la cantidad de volumen en cada nivel y la caracterización química de la arcilla realizada por la empresa, creando así la secuencia de extracción.
- ✓ Para la determinación de los equipos; se hará uso de la cantidad de material requerido mensualmente, la distancia que existe desde la cantera hasta el patio de acopio de material arcilloso, se determinará la cantidad de equipos necesarios para la producción requerida en función de los rendimientos anuales unitarios, la combinación de pala-camión, en función del rendimiento de estos. Con la selección del equipo adecuado y en conjunto con los parámetros de producción mensual y los parámetros de la topografía actual, se planteará la flota con el rendimiento de los equipos, sus ciclos de producción y turnos de trabajo.
- ✓ Para cumplir con el objetivo propuesto de desarrollo de plan minero y su secuencia de extracción, se ejecutaron las siguientes tareas con la topografía actualizada, las reservas y los equipos:
 - a. Se hará el cálculo de factor de seguridad en base a la altura y talud del banco, haciendo uso del método de la tabla de Taylor.
 - b. De acuerdo a lo obtenido en la tarea anterior se planteara el cambio o no de la altura del banco, esta se evaluara a 8m de altura.
 - c. Se realizará el cálculo de los criterios geométricos del banco de extracción, tal como lo es el ancho mínimo de trabajo operativo.

- d. Haciendo uso de la topografía, las reservas y los datos recolectados con los criterios geométricos, se plantearán los niveles de producción por año de la cantera y así la secuencia de extracción.
- e. Después de la tarea anterior se obtendrá la configuración de la cantera por año de producción. Dentro de este también se realizarán las rampas de acceso hacia los frentes de extracción definidos.

CAPÍTULO 5.
RESULTADOS Y ANÁLISIS

En el siguiente capítulo se expondrán los resultados obtenidos a lo largo de toda la investigación.

5.1 Situación actual de la cantera

La carencia de un plan de explotación en esta cantera ha generado una extracción desordenada e irracional, así como labores con ángulos que no garantizan la estabilidad física de los mismos, además de definir la continuidad de este a lo largo del trabajo de extracción en la cantera. En la Figura 31, se puede apreciar la irregularidad de los bancos de extracción, tal como se puede apreciar por la zona delimitada por la línea de color negro; así como también la irregularidad de estos, ocasionando acumulaciones de material arcilloso al pie del banco de los bancos de extracción, como se puede apreciar por el ovalo de color rojo. Esta zona se encuentra dentro del Área # 2.

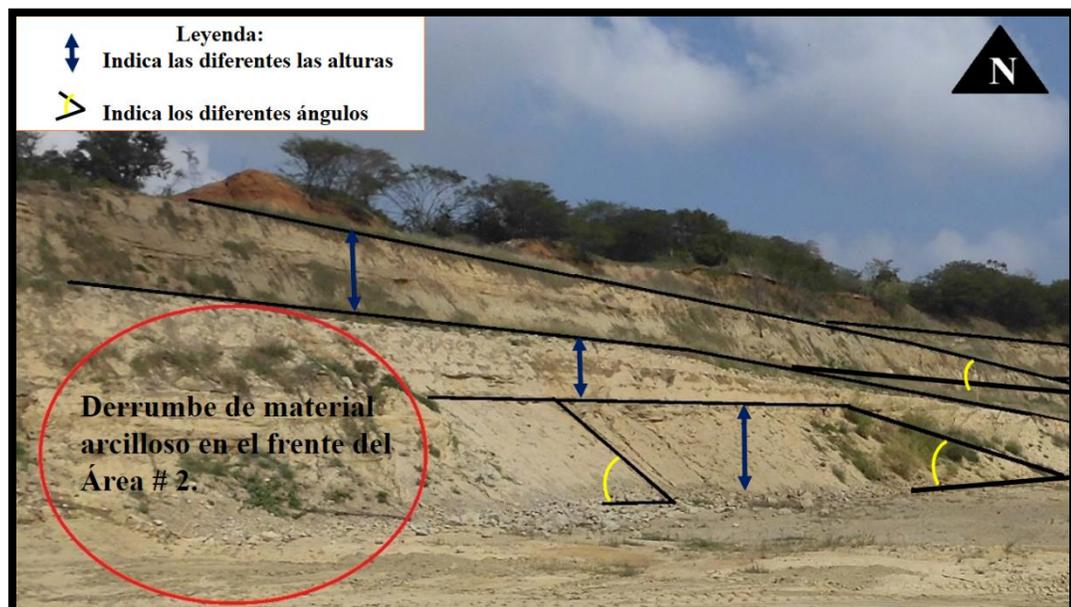


Figura 31. Zona de la cantera Noreste, evidencia de los diversos problemas de diferentes taludes y derrumbes. Fuente propia

En la Figura 32, se observa una forma diferente de los frentes de extracción de material arcilloso, si bien son frentes ya extraídos estos conservan una forma estable

y uniforme. Dicha zona pertenece al área # 3. La ubicación de esta zona esta inmediata a la zona visualizada en la figura anterior.

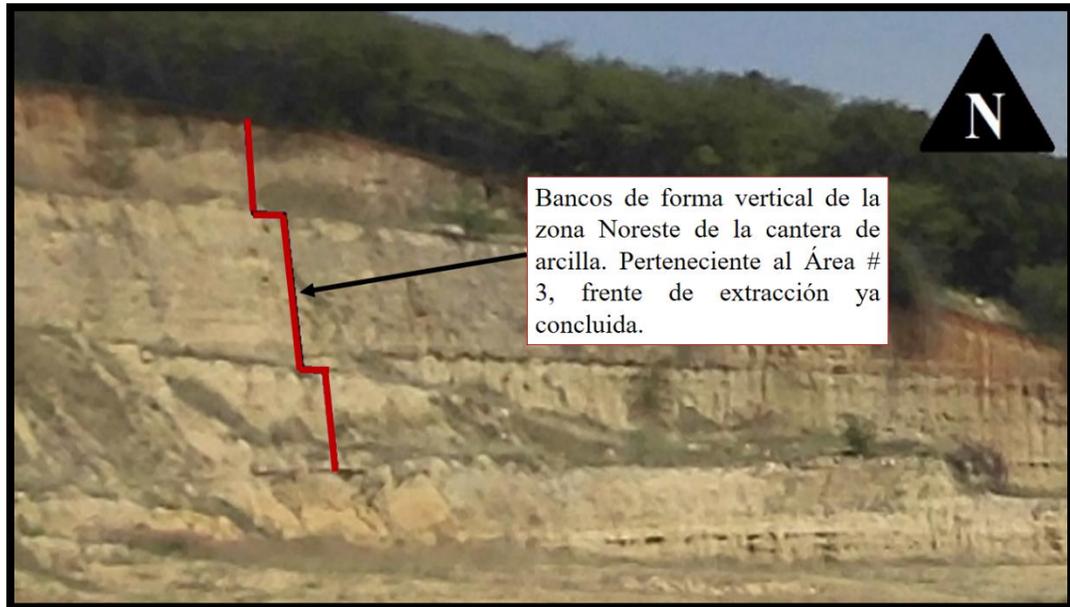


Figura 32. Zona de cantera en la zona Noroeste, evidencia de una geometría estable. Fuente propia.

Por otro lado se tiene la Figura 33, donde se observa el área correspondiente a la zona de extracción vigente, formando parte del Área # 5; como se puede ver los taludes son verticales y sin espacio para el libre tránsito de los equipos de carga, evidenciando la carencia de un Plan de Explotación. Una vez evidenciada la discontinuidad de los frentes de extracción, se observa que en la Figura 33, en la cual no se tenía parámetros geo mecánicos para su estabilidad se optó por utilizar la configuración de los frentes antes aprovechados ya que estos se conservan a lo largo del tiempo, lo cual indica que al momento de extraer el material arcilloso tiende a colocar ángulos verticales y alturas entre los 8 y 10m.

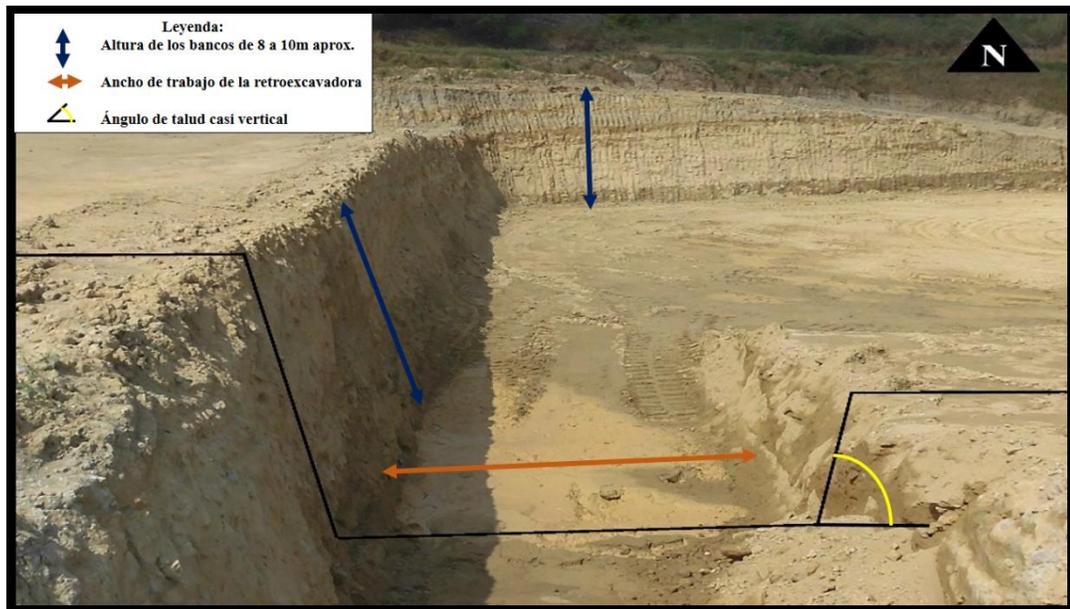


Figura 33. Frente de extracción del área #5. Fuente propia.

5.2 Topografía

Para la actualización del mapa topográfico de la cantera La Cabrera, se lleva a cabo una jornada de levantamientos de puntos topográficos, en el cual con ayuda de un teodolito para tomar las respectivas mediciones, considerando como eje principal X e Y. Una vez obtenidos los puntos, se realiza el debido proceso de transformar los datos del sistema Canoa al sistema Regven, obteniendo así la Tabla 5, donde se muestran los puntos en sistema Regven.

Tabla 5. Puntos del levantamiento topográfico del polígono. Fuente propia.

PUNTO	Y	X	ELEVACIÓN(m)
1	22167146	36522879	239
2	22049694	3661002	228
3	2117807	3628524	214
4	19569112	36065071	206
5	18508224	35982685	213
6	18665185	36708521	214
7	18665943	36244116	216
8	18508147	3593982	216
9	18094834	35758035	212
10	18391507	35905319	214
11	19184093	34464235	228
12	22882282	37982685	240
13	22566634	35251709	246
14	21566422	34529437	246
15	21558803	34455312	216
16	22855659	37982685	235
17	18508224	35982685	233

A partir de los datos topográficos y la utilización del program Autodesk AutoCAD® 2017, se obtuvo la poligonal cerrada, (Véase, Figura 34).

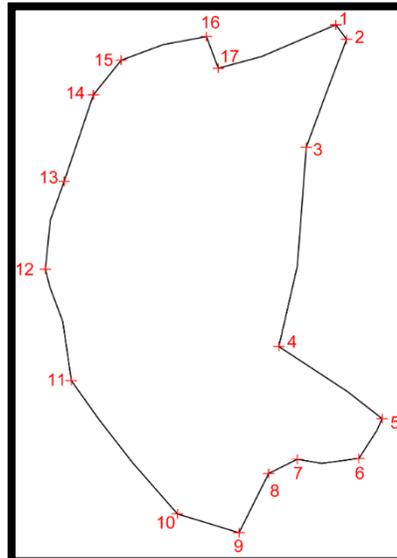


Figura 34. Polígono generado. Fuente propia.

Se toma como guía para las curvas de nivel principal y secundarias, la topografía de la cantera del año 2003 (Véase, Figura 35), realizada por el Ing. Bruno Viale y revisado por el Ing. Juan Díaz, en fecha 18/04/2002.

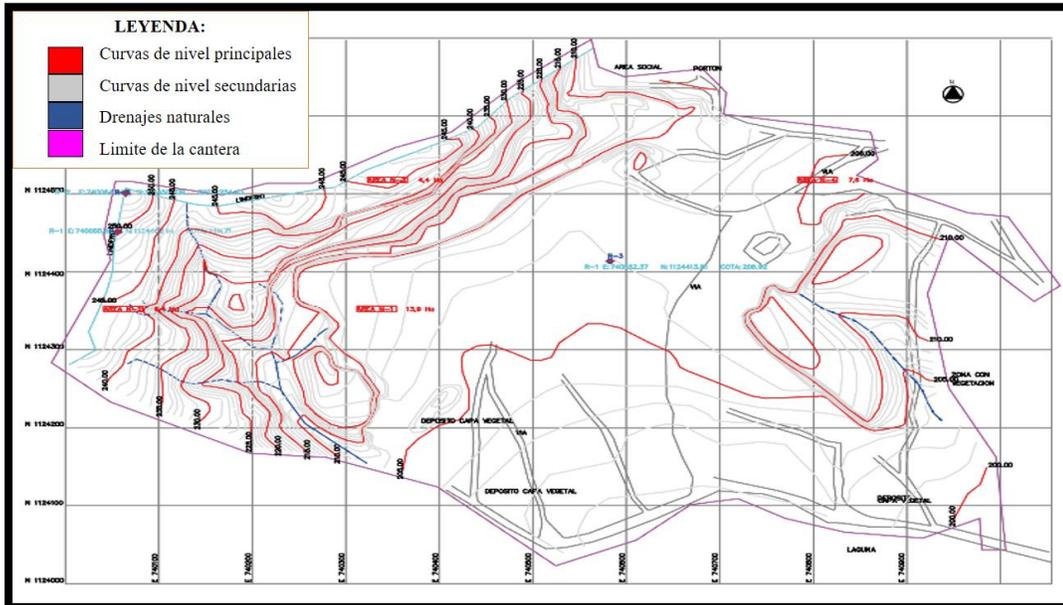


Figura 35. Topografía de la cantera 2003. Tomado y modificado de topografía de FNC (2003)

Las curvas de nivel se realizan mediante la herramientas del *software* Autodesk AutoCAD® 2017 y AutoCAD Civil 3D® 2010, haciendo uso de la triangulación, iconos de edición y generación de curvas de nivel. Obteniendo la topografía de la zona de estudio para el año 2015, tal como se muestra en la Figura 36. Los puntos expuestos en la tabla, son aquellos correspondientes a la poligonal de afectación del plan de extracción de la cantera. En la zona delimitada como el Área#5, también conocida como área de afectación, se ejecutó los estudios de cálculo de reserva y la ejecución de las operaciones mineras.

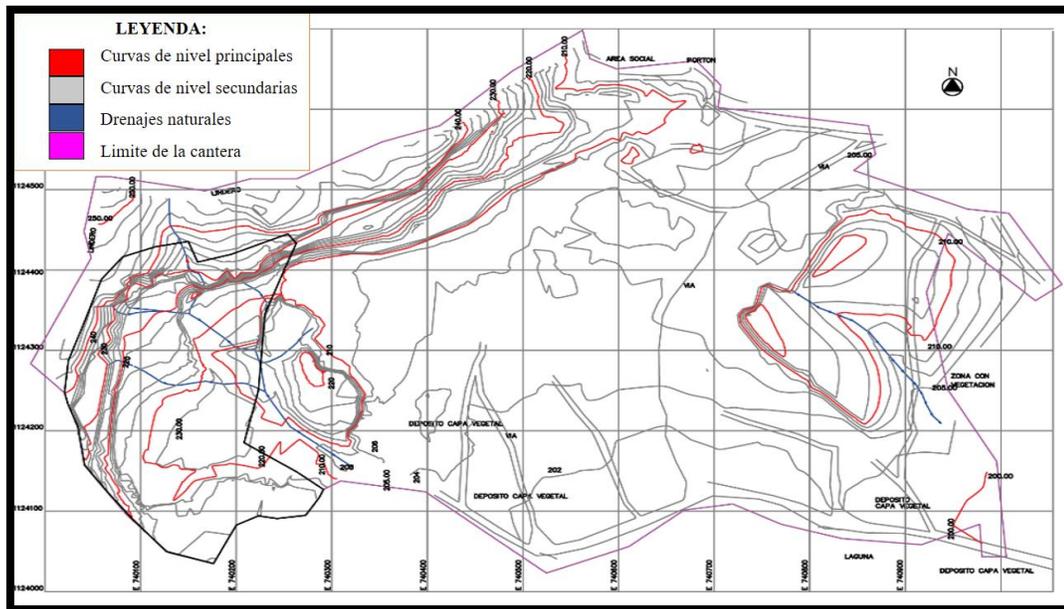


Figura 36. Mapa topográfico actualizado de la cantera de arcilla, con levantamiento del polígono. Diciembre 2015.

En la Figura 37, se puede apreciar de forma detallada la zona de afectación del plan de extracción del material arcilloso.

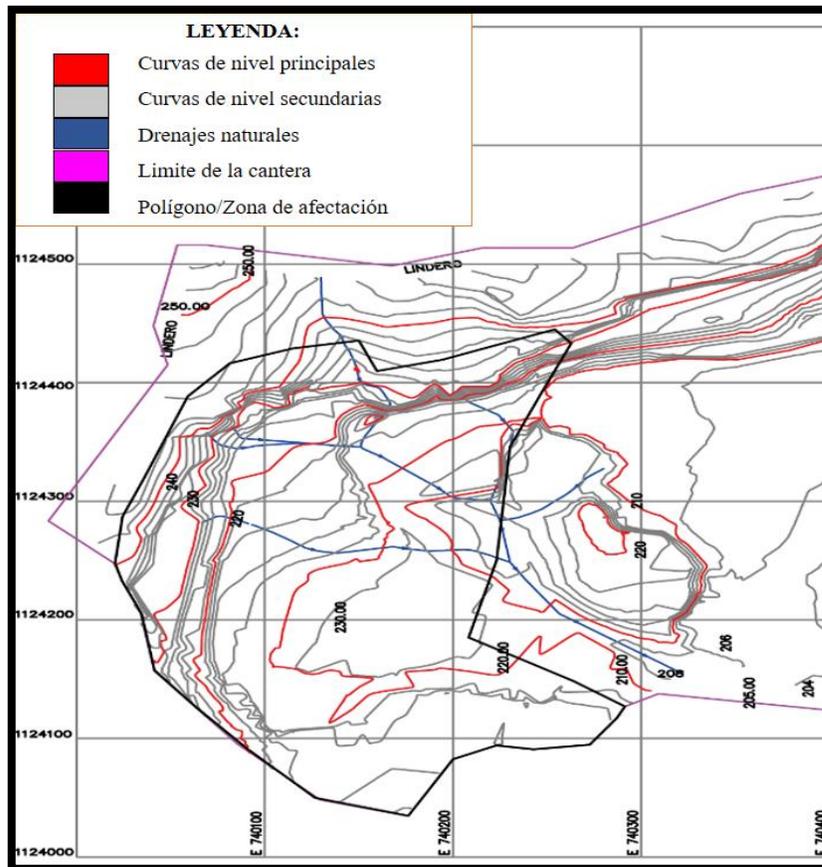


Figura 37. Mapa de la zona de la cantera donde se realizará la extracción del material arcilloso.

5.2 Reservas

De acuerdo a la extensión y forma del yacimiento de material arcilloso, se plantea el cálculo de las reservas con ayuda del *software* Autodesk AutoCAD® 2017, creando los dibujos digitales de forma sencilla y precisa. También se usa el programa Microsoft Excel® 2010, por su capacidad de hacer cálculos matemáticos, tablas, entre otros. Para realizar los perfiles se utiliza la topografía actualizada obtenida anteriormente, de esta se surgieron 17 perfiles, tal como se muestra en la Figura 38, donde se puede apreciar la distribución y ubicación dentro del mapa.

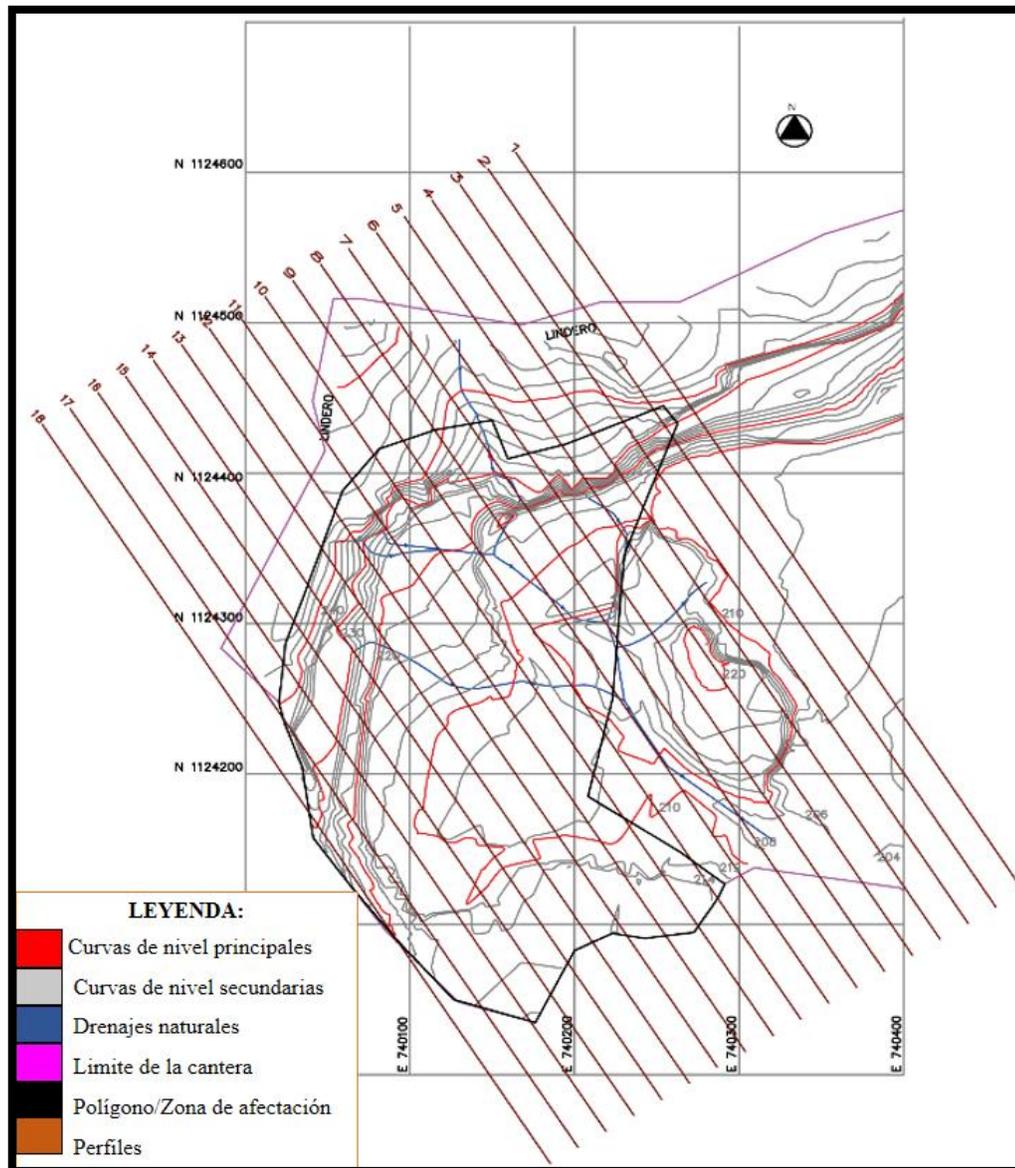


Figura 38. Mapa actualizado con ubicación de los perfiles para el cálculo de las reservas. Elaboración propia.

Se obtienen 17 perfiles debido a la longitud del Área #5 y a los criterios tomados en cuenta para la distribución y ubicación de estos; dichos criterios fueron los siguientes:

- ✓ La separación de los perfiles fue de forma paralela y equidistante de 20 metros.
- ✓ La orientación de los perfiles con respecto a la horizontal fue de 122° , esto es debido a la ubicación de estos que se hizo de forma visual, tomando en

consideración el criterio de hallar la mayor información dentro del área en estudio.

- ✓ La orientación de los perfiles fue medida con respecto a la Norte-Sur y fue de N189°S.

El cálculo se ejecuta por partes, una vez obtenidos los perfiles de la topografía actualizada, como se puede ver en la Figura 39. Luego se prosigue a extraer los perfiles con los parámetros del banco (altura, ancho y grado de inclinación) con la finalidad de tener la configuración de los frentes de extracción evidenciada en los perfiles, tal como se muestra en la Figura 40. Seguidamente se plantea la superposición de los perfiles (Véase, Figura 41), obteniendo así el cálculo de las áreas, este se realiza con las herramientas del programa de dibujo asistido Autodesk AutoCAD® 2017. Se coloca el nivel 206 como la cota base, esto en función de la mayoría de los resultados obtenidos de las investigaciones previas en la cantera; estos estudios se basan en la recolección de testigos, por medio de perforaciones de hasta 20 metros de profundidad, dando así como resultado la presencia de arcilla, en su mayoría, hasta la cota 202. Es importante resaltar que se toma la cota 206 como base y no la 202, debido a que los estudios que muestran la presencia de arcilla en su mayoría hasta la cota 206, mientras que en la cota 202 se desconoce si la arcilla quedan en presencia con otro material que no es de interés para la empresa.

Posteriormente se realiza una tabla en Microsoft Excel® 2010, donde se distribuyeron por perfiles las áreas en metros cuadrados. Una vez obtenidas las áreas de cada perfil se calcula el volumen de la reserva, ubicándola de igual modo en una tabla ordenados por perfiles (Véase, Tabla 6). Con el volumen se realiza el cálculo de metros cúbicos a toneladas utilizando la densidad del material arcilloso, dando como reserva del área de afectación de 1.082.532,9 T.

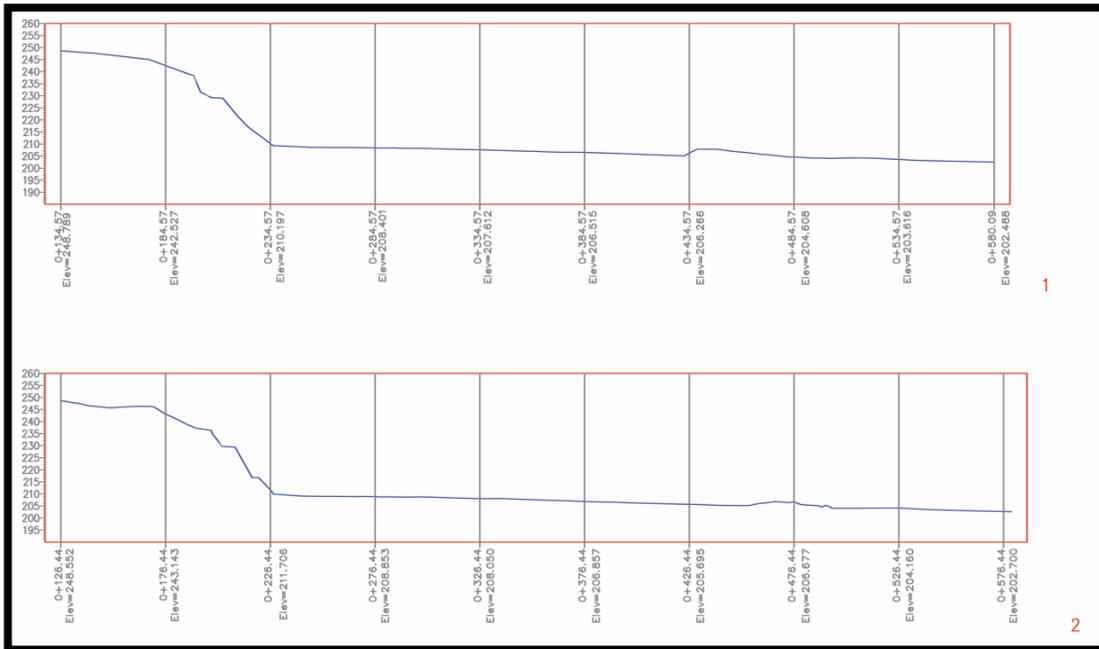


Figura 39. Perfiles 1 y 2 del mapa actualizado, diciembre 2015.

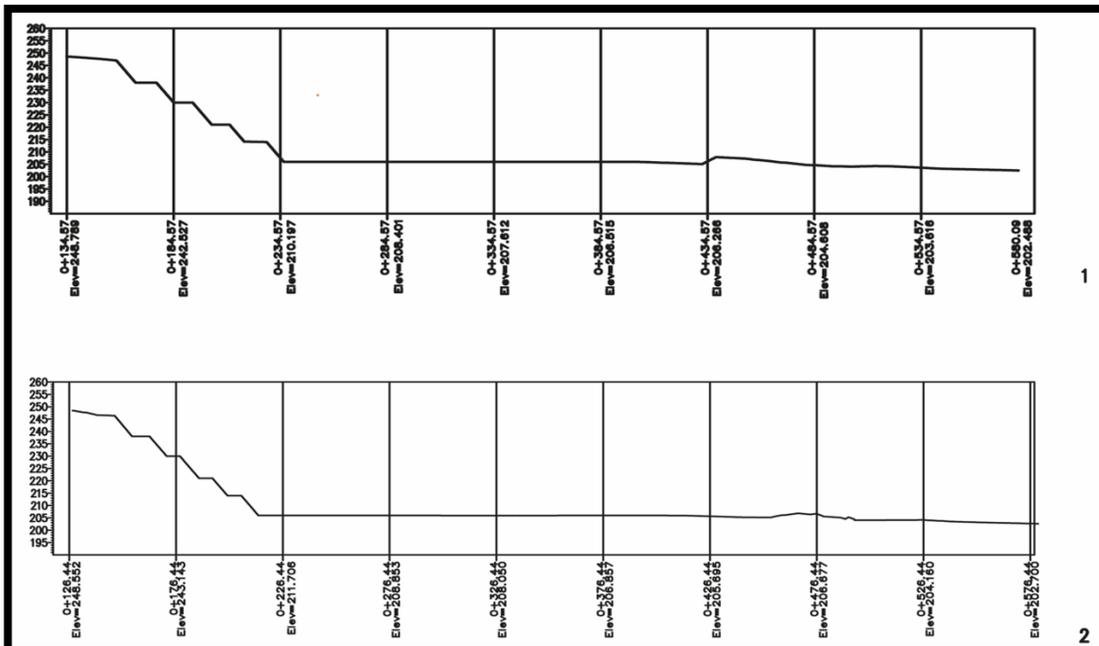


Figura 40. Perfiles 1 y 2 de la topografía modificada con los parámetros de banqueo.

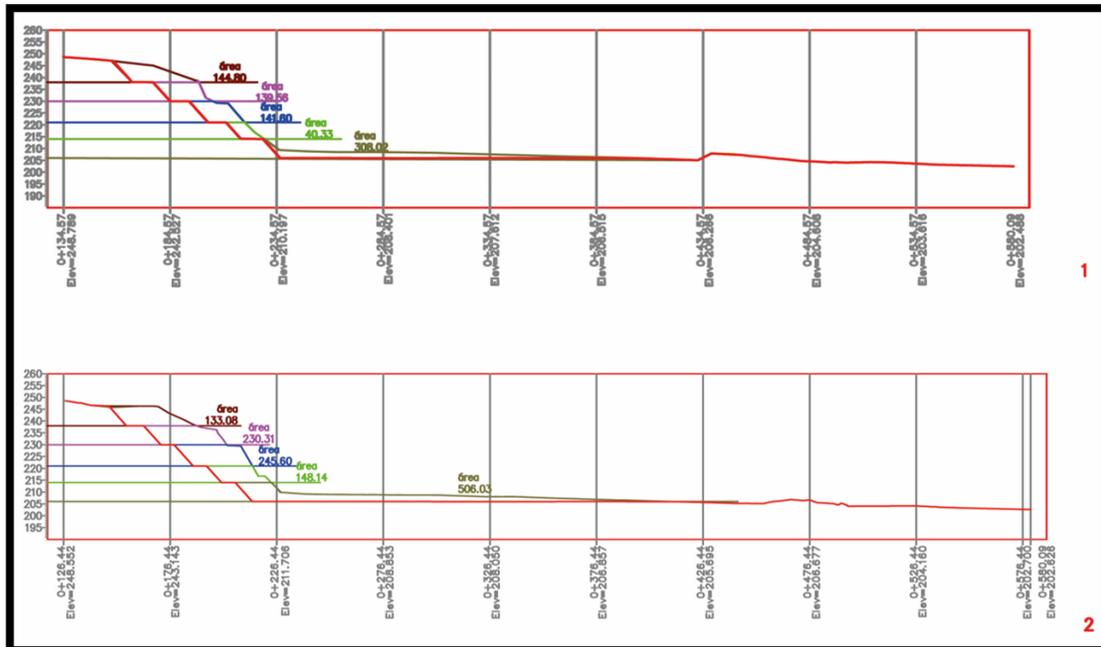


Figura 41. Perfil 1. Área 774.31m^2 . Elaboración propia.

Para calcular el volumen se usa la herramienta de Microsoft Excel® 2010, utilizando una tabla donde se puede observar los perfiles, las áreas y el material en m^3 .

Una vez adquiridas las áreas se calcula por medio de la Ecuación 1 del método de cálculo de reserva por perfiles el volumen del material arcilloso en m^3 , (Véase, Tabla 6).

Tabla 6.Resultados de área y volumen de los perfiles. Elaboración propia.

Perfil (P)	Área (m^2)	Volumen (m^3)
1	774,31	774,31
2	1.265,16	20.394,70
3	1.510,92	27.760,80
4	2.816,55	43.274,70
5	3.311,30	61.278,50
6	3.320,02	66.313,20
7	2.800,98	61.210,00
8	2.563,01	53.639,90
9	2.260,55	48.235,60
10	2.143,43	44.039,80
11	2.069,15	42.125,80
12	2.179,50	42.486,50
13	2.100,20	42.797,00
14	1.496,40	35.966,00
15	1.323,51	28.199,10
16	1.722,40	30.459,10
17	1.040,40	27.628,00
Total	34.697,79	676.583,01

Luego se procede al cálculo de volúmenes por cada nivel, este se ejecuta con la ayuda de la Tabla 7. El procedimiento fue el siguiente: por cada perfil o progresiva, se ubica el área de cada nivel, en el perfil o progresiva correspondiente. Siguiendo estos pasos se llenaron las hojas de cálculo.

La configuración de está es de tal manera que su manejo y comprensión sea de forma sencilla; dentro de la configuración se emplea el método de cálculo de reservas por perfiles, se mostrara un solo cálculo de nivel los demás se encontraran en los apéndices. Dentro de la tabla están las siguientes características:

- La primera columna: perfiles o progresivas
- La segunda columna: área de banqueo designado.
- La tercera columna: sumatoria de las áreas, después se multiplican por la distancia media de 20 metros que separa un perfil de otro entre 2, es decir 10

metros. Este último corresponde a la columna cuatro, donde se tiene el volumen del nivel en m^3 . Tal como se muestra en la teoría de las reservas (Capítulo III, apartado 3.2.5). Al final de la hoja de cálculo se tiene la cantidad de material en m^3 y T.

Después de hacer el mismo procedimiento nivel por nivel se llega a la Tabla 7, donde se encuentra la cantidad de material arcilloso expresado en m^3 y en T, recordando que para la conversión se usa la densidad de $1,6 T/m^3$, dato suministrado por la empresa.

Tabla 7. Hoja de Excel donde se realiza el cálculo de volumen del nivel 206.

FNC						
CANT LA CABRERA, OCUMARE DEL TUY- EDO. MIRANDA						
OBRA: CAL, VOL ARCILLA NIVEL 206						
CÁLCULO DE VOLÚMENES						
PROGRESIVAS	AREA	SUMATORIAS		DISTANCIA	VOLUMEN	VOLUMEN
	BANQUEO	ÁREAS		MEDIA	BANQUEO	ACUMULADO
						PILA
0+000,00	308,02					
		814,05	-	10,00	8.140,50	8.140,50
0+020,00	506,03					
		1.206,99	-	10,00	12.069,90	20.210,40
0+040,00	700,96					
		2.281,28	-	10,00	22.812,80	43.023,20
0+060,00	1.580,32					
		3.508,03	-	10,00	35.080,30	78.103,50
0+080,00	1.927,71					
		3.456,25	-	10,00	34.562,50	112.666,00
0+100,00	1.528,54					
		3.291,20	-	10,00	32.912,00	145.578,00
0+120,00	1.762,66					
		2.986,15	-	10,00	29.861,50	175.439,50
0+140,00	1.223,49					
		2.588,71	-	10,00	25.887,10	201.326,60
0+160,00	1.365,22					
		2.874,08	-	10,00	28.740,80	230.067,40
0+180,00	1.508,86					
		2.905,51	-	10,00	29.055,10	259.122,50
0+200,00	1.396,65					
		2.847,37	-	10,00	28.473,70	287.596,20
0+220,00	1.450,72					
		2.768,29	-	10,00	27.682,90	315.279,10
0+240,00	1.317,57					
		2.528,46	-	10,00	25.284,60	340.563,70
0+260,00	1.210,89					
		2.327,28	-	10,00	23.272,80	363.836,50
0+280,00	1.116,39					
		2.236,32	-	10,00	22.363,20	386.199,70
0+300,00	1.119,93					
		367,38	-	10,00	3.673,80	3.673,80
0+320,00	367,38					
		367,38	-	10,00	3.673,80	7.347,60
0+340,00	-					
		-	-	-	-	7.347,60
Total Volúmenes en m³						393.547,30
Total Volúmenes en T						629.675,68

Posteriormente se coloca toda la información de los volúmenes de cada nivel en m³ y T, tal como se muestra en la Tabla 8. Esto con el fin de tener cuanto material se tiene por cada nivel de la zona de extracción definida con anterioridad y realizar la distribución de material a aprovechar en el planteamiento de la secuencia, correspondiente a los 5 años venideros.

Tabla 8. Distribución de las reservas en toneladas por cada nivel. Elaboración propia.

Niveles	m ³	T
238	28.605,40	45.768,64
230	61.497,59	98.396,14
222	96.533,08	154.452,93
214	96.399,64	154.239,42
206	393.547,36	629.675,78
	676.583,07	1.082.532,91

5.2.1 Reservas con acción del agua

Para obtener una reserva minera precisa se toma en cuenta los elementos naturales de la zona, tales como las lluvias que ocurren desde junio hasta agosto; el agua en el material arcilloso hace que sobresalga su propiedad plástica; esta origina un cambio en su forma volviéndola: fango, barro, entre otros. En consecuencia la humedad merma el volumen de las reservas en un 10 % por lo cual estas se reducen a 974.279,61 T.

5.3 Vida útil de yacimiento

De acuerdo con las reservas mineras calculadas con anterioridad de 974.279,61T; la vida útil del yacimiento, es definido por la poligonal señalada en la Figura 26, donde se muestra la zona de afectación de la Propuesta de Explotación Quinquenal, así como la demanda en planta del material arcilloso, el cual es de 173.000T/año; tomando en consideración que la vida útil de un yacimiento se calcula con la ecuación 2, mostrada en el Capítulo III, Figura 17:

$$V. \text{Útil} = \frac{974.279,61T}{173.000T/año}$$

$$V. \text{Útil} = 5,63 \text{ años.}$$

Se calcula la vida útil del yacimiento de 5,63 años, tal como se aprecia en la propuesta se contempla un tiempo de 5 años pero según las reservas y previo cálculo

de su vida útil, de estos restan 0,6 que se convierten en meses al dividir 365/100 multiplicado por 0,6 dando como resultado 7 meses adicionales al tiempo estipulado, por lo tanto se plantea aumentar la demanda del material requerido en planta, debido a que al finalizar los 5 años de aprovechamiento del material arcilloso quedarían 7 meses en los cuales todavía hay material calculado y que puede ser extraído.

5.3.1 Capacidad instalada de la planta

El cálculo del requerimiento en planta se muestra en la Tabla 9; en la cual se parte desde la producción por cada horno, luego el número de hornos con los cuales cuenta la fábrica, después se tienen los tiempos de producción medidos en horas, día y mes, el porcentaje de evaporación y producción de la harina; esta se forma dentro de los hornos a 950° C con la descomposición de los elementos del crudos (caliza y arcilla); así como la producción de la materia prima; quedando así la demanda del material arcilloso en 173.000 T/año.

Tabla 9. Calculo de demanda de material arcilloso por medio de condiciones de la planta.

REQUERIMIENTODE PLANTA SEGÚN CONDICIONES	
Producción instalada (T)	54
Hornos operantes	2
Tiempo de producción en hora (24)(T/día)	2.592
Tiempo de producción por mes (30)(T/mes)	77.760
Tiempo de producción por mes (11)(T/año)	855.360
Evaporación de la harina(35 %)(T/año)	299.376
Producción de la harina (T/año)	1.154.736
% Caliza	85 %
Producción de caliza (T/año)	981.526
% Arcilla	15 %
Producción de la arcilla (T/año)	173.000
Producción mensual de arcilla (T/mes)	15.727

Si se plantea aumentar la producción del material arcilloso se debe tener en cuenta lo siguiente: se tendrá mayor cantidad de arcilla pero esto no afecta directamente el porcentaje de arcilla presente en la harina (15 %), sino una acumulación de este material en patio. Debido a ello se contempla una reserva provisional dentro de las

instalaciones de la fábrica, lo cual es de gran ayuda en el momento en el cual se esté en presencia de algún inconveniente con los equipos, por lluvia que dificulte el paso a la cantera; permitiendo así la ejecución de las actividades dentro de la fábrica.

El aumento se plantea de la siguiente manera; teniendo una demanda de producción de 173.000 T y una reserva de 974.279,61 T/año; se calcula el material a producir en 5 años de 865.000 t/año, este se determina multiplicando 173.000 T por los años de producción. A partir de allí se determina el material restante de arcilla, el cual es: 865.000 T/año menos la reserva de 974.279,61 T/año; de este se obtuvo un restante de 109.279,61 T/año acumulados en los 5 años. Una vez conocido el restante, se calcula por año, es decir entre 5 años y se tiene un restante por año de 21.855,92 T/año; este restante por año se le adiciona a la demanda principal y se tiene una nueva producción de arcilla de 194.855,92 T/año, dicha producción es utilizada en los cálculos que se encuentran más adelante en el desarrollo del trabajo.

5.4 Método de explotación

De acuerdo a la geometría predominante de la cantera y la presencia del material arcilloso; se determina para la Propuesta de Extracción del yacimiento el uso del método de explotación a cielo abierto, con avance ascendente tipo cantera dando una forma geométrica escalonada al cumplir los 5 años de extracción.

Para esta Propuesta se apertura 4 bancos, estos van desde la cota 206 hasta el último banco de cota 238. Las operaciones mineras darán inicio en el nivel 238 hasta el nivel 206, siguiendo así la forma descendente planteada.

5.5 Límite general de explotación.

La zona donde está ubicada la cantera posee como linderos de propiedad un sector urbanizado, por lo tanto se debe dejar un espacio entre las zonas superiores de los bancos externos de la cantera y el límite de la propiedad una franja de aproximadamente 4 metros, este será el límite de la explotación de la cantera, expuesto en el permiso de explotación de la arcilla, del 2003.

En el caso de la propuesta de extracción el lindero Oeste, no se encuentra vinculado con ninguna zona urbanizada por lo tanto se tomará como límite de la explotación el límite Oeste del polígono cerrado que demarca la zona de afectación.

5.6 Mapa topográfico modificado al cabo de los 5 años

Una vez realizado el calculo de reservas y el método de explotación, se logra generar una proyección de la topografía de la cantera al cabo de 5 años, tal como se observa en la Figura 42; esta se logra por medio de los perfiles estudiados con anterioridad, las herramientas de Autodesk AutoCad Civil 3D® 2010 y el conocimiento previo de la cantera.

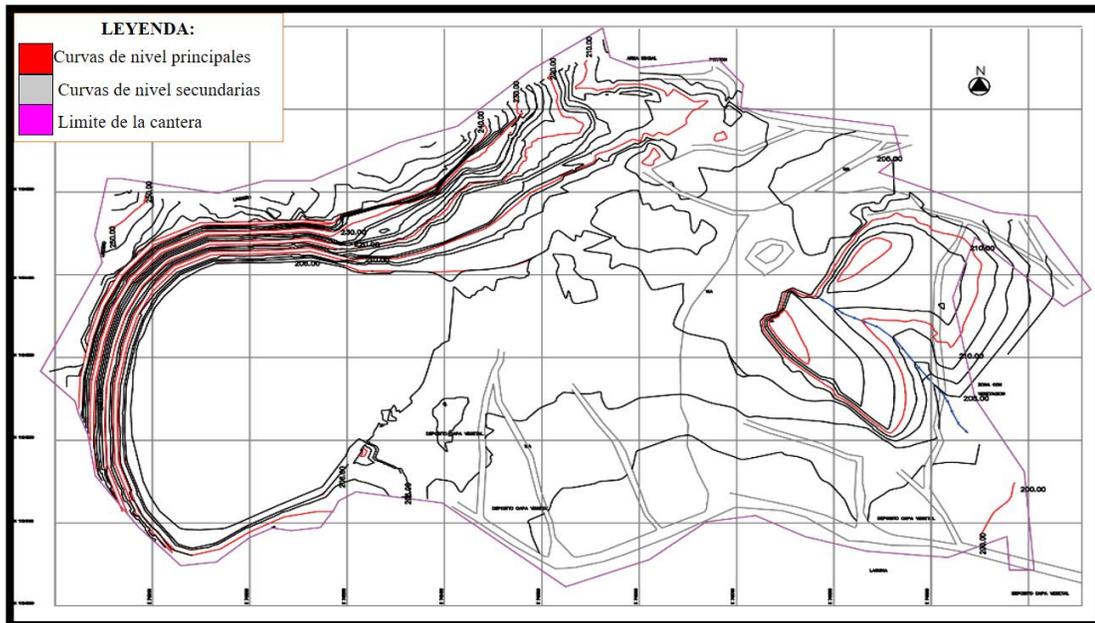


Figura 42. Mapa modificado de la cantera de arcilla, luego de haber transcurrido los 5 años de extracción planteada.

5.7 Equipos a utilizar

Los equipos serán de arranque, carga y acarreo del material arcilloso; la forma de operación de los equipos se limitará a arranque del material in situ directo para que luego sea cargado al camión (carga→acarreo). Los equipos a usar se verán con algunas especificaciones importantes para la propuesta de extracción, tales como la producción de los equipos, especificaciones para su selección dentro de cualquier marca, entre otros. Tomando en consideración la petición de la empresa de conservar

el equipo de excavación de oruga que ellos poseen así como también el uso de un cargador adicional para el camión, debido a la necesidad de tener equipos disponibles cuando alguno se dañe.

5.8 Equipo de arranque

El equipo de arranque del que dispone la empresa es una excavadora de oruga modelo JCB JS 330 (Véase, Tabla 10 y Figura 43). Según el manual JCB, sus características principales de este equipo son:

Tabla 10. Especificaciones del equipo de arranque, según catalogo JCB.

JCB JS 330	
Capacidad del cucharón (m^3)	1,37
Ancho del cucharón (mm)	1400
Longitud total (mm)	7630
Altura total (mm)	2695
Profundidad máxima de excavación (mm)	6800
Altura máxima de excavación (mm)	9980



Figura 43. Equipo de arranque JCB JS 330.

Este equipo es el utilizado para labores de preparación del terreno y carga del material; se plantea una reingeniería para emplearlo en la labor de arranque del material arcilloso dentro de las operaciones básicas en la cantera, así como también acumular el material para que el equipo de carga haga el llenado del equipo de acarreo.

5.9 Equipo de carga

Para la propuesta se plantea colocar una flota de cargadores frontales sobre ruedas, debido a su mayor movilidad en comparación con la excavadora de orugas; así como su desarrollo de operaciones junto con el equipo de acarreo. Esta selección se refiere al desplazamiento que tendrá este equipo dentro de la cantera al momento de realizar la carga al equipo de acarreo.

5.9.1 Producción requerida al mes

Para el cálculo de producción requerida al mes se toma como ayuda los horarios de producción dentro de la cantera, los cuales son los siguientes:

- Los días de trabajo al mes es calculado tomando en cuenta que un mes tiene aproximadamente 30 días, 4 semanas y 2 días por cada semana de descanso (sábado y domingo).
- Serian 8 días por mes de descanso, por lo tanto da una jornada laboral por mes de 22 días hábiles ($30-8=22$).
- De los 7 días de la semana trabajaran 5 días en horarios comprendidos desde las 8am hasta las 5pm, para aprovechar la luz natural y por motivos de seguridad; trabajando así 8 horas diarias, y 2 horas destinadas a sus descansos, es decir 6 horas efectivas de trabajo.

Al tener los días y horas de trabajo se procede a calcular la producción estimada al mes, para este se toma en consideración la demanda de la planta, tal como se muestra en la Tabla 11, donde se puede apreciar la cantidad de material requerida en el año de 194.855,92 T/año y el material al mes, el cual se calcula dividiendo el material requerido al año entre 11 meses.

Tabla 11. Producción de arcilla, anual, mensual y diaria. Fuente: FNC.

Producción anual de arcilla (t/año)	194.855,92
Producción mensual de arcilla (t/mes)	17.714,17

La cantidad estimada para comenzar las operaciones es de 17.714,17T/mes; los requerimientos para alcanzar esta producción fue calculada con la ecuación 5 del capítulo de III de marco teórico, lo cual arrojo lo siguiente:

$$Prod. Mes = \frac{17.714,14 t/mes}{22 \frac{días}{mes} \times 6h \times 0,75 \times 0,93disp. cargador \times 0,93disp. cam}$$

$$Prod. Mes = \frac{17.714,14 T/mes}{85,62 h/mes}$$

$$Prod. Mes = 206,89 T/h.$$

Donde:

Eficiencia operativa = 0,75

Disponibilidad de la pala = 0,93

Disponibilidad de camión = 0,93

La disponibilidad de los equipos está regida por el tiempo de producción real entre el tiempo de producción posible, es decir 6 h multiplicados por los 5 días de la semana, se restan las 2 h descanso por los 5 días y se realiza la división. $28/30=0,93$

5.9.2 Capacidad de balde del equipo de carga

Para calcular la capacidad del balde es necesario usar la producción requerida del equipo el cual es de 148,69 T/h y el material a extraer. Haciendo uso de la Tabla 3 del capítulo III, se indica que el material es blando y se procede a calcular.

$$P/49 \wedge 1,23$$

$$206,89/49 \wedge 1,23$$

$$6 m^3$$

Se tendrá un balde con una capacidad de 6 m³, al momento de la selección del equipo se puede dirigir a cualquier manual o marca de equipo mineros y con esta especificación se podrá hallar el equipo de carga.

5.10 Selección del equipo para carga y acarreo

Para esta selección se toma como criterio el número de pases a realizar, de igual manera se usa lo referido en la Tabla 9, del capítulo III de marco teórico. El cual indica que el llenado de los camiones se realizara en función de los pases a efectuar, según Cruzart, 2008 se harán de 5 a 8 pases para su llenado, lo que indica que el camión a usar debe de tener una capacidad comprendida de 29 T- 47 T, respectivamente.

5.11 Cálculos de producción y rendimiento de los equipos seleccionados

Después de tener los parámetros de los equipos de carga y acarreo, se prosigue a conocer la capacidad de producción y rendimiento que tendrán, para eso es necesario el estudio de cada uno de ellos por separado y luego se plantear la capacidad del cargador y el número unidades de acarreo con la producción inicial de 17.714,17t/mes.

Para el cálculo de los tiempos de ciclo del cargador y ciclos de los camiones fueron tomados como guía del I.T.G.E. (1995).

5.11.2 Carga útil del cargador

Una vez calculada la capacidad de balde se procede a usar la ecuación 6 del capítulo III de marco teórico:

$$Carga\ útil\ del\ cargador\ (Cp) = 6\ m^3 \times 1,00 = 6\ m^3$$

5.11.3 Ciclos del equipo de carga

El tiempo promedio para equipos de carga es 1 minuto por pase o ciclo de carga, el factor de eficiencia de un equipo de carga fue tomado de la Tabla 2 del capítulo III; entonces:

$$\frac{Ciclo}{Hora} = \frac{60\ min \times 0,75\ efic}{1\ \frac{min}{ciclo}} = 43,8 \cong 44$$

5.11.4 Producción teórica del equipo de carga (Pt)

Una vez obtenida la carga útil del equipo y el número de ciclos (44 ciclos) se procederá a calcular la producción teórica de este.

$$Pt = Cp \times Nro \text{ de ciclos}/h$$

$$Pt = 6 \text{ m}^3 \times 44$$

$$Pt = 264 \text{ m}^3/h$$

Donde:

Pt = Producción teórica del equipo de carga (pala)

Cp = Carga útil de la pala

5.11.5 Producción efectiva del equipo de carga (Pe)

Para calcular la producción efectiva del equipo, este se multiplica Pt por un factor de eficiencia.

En este caso se emplea un factor de eficiencia expresado en términos de un tiempo efectivo de trabajo de 45 minutos por hora corriente del turno operativo ($\xi = 0,75$), se puede observar en la Tabla 2 del capítulo III. .

Para calcular la producción diaria se tomó las 6 h efectivas. Como no se tienen datos de disponibilidad mecánica de la pala para calcularla correctamente se toma el valor sugerido (0,8) de disponibilidad mecánica, por ITGE, 1995. Ahora la producción efectiva quedaría de la siguiente manera:

$$Pe = Pt \times Fe \times Dp$$

$$Pe = \frac{264 \text{ m}^3}{h} \times 0,75 \times 0,8$$

$$Pe = 158 \text{ m}^3/h$$

Donde:

Pe = producción efectiva de la pala

Fe = eficiencia de la operación

Dp = disponibilidad de la pala

La producción diaria efectiva viene dada como:

$$Pde = Pe \times Hr.Turno$$

$$Pde = 158 \text{ m}^3/h \times 6h/día$$

$$Pde = 950 \text{ m}^3/día$$

5.11.6 Producción mensual del equipo de carga (Pm)

Con la producción diaria del equipo de carga y los días operativos en un mes que son 22.

$$Pm = \frac{950 \text{ m}^3}{día} \times 22días$$

$$Pm = 20.908 \text{ m}^3/mes$$

5.11.7 Número de equipos de carga requeridos

El número de equipos de carga requeridos para la operación de llenar al camión, se determina dividiendo la capacidad mensual requerida entre la producción mensual de la pala.

$$\# \text{ de equipo de carga} = \frac{17.714,17 \text{ T/mes}}{20.908 \text{ m}^3/mes}$$

$$\# \text{ de equipos de carga} = 0,8 = 1$$

5.12 Equipos de acarreo

5.12.1 Rendimiento del equipo de acarreo

Para las operaciones de acarreo se utilizarán camiones articulados, ya que es un equipo utilizado en la carga de material blando y se adecua al tipo de suelo que se está trabajando.

Luego de conocida la producción del cargador, se calcula para encontrar el número de unidades necesarias, para el correcto funcionamiento desde el frente de explotación hasta el lugar de clasificación o preparación.

5.12.2 Capacidad del camión (Ct)

El camión a seleccionar tiene una capacidad comprendida entre 29 T- 47T, para efectos de los cálculos se usó una capacidad de 47,01T, lo cual indica la llenada con 8 pases.

$$Ct = \text{Capacidad en } \frac{\text{peso}(m^3)}{\text{Densidad (t/m}^3)}$$

$$Ct = 29 m^3$$

5.12.3 Cálculo del tiempo de ciclo cargador-camión

El tiempo de los ciclos; según el (I.T.G.E), 1995. Los tiempos que constituyen el ciclo completo de carga y descarga son:

Tiempo de maniobra de carga + tiempo de carga + tiempo de acarreo + tiempo en maniobra de descarga + tiempo de retorno + tiempo de retardos

Los tiempos promedio de maniobra de carga, descarga, maniobra de carga y descarga se asumen a un minuto por pase como en los cálculos anteriores de rendimiento del cargador, debido a que las operaciones no han iniciado. Sumando los tiempos antes mencionados se tiene un tiempo de ciclo de carga de 3min.

Para el cálculo de tiempo de transporte y retorno de una unidad de acarreo, se determina de la siguiente manera:

$$V = \frac{d}{t}$$

Despejamos t (tiempo)

$$t = \frac{d}{V}$$

Donde:

$$d = \text{distancia de acarreo} = d = 455,89m + 2000m$$

Los 2000 m corresponden a 2 km, el cual es la distancia que separa la cantera de la fábrica y lugar de acopio del material arcilloso.

t = tiempo de ciclo (h)

V = velocidad de acarreo = 10 km/h, velocidad recomendada por la empresa, FNC.

La distancia de traslado desde el frente de explotación más alejado hasta donde llega el material para almacenar es de 2.455,89m (2,5 km), esta distancia es indirecta, ya que se calculó por medio del plano del plano topográfico. El tiempo se verá en la Tabla 17.

De esta manera se tiene el siguiente tiempo:

$$tiempo = \frac{2,5km}{10 km/h}$$

$$tiempo = 0,2455 h$$

$$tiempo = 14,73 min$$

Tabla 12. Cálculo del ciclo de una unidad de acarreo

Ciclo	
Tiempo de carga (min)	3
Tiempo de traslado (min)	14,73
Tiempo de descarga (min)	3
Tiempo de retorno (min)	14,73
Ciclo total (min)	35,46

5.12.4 Producción del camión (Pd)

Con los tiempos de ciclo se procede a calcular la producción horaria del camión, asumiendo el 95 % de disponibilidad física y/o utilización puede ser calculada por:

$$Pt = \frac{Ct \times 60}{Ttc}$$

Donde;

Pt: es la tasa de producción basada sobre el actual tiempo activo en operación m^3/h

Ct: es la capacidad del camión en m^3/T

60 es el factor de conversión de minutos a horas y Ttc es el tiempo total del ciclo en minutos. (I.T.G.E), 1995.

$$Pt = \frac{29 m^3 \times 60}{35,46min}$$

$$Pt = 49 m^3/h$$

La productividad de un camión queda afectada por un factor de eficiencia en la operación, un factor de llenado del camión y la disponibilidad mecánica de este (Villanueva, 2003).

$$\text{Producción real por camión} = Pt \times fl \times \xi \times Dc$$

Donde;

ξ = eficiencia de la operación (0,70 a 0,95), se asume 0,73 al igual que el cargador.

fl = factor de llenado, se asume 0,8 al igual que los cálculos anteriores y visto en la Figura 13 del capítulo III.

Dc = disponibilidad del camión se asume 0,95

$$\text{Producción real por camión} = \frac{49 m^3}{h} \times 0,80 \times 0,73 \times 0,95$$

$$\text{Producción real por camión} = \frac{27 m^3}{h}$$

Manteniendo el mismo modelo de 8 horas por cada turno de trabajo se obtiene la producción diaria del camión:

$$Pd = \frac{27 m^3}{h} \times \frac{6h}{día}$$

$$Pd = 163 \frac{m^3}{día}$$

La producción mensual del camión viene a ser:

$$\frac{22días}{mes} \times 163 \frac{m^3}{día} = 3.593 \frac{m^3}{mes} = 5750 T/mes$$

5.12.6 Número de equipos de acarreo requeridos

Después de obtener la producción mensual del camión se calculara el número de unidades necesarias, bastará dividir la producción requerida entre la producción diaria de un camión:

$$\# \text{ de equipos de acarreo} = \frac{17.714,17t/mes}{5750 T/mes}$$

$$\# \text{ de equipos de acarreo} = 3 \text{ camiones}$$

5.13 Equipos a emplear

Luego de determinar las especificaciones de los equipos que se usan a lo largo de la extracción de los 5 años, se llega a lo siguiente:

- Como equipo de arranque del material se utilizara la retroexcavadora JC JS 330
- Para carga el material arcilloso 1 cargador con una capacidad de balde de 6 m³.
- Y para el acarreo del material 3 camiones con una capacidad de 29 T- 47 T

Debido que al colocar un cargador para el llenado de 3 camiones producirá un problema al cumplir con la producción estimada, se plantea el uso de otro cargador y la excavadora JS 330 con las mismas especificaciones de esa manera se puede apertura dos niveles de extracción al mismo tiempo.

5.14 Extracción del material

Una vez que empiezan las labores de extracción del material arcilloso, se procede a nivelar una plataforma donde el equipo de carga y acarreo se desplacen con facilidad. Se prepara el sitio de carga y se inicia la excavación hasta alcanzar un banco con la altura planificada de 8 m.

Es importante señalar que el avance de la extracción se hace de tal manera que la pendiente de la superficie, donde es cargado el camión, sea de aproximadamente el 1 % hacia el pie de banco, asegurando que el agua de lluvia no se acumule en los frentes de extracción. (Véase, Figura 44).

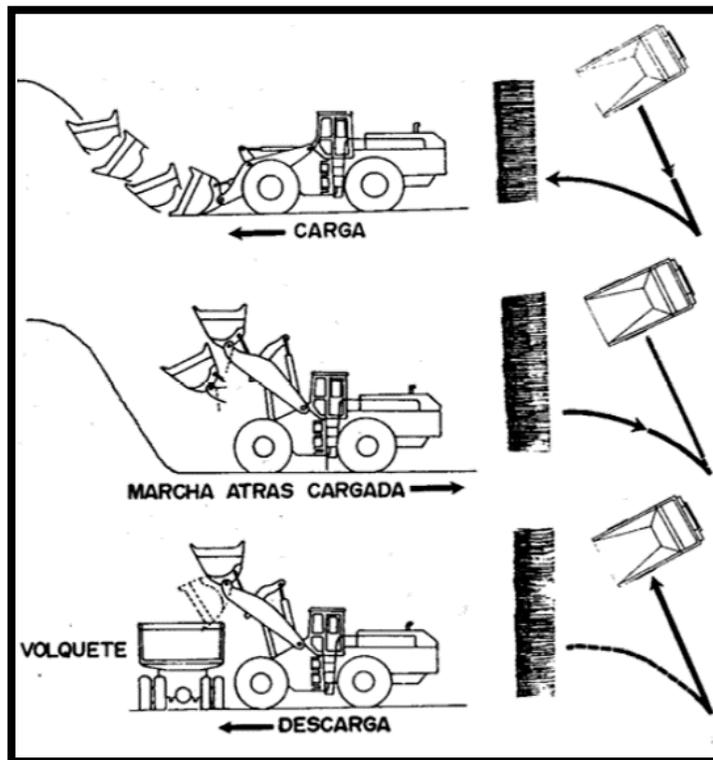


Figura 44. Operación de carga de material con un cargador frontal.

5.15 Tratamiento del material

Una vez extraído el material, este es transportado a patio de almacenamiento donde se acumula el material. El tratamiento al material arcilloso es el siguiente: una vez depositado en patio, pasa a tolva de alimentación donde por medio de una trituration única es disminuida su granulometría a menor de 0,002mm. Al material directamente

no se le coloca absolutamente nada, así como es transportado de la cantera es colocado en patio o introducido en la tolva para su proceso posterior.

5.16 Almacenamiento del material.

El material extraído de los frentes de explotación es colocado en patio de almacenamiento, el cual tiene una capacidad de 9000 t o es directamente trasladado a la tolva de alimentación. La granulometría de la arcilla debe ser menor a 0,002 mm. Para lograrlo, esta debe ser disminuida de tamaño. A partir de este punto, es transportada a un almacén con capacidad de 16.000 T de material arcilloso, donde el mismo queda listo para ingresar al proceso productivo. (Véase, Figura 45).

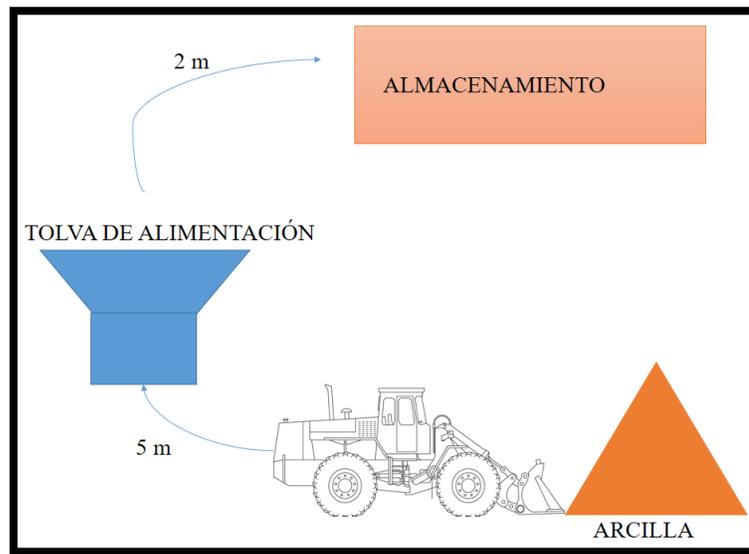


Figura 45. Configuración del centro de almacenamiento y tratado del material arcilloso. Fuente propia.

5.17 Criterios para la configuración de los bancos de extracción

Uno de los parámetros mineros más importantes al momento de realizar una extracción de cualquiera material, es el diseño geométrico del banco. Sus parámetros principales; altura del banco, talud del banco y ancho de trabajo, (Véase, Figura 46).

Para esta propuesta el cálculo es el siguiente:

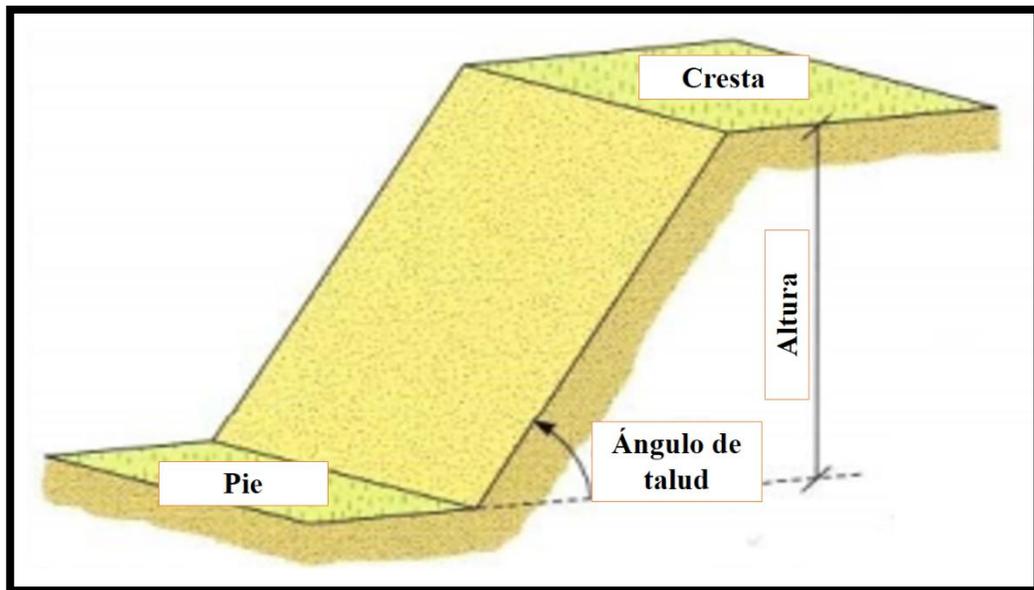


Figura 46. Elementos de un banco de extracción. Tomado de Vallejo, 2002.

5.17.1 Altura del banco

En la cantera las operaciones se efectúan con un equipo de arranque, modelo JCB JS 330 este maneja un alcance de brazo de 7,6 metros de carga.

De acuerdo al equipo que labora en la cantera, la excavadora JCB JS 330, se plantea ejecutar los bancos con una altura máxima de 8 m, teniendo como base la configuración de los bancos existentes en la cantera de 10 m de altura, los mismos ya fueron aprovechados y al pasar de los años se observa la geometría definida cuando se realizó los trabajos en esos frentes de extracción. Así como también aprovechar el material arcilloso de forma adecuada.

5.17.2 Talud de banco

Para definir el ángulo de talud en el banco de extracción, se tomó como guía los frentes aprovechados de la cantera de arcilla, vistos en los inicios de este capítulo V, Figura 1, 2 y 3. En los cuales se evidencia su forma irregular de los bancos pero con la salvedad de que el ángulo para que en esos casos se ejecutaron fueron verticales y se observa que no han sufrido ningún tipo de inconveniente de derrumbes en el

momento en que se trabaja en dichos frentes. Por lo tanto se plantea colocar como ángulo de talud de los bancos de extracción 90° medido con respecto a la horizontal.

Se planteó el escenario en los que el talud podría tener una inclinación de 45° para un mayor aprovechamiento, sin embargo al tratar de demostrar la estabilidad de dicha inclinación no había sustento para garantizar una estructura segura dentro de la cantera, por ello se toma en consideración la configuración existente dentro de la cantera, cuyos resultados son evidentes.

5.17.3 Ancho operativo

Como los datos específicos de los equipos de carga y acarreo fueron dados de tal manera que la empresa o el interesado puedan elegir entre las diferentes marcas de equipos mineros, se toma la información pertinente de catálogos con las especificaciones dadas en el cálculo de los equipos a usar. Se usa la ecuación 7, del capítulo III de marco teórico, se tiene lo siguiente:

$$\text{Ancho mínimo de operación} = 1 + 2 \times 1,5 + 2,87 + 2 \times 5,78$$

$$\text{Ancho mínimo de operación} = 18,50 \text{ m.}$$

Se plantea colocar dos carriles para el manejo y transporte del material arcilloso, teniendo una configuración semejante a la Figura.

5.21.4 Análisis del coeficiente de seguridad

Se analiza el banco de extracción de 8 m de altura y 90° de inclinación del talud, $\phi=15^\circ$ y $c'=2 \text{ kn/m}^2$ (tanto la fricción como la cohesión son valores promedios), con el programa Geo5® 2017, el cual cuenta con el análisis de equilibrio límite por el método de Bishop, Fellenius/ Petterson, Spencer, Janbu y Morgenstern- Price. Cabe destacar que el límite para considera un talud establece es igual o mayor a 1,5, debido que el talud permanecerá en el tiempo. Para ingresar los datos de banco se tomó las coordenadas de este y se exportaron del programa Autodesk AutoCAD® 2017 al programa Geo5® 2017, se asigna el tipo de suelo (arcilla arenosa) y se marcan los planos de falla; posterior a esto se analiza con los métodos antes mencionados, (Véase, Figura 47).

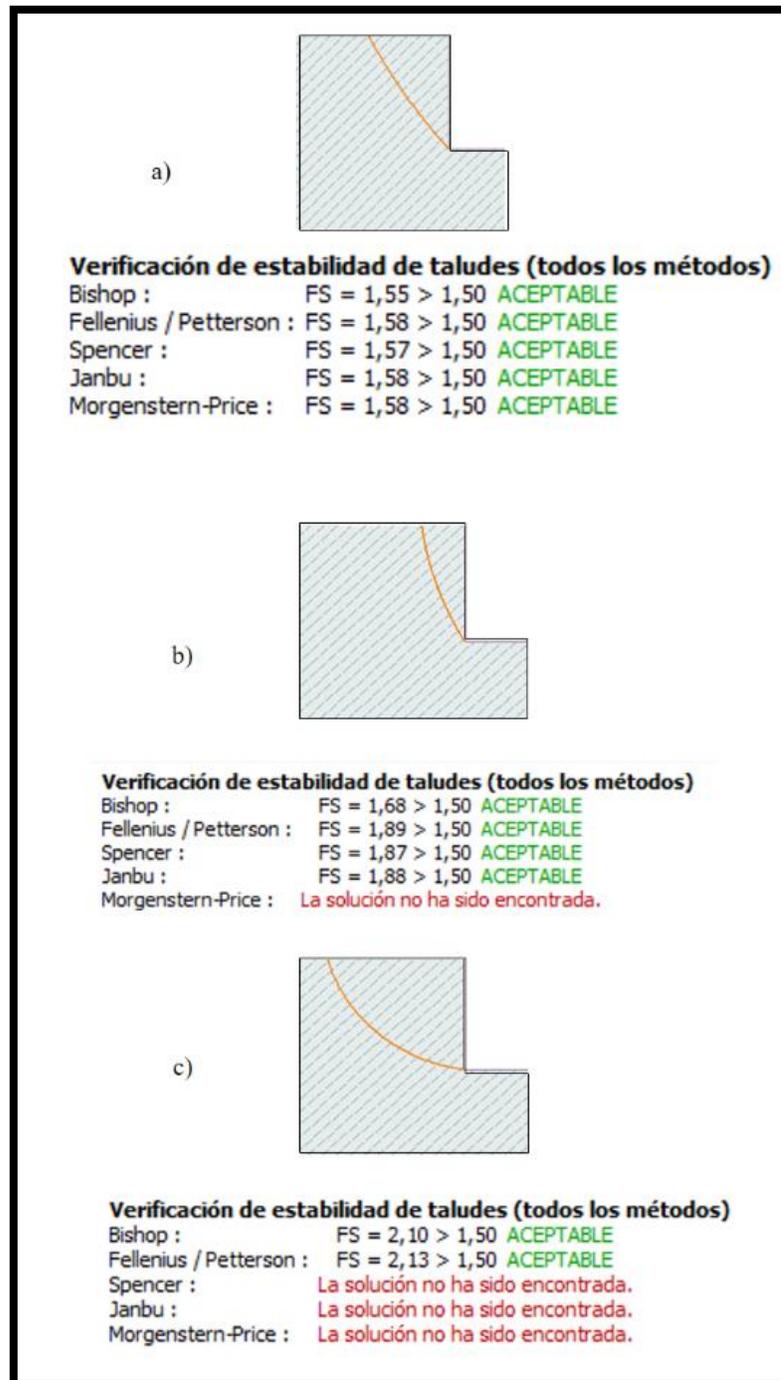


Figura 47. Estabilidad del talud de 8 m de alto y 90° de inclinación con los diferentes métodos de análisis del equilibrio límite: a) En promedio con esa falla circular el talud es estable con 1,57, b) Este tiene un 1,83 de coeficiente de seguridad aunque no fue concluyente por el método de Morgenstern-Price, c) Y por último con una falla circular con mayor radio dio un coeficiente de estabilidad de 1,81, siendo no concluyente con los métodos de Spencer, Janbu y Morgenstern- Price

5.18 Plan de extracción de 5 años con avance anual.

La propuesta de extracción del material arcilloso es de 5 años por lo tanto se propone la elaboración de una secuencia de extracción anual, estas secuencias se colocan por bloques para así visualizar la región donde se harán las labores de arranque, carga y acarreo.

La explotación del yacimiento de material arcilloso es de tipo descendente por cada nivel topográfico, empezando en la 238 cota hasta la cota 206, desde los niveles más altos hasta los más bajos. La secuencia del mismo será la siguiente:

5.18.1 Primer año.

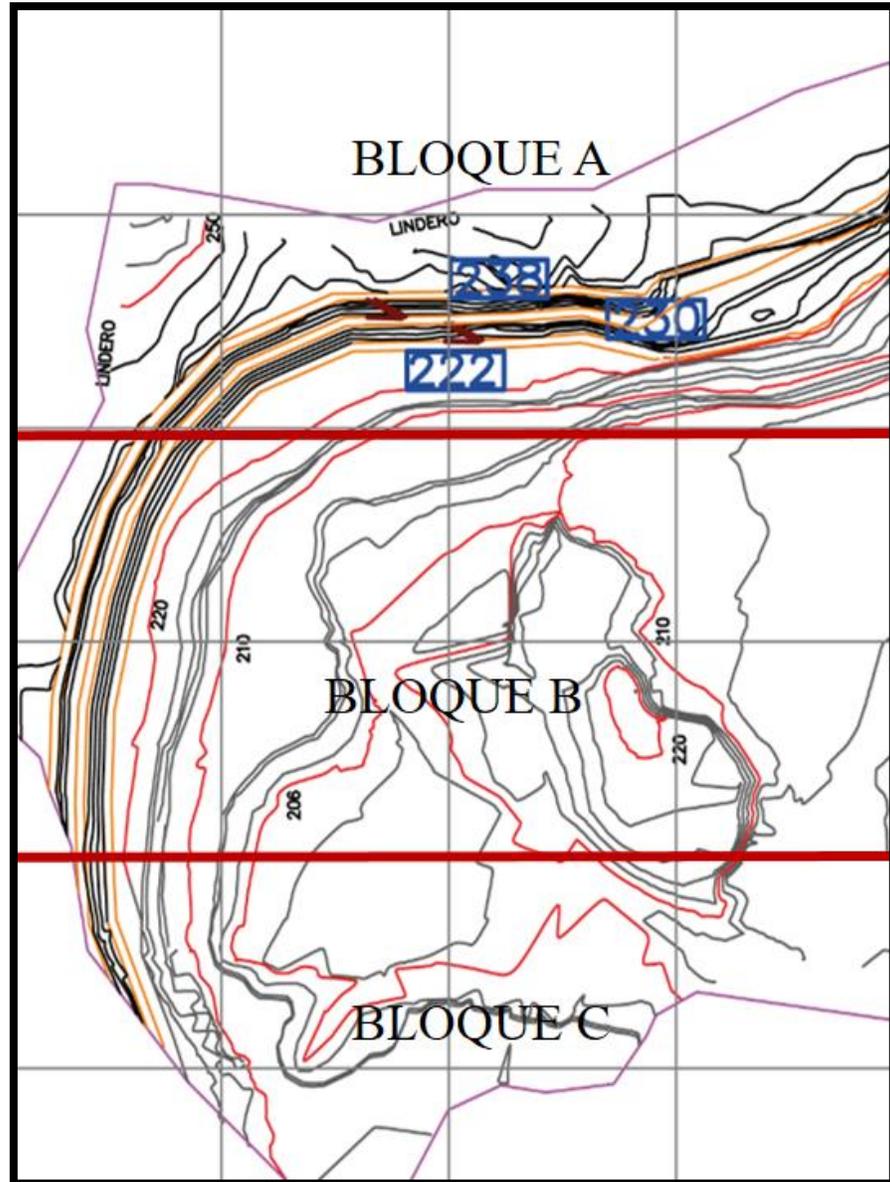


Figura 48. División de la extracción por bloques de la topografía del año 2016

Una vez dividido en los bloques A, B y C, se evalúan uno por uno con la topografía sin modificaciones, tal como se muestra en la Figura 49, 50 y 51.

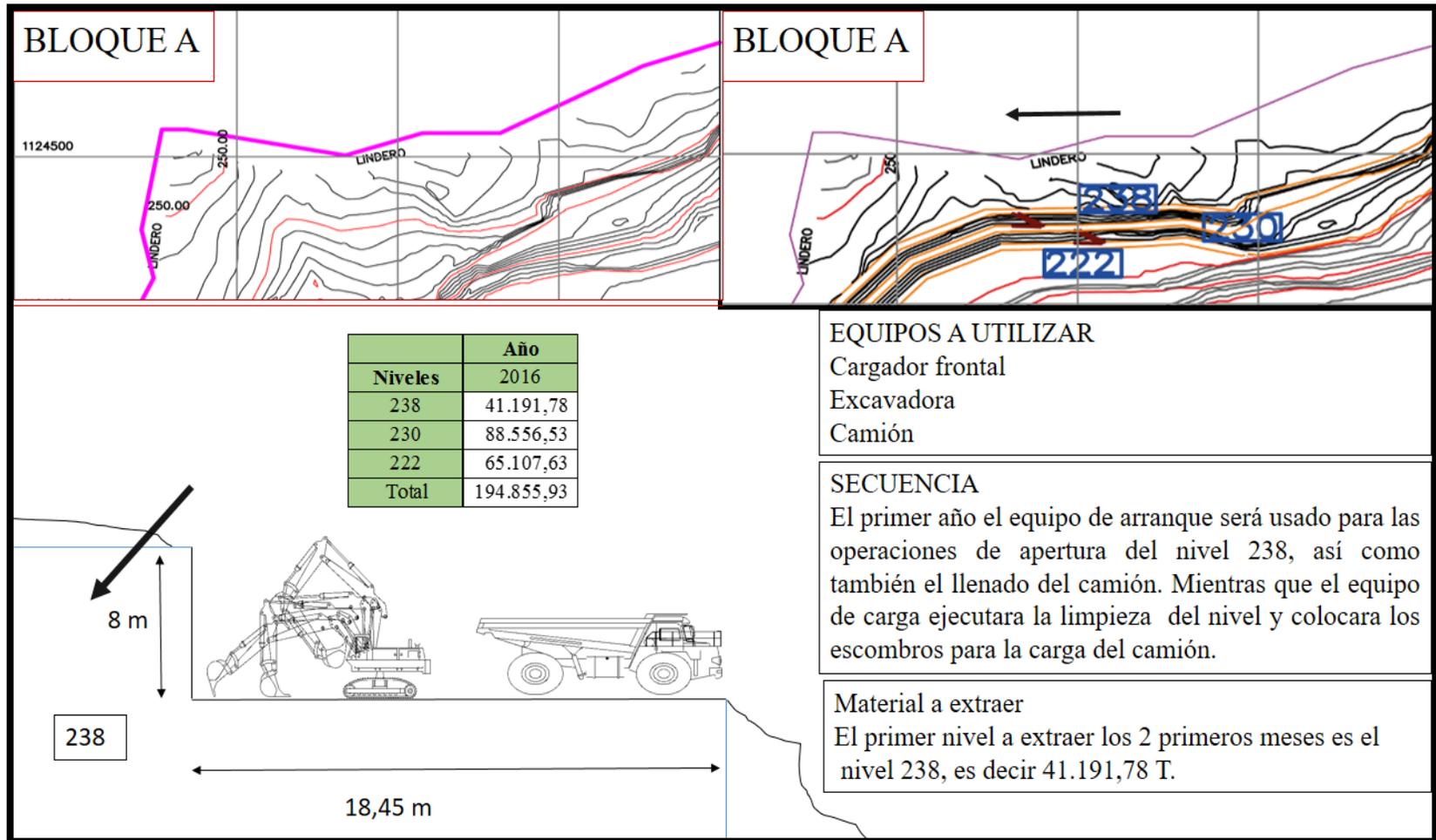


Figura 49. Secuencia de extracción del primer año, bloque A. (izquierdo: mapa actualizado, derecho: mapa modificado).

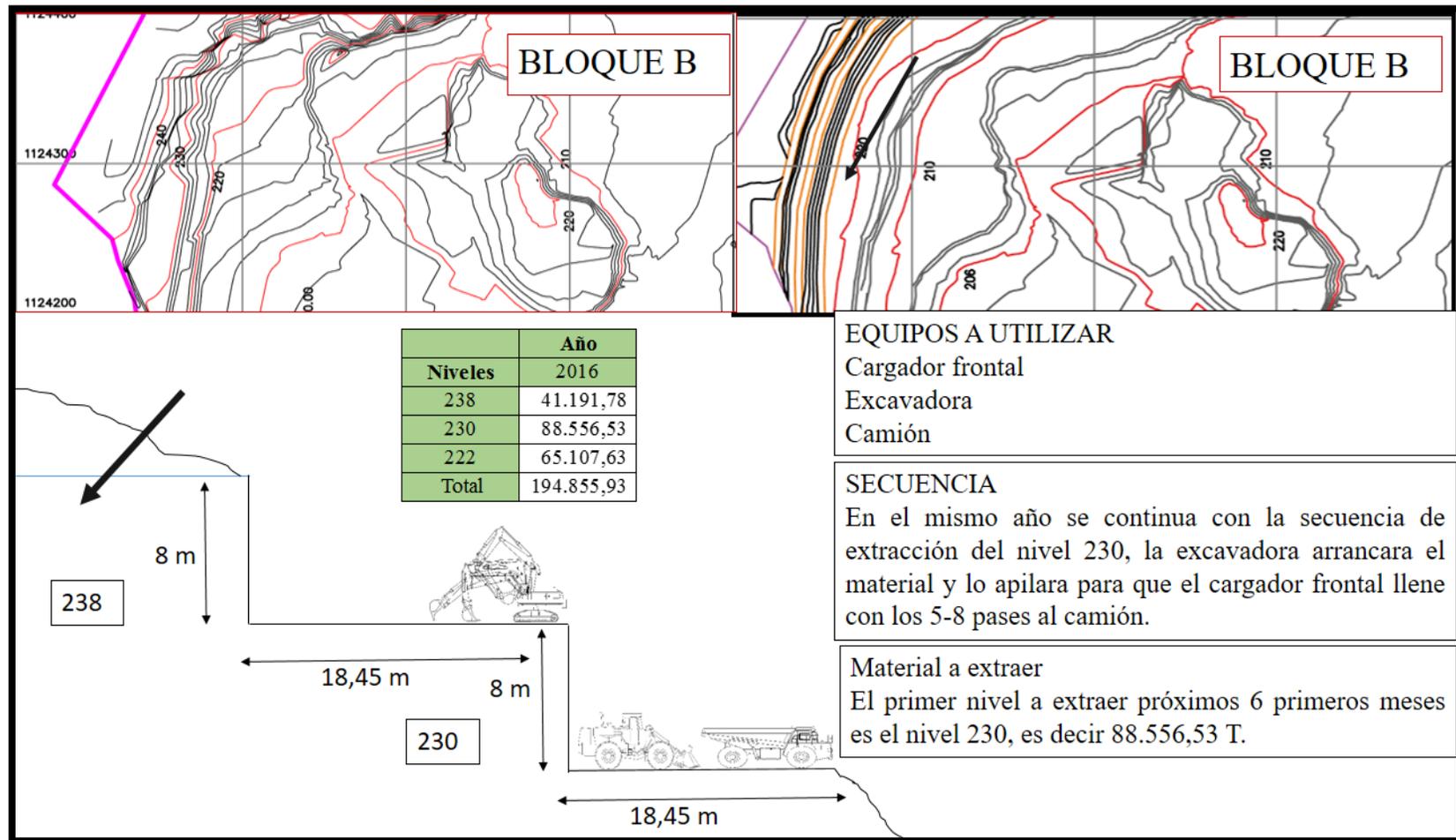


Figura 50. Secuencia de extracción del primer año, bloque B. (izquierdo: mapa actualizado, derecho: mapa modificado).

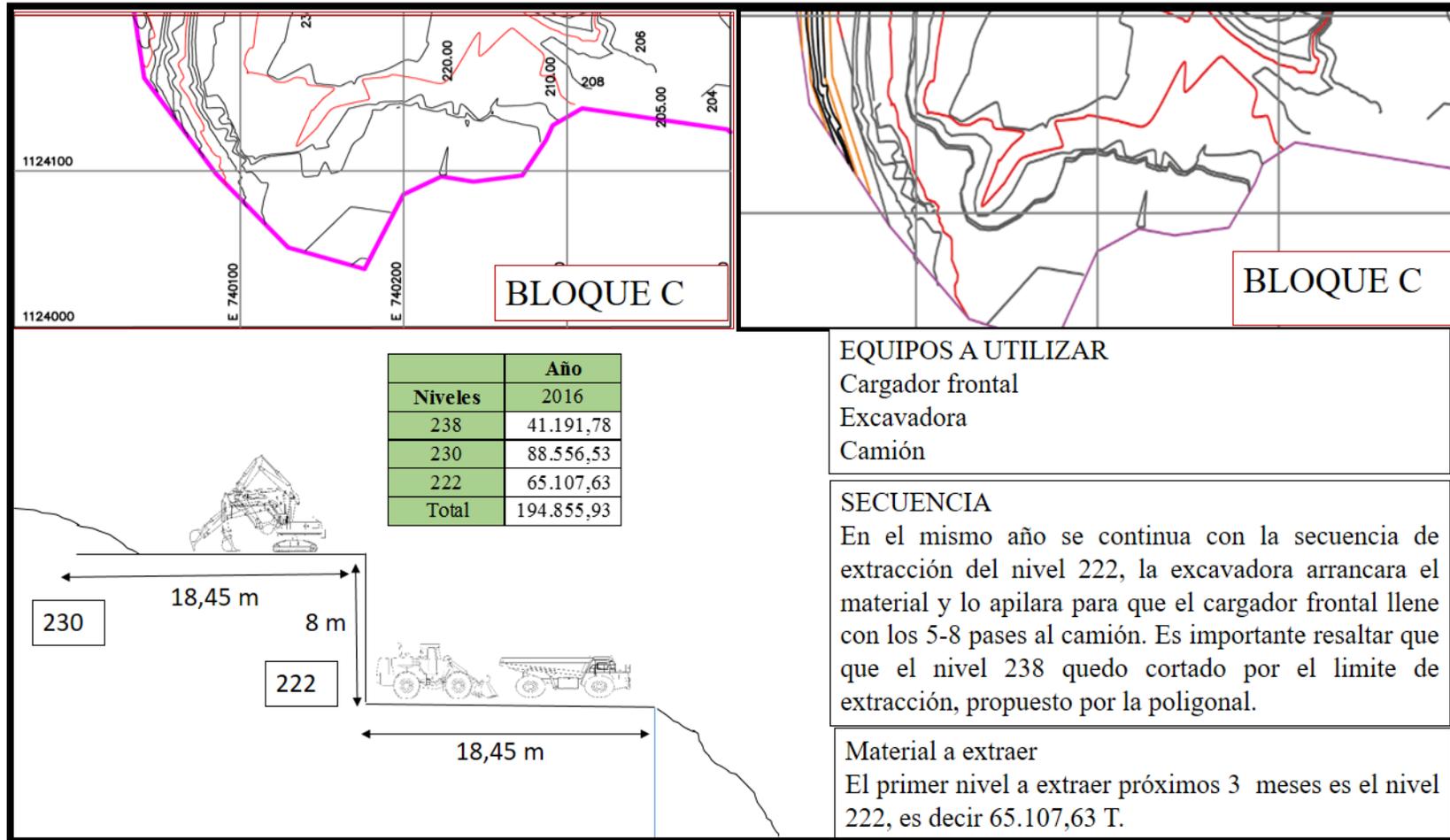


Figura 51. Secuencia de extracción del primer año, bloque C. (izquierdo: mapa actualizado, derecho: mapa modificado).

5.18.2 Segundo año

Al segundo año correspondiente al 2017, se efectuó la misma metodología. (Vease, Figura 53, 54, 55 y 56).

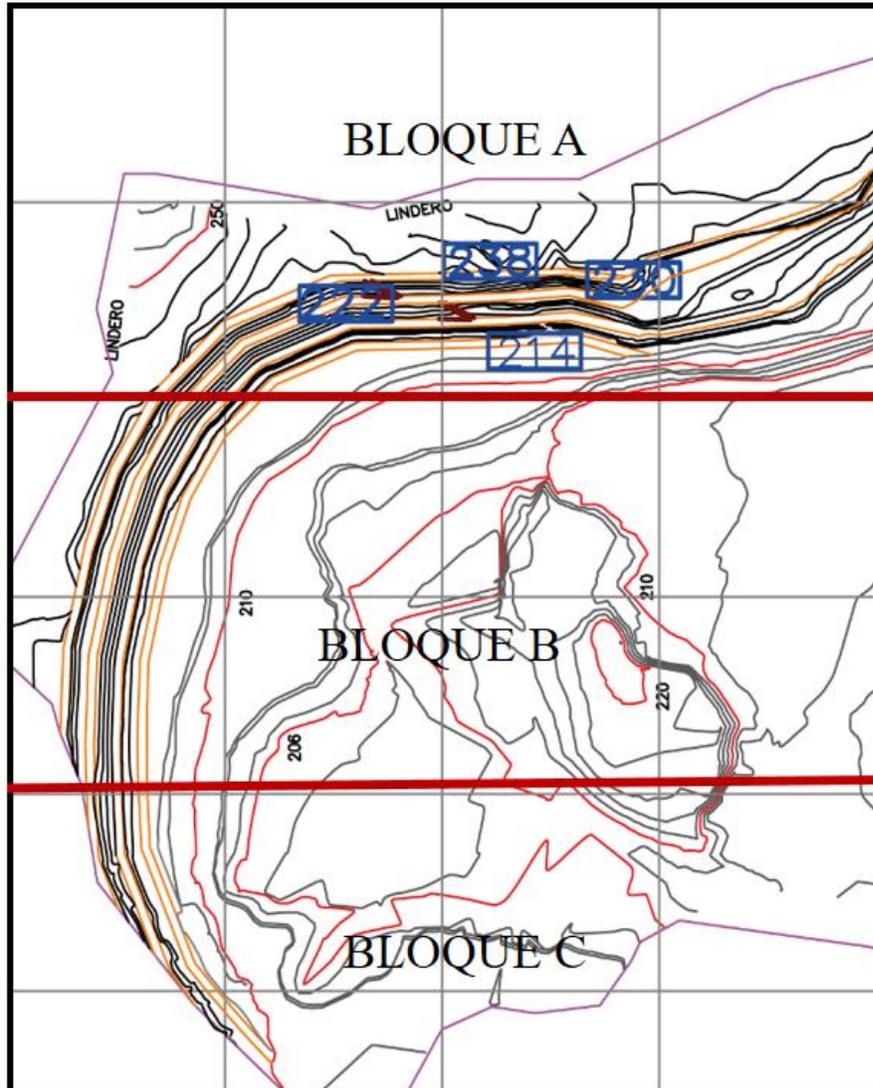


Figura 52. División de la zona de extracción por bloques para el segundo año.

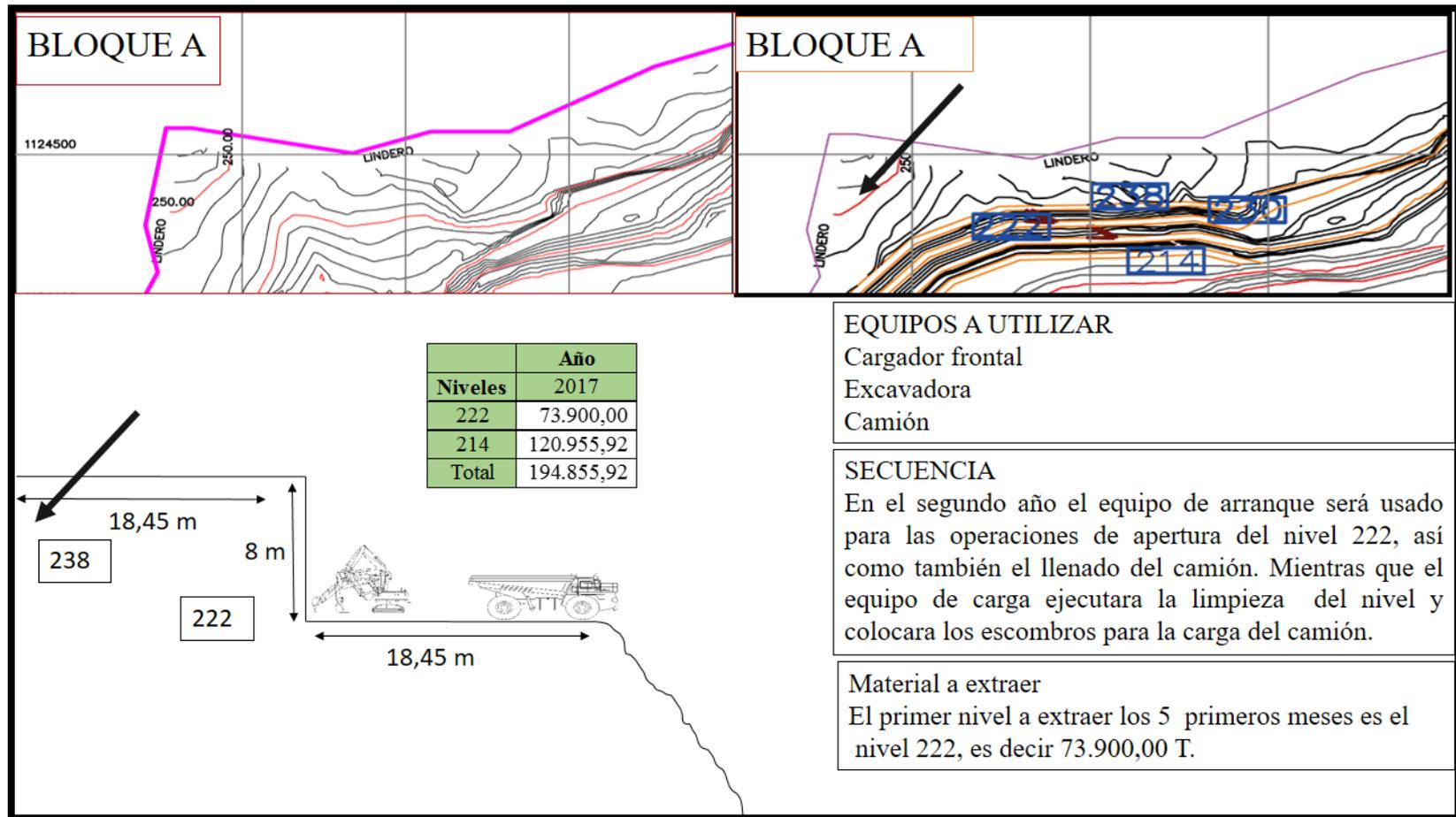


Figura 53. Secuencia de extracción del segundo año, bloque A. (izquierdo: mapa actualizado, derecho: mapa modificado).

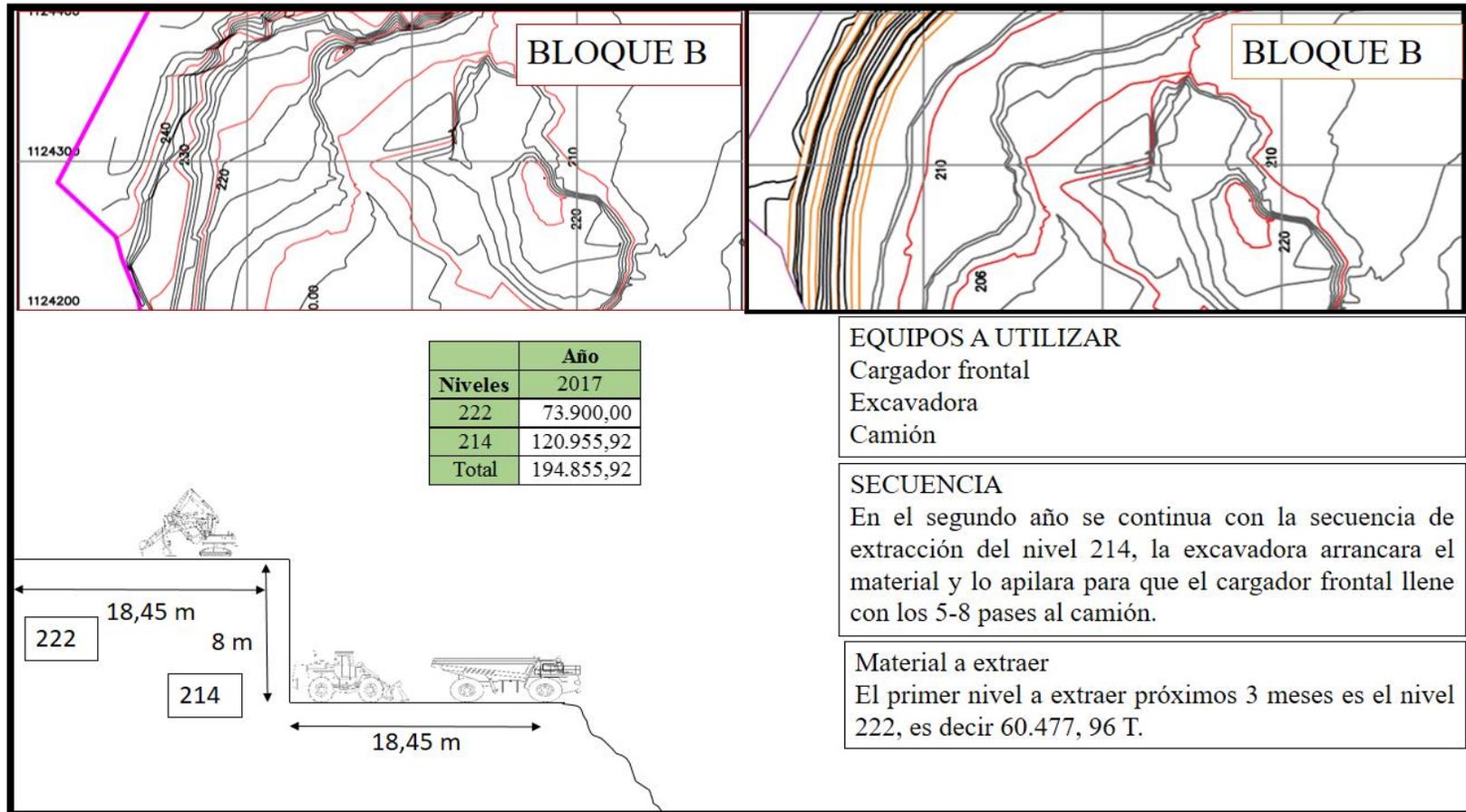


Figura 54. Secuencia de extracción del segundo año, bloque B. (izquierdo: mapa actualizado, derecho: mapa modificado).

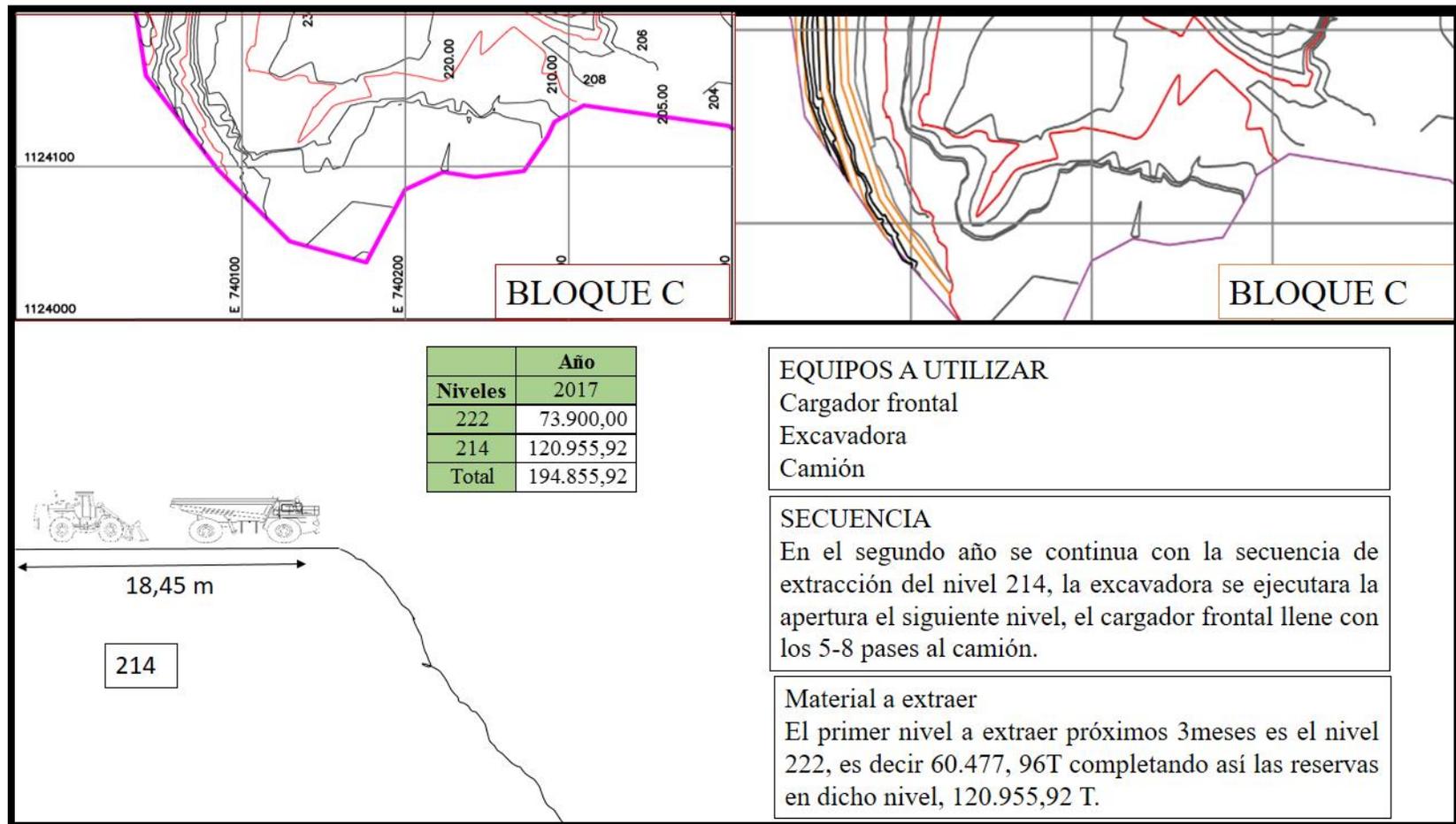


Figura 55. Secuencia de extracción del segundo año, bloque C. (izquierdo: mapa actualizado, derecho: mapa modificado).

5.18.2 Tercer año

Tercer año correspondiente al 2018, se efectúa de la misma forma. (Véase, Figura 57, 58 y 59)

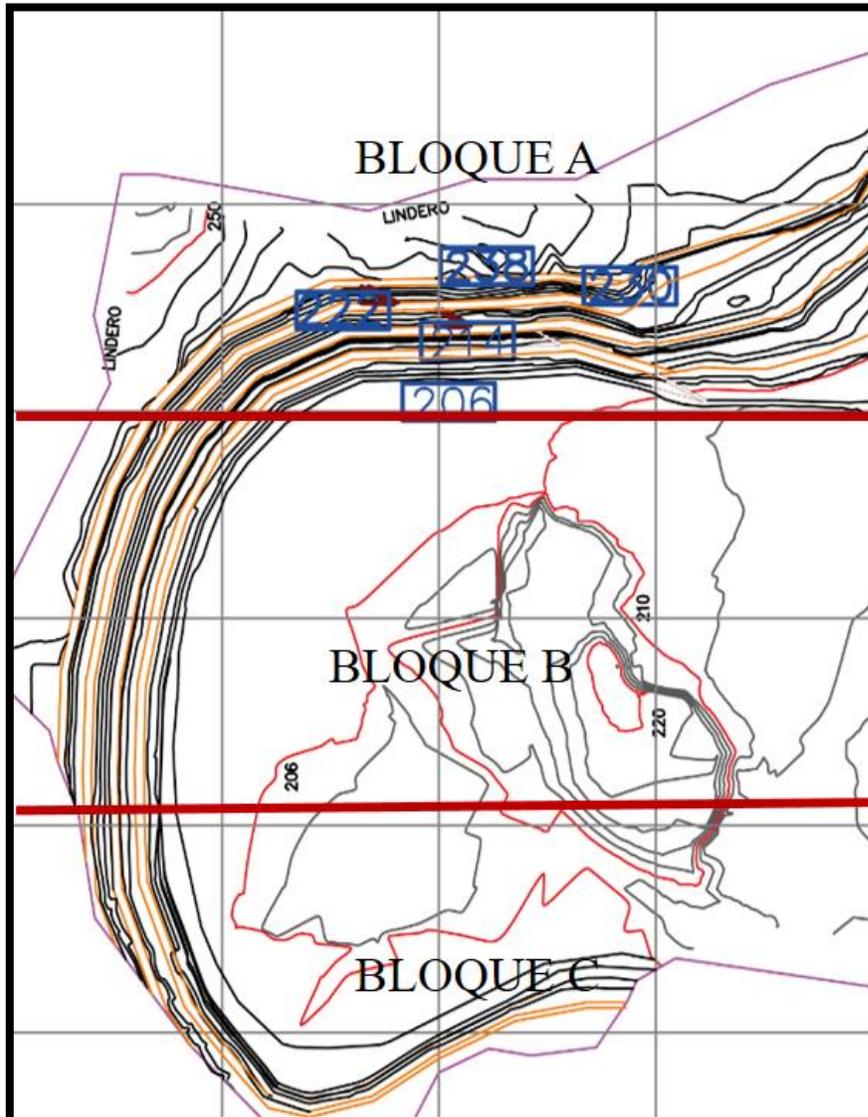


Figura 56. División de la zona de extracción en bloques, tercer año.

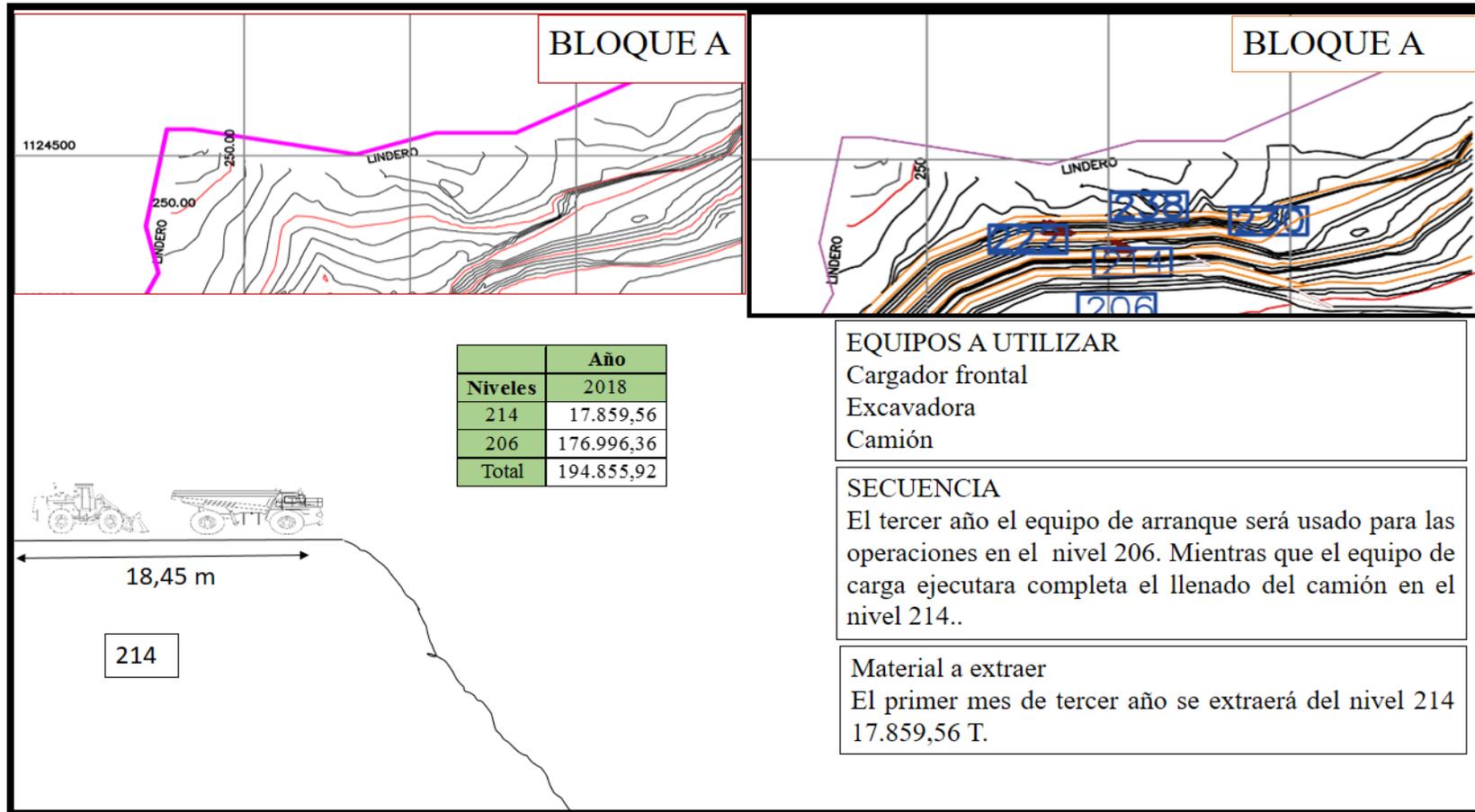


Figura 57. Secuencia de extracción del tercer año, bloque A. (izquierdo: mapa actualizado, derecho: mapa modificado).

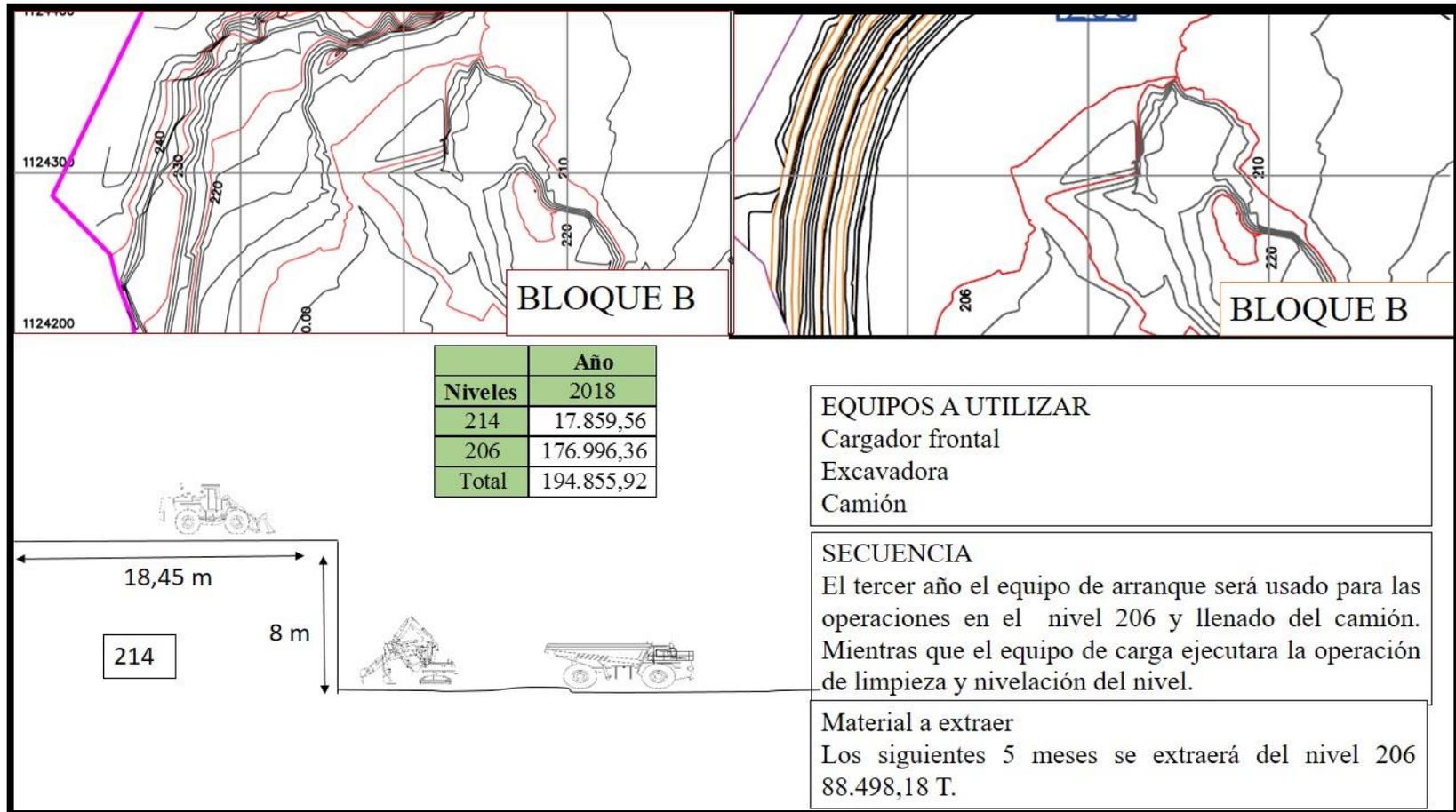


Figura 58. Secuencia de extracción del tercer año, bloque B(izquierdo: mapa actualizado, derecho: mapa modificado).

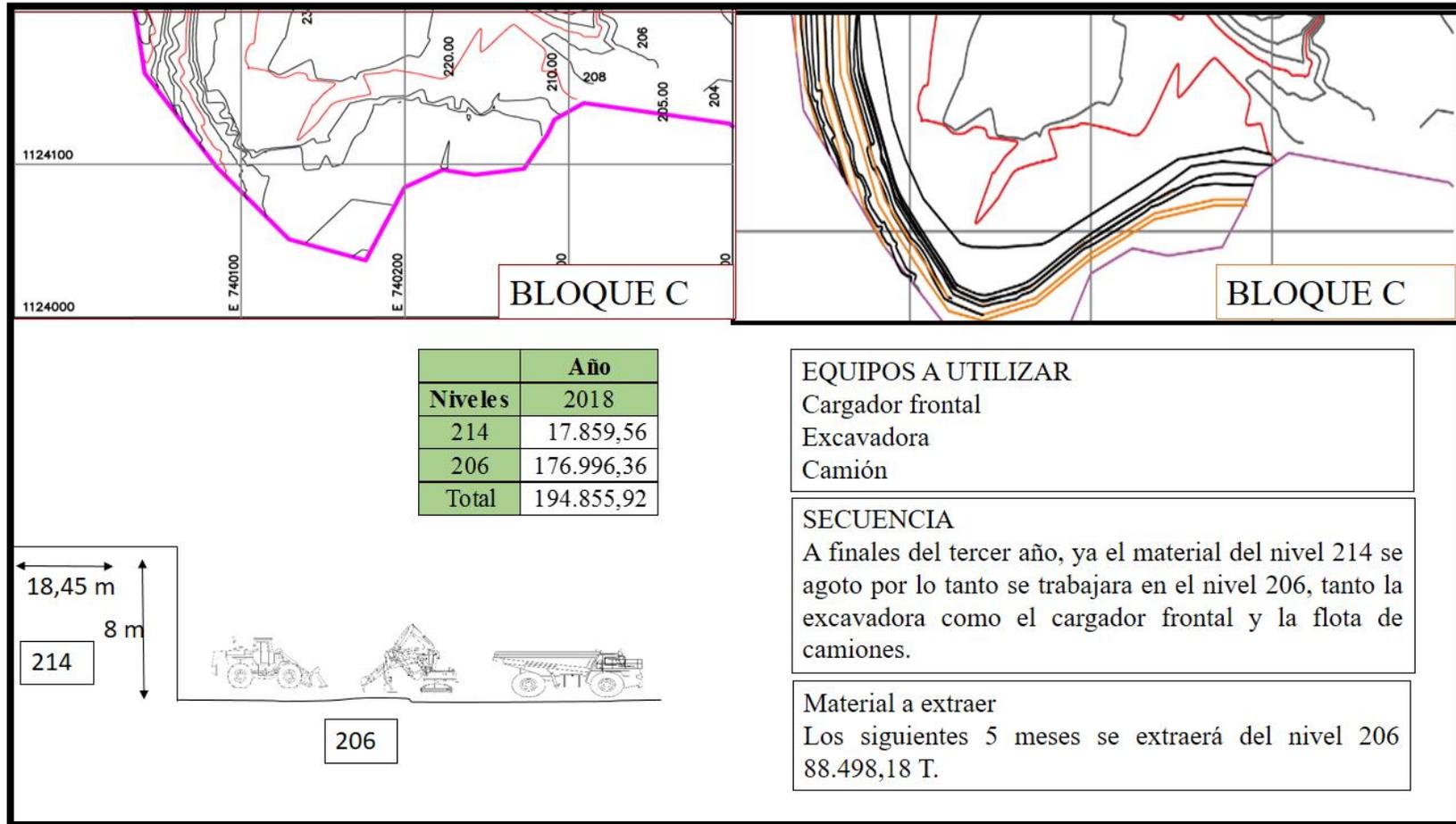


Figura 59. Secuencia de extracción del tercer año, bloque C (izquierdo: mapa actualizado, derecho: mapa modificado).

5.18.3 Cuarto año

Para la secuencia del año 4 y 5, los niveles superiores ya fueron aprovechados por lo tanto se trabaja en la zona baja de la cantera, nivel 206. (Véase, Figura 60).

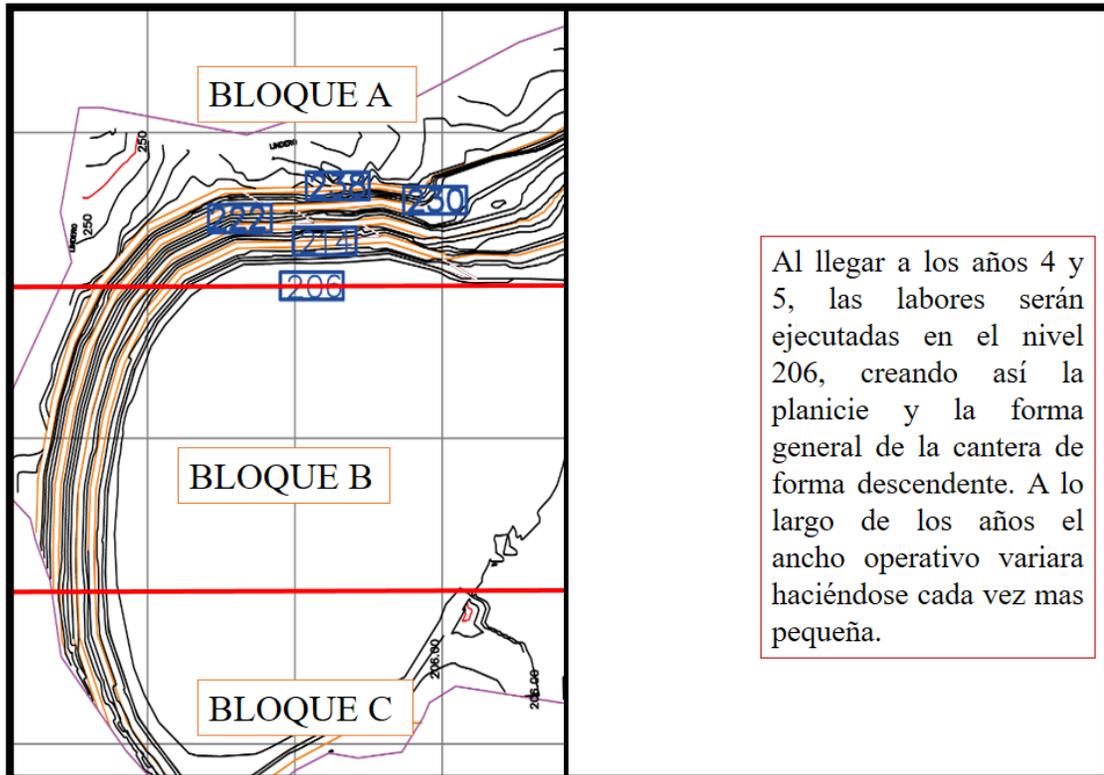


Figura 60. División de la zona de extracción por bloques del cuarto y quinto año.

5.19 Personal

Para cumplir con las labores de la cantera en cada una de sus labores se propone el siguiente personal:

- 1 Profesional de la minería (Ingeniero)
- 1 Supervisor de cantera (TSU)
- 1 Operador de excavadora
- 3 Operador de camión
- 1 Operador de cargador
- 2 Vigilante

Este personal estará capacitado para cumplir con la exigencia de producción del material arcilloso, ya que cada labor que se desempeña dentro del plan será cumplido a cabalidad. Las labores de mantenimiento de los equipos se realiza fuera de la cantera y es una operación directa de la empresa. Es importante mencionar que para cada labor se plantea un personal abarcando cada una de las actividades mineras dentro de la cantera.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES

En este capítulo se tendrán las conclusiones más relevantes y las recomendaciones para futuras actividades dentro de la cantera:

1. La topografía de 2003 del Área # 2 y la actualizada, indica que la información levantada en campo de la topografía actualizada es semejante y continua, es decir que desde el 2003 hasta la actualidad la topografía no muestra un cambio brusco en las áreas de trabajo.
2. Una vez ejecutada la distribución del material arcilloso, se concluye que al transcurrir los 5 años la demanda crecerá de 173.000 T/año (demanda actual) a 194.855,92 T/año (demanda planteada), cumpliendo así con los 5 años planteados, esto quiere decir que se tendrá una reserva provisional en patio de 21.855,92 T/año, resultado de los 6 meses adicionales del cálculo de la vida útil del yacimiento.
3. Del acuerdo a la demanda se estima una vida útil de 5 años y 7 meses por lo tanto se plantea repartir el material de los 7 meses en los 5 años de producción.
4. El material en patio de 21.855,92 T/año se usará en los casos donde los equipos fallen, estén en mantenimiento o el clima y la seguridad no favorezcan la labor de extracción. Cabe destacar que esta modificación se ve contemplada en el momento de ser seleccionados los equipos y es por ello que es de vital importancia el conocimiento del material a extraer en el transcurso de los 5 años.
5. Con el avance de la topografía se determina el límite de la explotación o pit límite, obteniendo como resultado una explotación de superficie horizontal en el nivel 206 y escalones descendentes desde el nivel 238.

6. Con los equipos adecuados para la extracción del material arcilloso, se tomó la nueva demanda de material para el cálculo de estas. Se llegó a qué se necesita de: 1 equipo de arranque de material (retroexcavadora JCB JS 330), 1 equipos de carga (con capacidades de balde de 6 m³) y 3 equipos de acarreo (camiones articulado de 29 T- 47T); quedando la sinergia de tal manera que los equipos puedan interactuar entre sí.
7. En la determinación de la estabilidad de talud el banco con la configuración de 8 m de altura y 90° de inclinación resulto ser estable para diferentes fallas circulares y bajo los métodos de diferentes autores, teniendo así una estabilidad mayor de 1,5.
8. En cuanto a la evaluación de las secuencias de explotación del material arcilloso se observa que la reserva del nivel 206 tiene un tiempo de aprovechamiento de 2 años y 9 meses, por lo tanto se plantea la secuencia de los 2 últimos años fueran en ese nivel, siendo así el último nivel a extraer. Luego de haber trabajado en los niveles superiores. Al tercer año en el plan de se trabajara en los niveles 214 y 206, agotando así la reserva del primero y empezando con el segundo nivel, respectivamente. Se pudo observar a medida que se va avanzando en el plan se trabaja con dos niveles por año, hasta agotar la reserva calculada. Es importante señalar que el avance de un nivel a otro va de la mano con la altura de los bancos y el alcance de los niveles a la altura especificada.
9. Se recomienda a los trabajos futuros a realizar dentro de la cantera que ameriten ejecutar un nuevo levantamiento topográfico se le recomienda utilizar los puntos donde se encuentren las perforaciones anterioridad, de esa manera aseguran un anclaje o referencia adecuada dentro de los mapas topográficos.

10. Se recomienda realizar trabajo de campo en la zona sur-oeste de la cantera para examinar la continuidad del material arcilloso haciendo uso de calicatas, esto para que posteriormente se trabaje la zona aledaña a la extraída en esta propuesta.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Annels, A. (1990). Minerals Deposits Evaluation, a practical approach. Department of Geology, University of Wales. Cardiff. Chapman Hall. U.S.A.

Asociación de ingenieros de minas del Ecuador (AIME). Parámetros geotécnicos y estabilidad de taludes. Explotación de canteras.

Bustillo, M. & López, C. (1997). Manual de evaluación y diseño de explotaciones mineras. Editorial Masson, S.A. Barcelona, España. 457p.

Biblioteca de bloques AutoCAD de CAD Project.

Castiblanco, E. A. (2014). Evaluación del comportamiento geomecánico de arcillas en sector de Campoalegre, ciudad de Barranquilla. Universidad Nacional de Colombia, 159p.

Chacón, E. (1991). Técnicas de operaciones de minería de superficie: incluyendo aspectos económicos, administrativos y el impacto de la minería en el medio ambiente. Universidad del Oriente.

Curso de geotecnia para infraestructuras (2004). Estabilidad de taludes en suelo. Sevilla.

Cruz, L. Mecánica de suelos I, geotecnología. Universidad de Cauca.

Cruzart .A. (2008). Curso carguío y transporte, Universidad de la Serena. Bogotá.

Díaz J. Procesos de ladera, geología. Universidad de Cantabria.

Ecuador, A. d. (2000). Parámetros geotécnicos y estabilidad de taludes. 87p.

Fuentes, E. D. (2008). Diseño del método de explotación para la mina de arcilla Asogwayabal. Escuela de ingeniería de minas, grupo de investigación GEAM, UPTC, 13p.

Geo5® 2017. Estabilidad de taludes (versión demo).

Geoconsulta C.A. (2007). Plan de explotación cantera de arcilla “La Cabrera”. Fábrica Nacional de Cementos. Información técnica.

Herbert, J. H. (2006). Métodos de minería a cielo abierto. Madrid.

Hernández, C (2012). Centro de formación minera. Diseño de rampas.

Hurtado, D. J. (2002). Análisis de estabilidad de taludes. 39p.

Instituto Tecnológico Geominero de España (1995). “Manual de Arranque, Carga y Transporte en Minería a Cielo Abierto”. Madrid, España.

Juan, D. A. (2002). Diseño de un plan de explotación yacimiento de caliza, cantera la Gamarra Magdaleno, estado Aragua. 154p.

López, C. y otros (2000) Recursos Minerales, Instituto Geominero de España, Madrid.

Manual Caterpillar (2016). Cargador de ruedas. América Latina.

Manual Caterpillar (2016). Camiones articulados. América Latina.

Petróleos de Venezuela C.A. Instituto Tecnológico Venezolano del Petróleo. (1999). Léxico estratigráfico de Venezuela. 3ª Edición. Venezuela. Página web de: <http://www.pdv.com/lexico/>

Pimentel y Picard (1968). Geología de la cuenca de Santa Lucía-Ocumare del Tuy.

Portal Minero S.A. (2006). Manual General de Minería y Metalurgia. Chile: Editorial Portal Minero Ediciones.

Ricaldoni, J. Tablas y ábacos. Departamento de geotécnica. Instituto de estructuras y transporte. Montevideo- Uruguay.

Rivadeneira, E (2010). Descripción geológica y cálculo de reservas de arcilla de la cantera “La Cabrera”; Municipio Tomás Lander, Estado Miranda.

Rodríguez, J (2015). Explotación superficial e infraestructura minera. Curso. Huancavelica-Lircay.

Saya, R. (2001). Plan de Explotación de la Cantera San Bernardo, Ubicada en el Municipio Tomás Lander del Estado Miranda. Trabajo especial de Grado.

Secretaria del medio ambiente y recursos naturales, d. f. (2007). Manifestación de impacto ambiental, modalidad particluar, sector cambio de uso de suelo. Banco de arcilla. California: Proyecto, TSD Loreto Partners, S.C. Por A. De C.V.

Sociedad Nacional de Minería, Petróleo y Energía (2011). Informe quincenal de la SNMPE.

Solanilla, J. (2003). Gerencia de equipos para obras civiles y mineras. Bogotá.

Suárez (2013). Sistema de estabilidad de taludes. Universidad de Cartagena, Bucaramanga.

Vallejo L (2002). Ingeniería Geológica. Universidad Computense de Madrid.

Villate, T. y. (2001). Levantamiento Topografico, GPS y estación total. 17p.

Wehrman (1972). Geología de la sección de Petare-Santa Lucía.

Zapata., I. E. (2007). Construcción de infraestructura vial. Universidad Nacional sede de Medellin, 9p.

