



Universidad
Nacional
de Loja

¹⁸⁵⁹
Universidad Nacional de Loja

**Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos
Naturales no Renovables**

**Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento
Territorial**

**Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales
áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa Vialzachin
E.P. 1, código 50001288 ubicada en el sector de La Saquea, parroquia de
Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.**

**Trabajo de Titulación previo a la
obtención del título de Ingeniero
en Geología Ambiental y
Ordenamiento Territorial**

AUTOR:

Oscar Stalin Escobar Cabrera

DIRECTOR:

Ing. Jimmy Stalin Paladines, PhD.

Loja – Ecuador

2023



Certificación

Loja, 18 de agosto de 2022

Ing. Jimmy Stalin Paladines, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa Vialzachin E.P. 1, código 50001288 ubicada en el sector de La Saquea, parroquia de Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Oscar Stalin Escobar Cabrera**, con cédula de identidad N° **1900756931**, una vez que el trabajo cumple con todos los requisitos exigidos por la Universidad Nacional de Loja para el efecto, autorizo la presentación del mismo para su respectiva sustentación y defensa.



Firmado electrónicamente por:
**JIMMY STALIN
PALADINES**

Ing. Jimmy Stalin Paladines, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



Autoría

Yo, **Oscar Stalin Escobar Cabrera**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales, por el contenido del mismo. Adicionalmente, acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi Trabajo de Titulación en el Repositorio Digita Institucional - Biblioteca Virtual.



Firmado electrónicamente por:

Firma:

**OSCAR STALIN
ESCOBAR
CABRERA**

Cedula de identidad: 1900756931

Fecha: 01/02//2023

Correo electrónico: oscar.escobar@unl.edu.ec

Teléfono: 0993844774



Carta de autorización por parte del autor, para consulta, reproducción parcial o total y/o publicación electrónica del texto completo, del Trabajo de Titulación.

Yo, **Oscar Stalin Escobar Cabrera**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa Vialzachin E.P. 1, código 50001288 ubicada en el sector de La Saquea, parroquia de Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.**, como requisito para optar por el título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, autorizo al sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que con fines académicos, muestre la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional.

Los usuarios pueden consultar el contenido de este trabajo en el Repositorio Institucional, en las redes de información del país y del exterior, con las cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia del Trabajo de Titulación que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, al primer día del mes de febrero de dos mil vientos.

Firma:  Firmado electrónicamente por:
**OSCAR STALIN
ESCOBAR
CABRERA**

Autor: Oscar Stalin Escobar Cabrera

Cédula: 190075693-1

Dirección: Zamora, Barrio San Francisco

Correo electrónico: oscar.escobar@unl.edu.ec

Teléfono: 0993844774

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ingeniero Jimmy Stalin Paladines, PhD.



Dedicatoria

Me resulta gratificante dedicar el presente trabajo investigativo con mucho afecto y cariño a mis padres Blanca y Leonidas dado que, por su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional durante una de las etapas más importantes, me permitieron enfrentar los malos y buenos momentos con valentía, esfuerzo y perseverancia sin desmayar ante las adversidades.

De manera especial a mis hermanos Ruth, Carlos, Mayra y Diego que a lo largo de mi vida universitaria han sido verdaderos pilares de soporte en las diferentes adversidades acontecidas, ya que gracias a su cariño y palabras de aliento hicieron de mí una persona perseverante y empeñada en lograr los sueño y metas trazadas.

A mis compañeros y amigos gracias por los momentos y conocimientos compartidos, alegrías y tristezas y más allá de ello, por extender su mano amiga en situaciones realmente complicadas, ya que sin el equipo que formamos y sin pedir nada a cambio no se me habría permitido culminar mi formación profesional.

Finalmente dedico el presentes trabajo a todas y cada una de las personas que me brindaron su apoyo y confianza a lo largo de mi carrera universitaria y contribuyeron de una u otra forma que logre culminar con ni formación profesional.

Oscar Stalin Escobar Cabrera



Agradecimiento

Agradezco a Dios por haberme otorgado el don de la sabiduría, la humildad, la perseverancia y fortaleza durante todo este tiempo de aprendizaje guiándome de manera acertada a cumplir uno de mis mayores anhelos.

Agradecer infinitamente a mi familia por el cariño y apoyo incondicional, además de estar presente en todo momento brindándome palabras de aliento para no decaer en las situaciones de mayor dificultad.

En estas líneas me permito extender mi más sincero agradecimiento a mis compañeros y amigos Carlos, Cecilia, Jean, Luis, Daniela, Elizabeth, Erica, Nadia, Nathaly y Jeison por su buena voluntad, momentos compartidos y que de forma desinteresada me apoyaron para desarrollarme profesionalmente.

A la Universidad Nacional de Loja, la Facultad de la Energía, las Industrias y los Recursos Naturales No Renovables y de forma especial a los docentes de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por abrirme las puertas de su establecimiento educativo y permitirme realizar mi formación profesional a través de su conocimiento, experiencia profesional y enseñanzas.

De igual forma, agradezco a la empresa Vialzachin E.P., por permitirme llevar a cabo mi proyecto de investigación en sus instalaciones y brindarme todas las facilidades para el desarrollo del mismo, en especial al personal técnico y profesional del laboratorio de asfaltos, suelos y hormigones Dixon, Henry y Cristian por su colaboración, atenciones e información brindada, por toda su ayuda y buena voluntad gracias infinitas. Un agradecimiento muy especial al ingeniero Luis Cuenca y su equipo de topografía, por su excelente trabajo en el levantamiento en campo.

Finalmente quiero extender mi agradecimiento eterno al Ingeniero Stalin Paladines, director del trabajo de titulación, quien en virtud de su rectitud como docente me ha guiado con paciencia en la elaboración de mi trabajo de investigación y me ha brindado su sus conocimiento y apoyo en mi formación profesional.

Oscar Stalin Escobar Cabrera



Índice de contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de contenido	vii
Índice de tablas:	xii
Índice de figuras:.....	xiv
Índice de anexos:.....	xvi
Índice de fotografías:.....	xvii
Índice de esquemas:	xix
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Topografía.....	6
4.1.1. Operaciones de campo	6
4.1.2. Topografía en la minería A Cielo Abierto	7
4.1.3. Tipos de trabajos Topográficos	8
4.1.4. Fase de Campo para las Actividades Topográficas	9
4.2. Geología.....	10
4.2.1. Ciclo de Formación de las Rocas	10
4.2.2. Clasificación general de las rocas.....	12
4.3. Materiales Áridos y Pétreos	14



4.3.1. Propiedades y características.....	15
4.3.2. Clasificación de los materiales pétreos.....	16
4.3.3. Geología de los yacimientos de áridos	17
4.3.4. Yacimientos en materiales sueltos.....	18
4.3.5. Yacimientos en macizos rocosos.....	20
4.3.6. Áridos reciclados	21
4.3.7. Localización de yacimientos	22
4.3.8. Características de un yacimiento	24
4.3.9. Plantas de áridos	24
4.4. Minería.....	25
4.4.1. Sistema de Explotación A cielo Abierto	25
4.4.2. Métodos de Explotación	26
4.5. Cubicación del material	27
4.5.1. Los métodos Clásicos o Geométricos.....	27
4.5.2. Los Geo estadísticos	29
4.5.3. Elementos de la cubicación de reservas.....	29
5. Metodología.....	30
5.1. Materiales.....	30
5.2. Métodos	30
5.3. Metodología	31
5.3.1. Metodología para el primer objetivo	31
5.3.2. Metodología para el segundo objetivo.....	38
5.3.3. Metodología para el tercer objetivo.....	44
5.3.4. ÁREA DE ESTUDIO	48
6. Resultados.....	49
6.1. Información General del Área Minera	49
6.2. Ubicación.....	50



6.3. Acceso	51
6.3.1. Topografía	52
6.4. Descripción Geológica	54
6.4.1. Geología Regional	54
6.4.2. Geología Local	55
6.5. Delimitación del área de explotación	71
6.5.1. Área de Conservación	72
6.6. Recursos.....	73
6.6.1. Evaluación del recurso existente	73
6.7. Calificación de los ensayos del material del área minera Vialzachin E.P.	76
6.7.1. Distribución granulométrica del material explotado	76
6.7.2. Calidad del material pétreo	77
6.8. Descripción de las operaciones mineras desarrolladas en el área de estudio	78
6.8.1. Esquema de explotación	78
6.8.2. Preparación.....	79
6.8.3. Extracción o Arranque	80
6.8.4. Carga y Acarreo.....	80
6.8.5. Acumulación temporal en stock	81
6.8.6. Cribado.....	81
6.8.7. Trituración (Planta de Trituración).....	83
6.8.8. Stock de Material.....	87
6.8.9. Carga y Transporte	88
6.9. Productos Finales	89
6.9.1. Grava muy gruesa (>2")	89
6.9.2. Grava Gruesa (<2")	89
6.9.3. Grava (3/4")	89
6.9.4. Grava Media (3/8").....	89



6.10. Infraestructura	90
6.10.1. Área de Mecánica	90
6.10.2. Oficinas (Administrativo)	90
6.10.3. Laboratorio de Suelos	91
6.10.4. Bodega de Desechos Peligrosos	92
6.10.5. Baños	92
6.10.6. Bodegas.....	93
6.10.7. Planta de Asfalto.....	94
6.10.8. Oficina de Ambiente y Vestidores.....	94
6.11. Ciclo de Producción de Actual.....	95
6.11.1. Producción Diaria	96
6.11.2. Rendimiento de maquinaria	97
6.12. Potencial Minero del Depósito.....	104
6.12.1. Cantidad actual de productos obtenidos diariamente	105
6.13. Optimización de las operaciones de explotación	106
6.13.1. Elección del sistema de explotación	106
6.13.2. Análisis multicriterio entre los sistemas de explotación.....	109
6.13.3. Descripción del nuevo sistema de explotación	112
6.13.4. Operaciones mineras.....	112
6.13.5. Producción actual vs producción óptima	131
6.13.6. Diseño de los Bloques de Explotación	133
6.13.7. Análisis general de la producción.....	138
6.13.8. Aplicación de los ajustes y medidas del sistema Optimizado.....	139
6.14. Análisis económico	140
6.14.1. Análisis económico por metro cúbico explotado en el sistema actual	141
6.14.2. Costo de producción comparado con el mercado local	142
6.14.3. Análisis económico por metro cúbico explotado en el sistema optimizado ..	142



6.14.4. Inversión.....	145
7. Discusión.....	147
8. Conclusiones.....	150
9. Recomendaciones.....	152
10. Bibliografía.....	153
11. Anexos.....	156



Índice de tablas:

Tabla 1. Coordenadas de los sectores estratégicos del área minera.....	32
Tabla 2. Ficha de descripción de Afloramientos	33
Tabla 3. Ficha de Caracterización Geológica del Depósito de Materiales No Metálicos ...	34
Tabla 4. Ficha de descripción y caracterización de calicatas	35
Tabla 5. Modelo de etiqueta de muestra	36
Tabla 6. Ensayos realizados para reconocer la calidad del material pétreo	37
Tabla 7. Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo	39
Tabla 8. Ficha de descripción de maquinaria	39
Tabla 9. Ficha de registro de tiempos de producción	40
Tabla 10. Factor de eficacia en función de la clase de terreno a excavar	41
Tabla 11. Coeficiente de transformación en función del material a ser transportado.....	41
Tabla 12. Tiempo de duración del ciclo en dependencia del tipo de terreno	42
Tabla 13. Costos del sistema de explotación actual y optimizado por día.....	47
Tabla 14. Tabulación de los costos de la operación de destape y preparación.....	47
Tabla 15. Información General del área minera "VIALZACHIN" E.P. 1	49
Tabla 16. Coordenadas de Ubicación del área de estudio	50
Tabla 17. Descripción y Ubicación de Afloramientos.....	56
Tabla 18. Datos del volumen obtenido a través del método informático.....	74
Tabla 19. Volumen de reservas por cada tipo de material	76
Tabla 20. Clasificación Granulométrica del material explotado	76
Tabla 21. Parámetros de calidad del material Pétreo	77
Tabla 22. Especificaciones técnicas de la excavadora Komatsu	80
Tabla 23. Especificaciones Técnicas del Volquete HINO Modelo 4041 - ZS1EPVA	81
Tabla 24. Especificaciones técnicas de la cargadora frontal JCB (Modelo 436ZX)	83
Tabla 25. Especificaciones técnicas de la Retroexcavadora JCB (Modelo 3CX)	84
Tabla 26. Equipos de la planta de Trituración	87



Tabla 27. Registro de tiempos de producción por jornadas de trabajo	96
Tabla 28. Ecuación y coeficientes de rendimiento teórico de la retroexcavadora.....	98
Tabla 29. Datos para el cálculo de los ciclos efectivos.....	100
Tabla 30. Ecuación y coeficientes de rendimiento teórico de la cargadora frontal	101
Tabla 31. Ecuación y coeficientes de rendimiento teórico de la volqueta	102
Tabla 32. Resumen de los Rendimientos Teóricos y Reales de la Maquinaria	103
Tabla 33. Porcentaje y Metraje de los productos obtenidos en el área minera	105
Tabla 34. Análisis Multicriterio de los sistemas de explotación	109
Tabla 35. Dimensiones de los frentes de Explotación	112
Tabla 36. Datos y coeficiente para el cálculo del rendimiento óptimo de la excavadora .	119
Tabla 37. Numero de paladas necesarias para cargar el equipo de transporte	120
Tabla 38. Cálculo de tiempos óptimos de ida y vuelta del equipo de transporte	121
Tabla 39. Tiempo de Ciclo óptimo de producción	122
Tabla 40. Datos para el cálculo de rendimiento teórico y real del equipo de acarreo	124
Tabla 41. Datos para el cálculo de producción promedio por jornada de trabajo	125
Tabla 42. Datos para el cálculo de rendimiento de la cargadora frontal.....	125
Tabla 43. Rendimientos teóricos y reales de la maquinaria en el sistema optimizado	126
Tabla 44. Maquinaria requerida en el sistema de explotación optimizado	130
Tabla 45. Producción Actual vs Producción Óptima.....	132
Tabla 46. Longitud de los diques en los frentes de explotación N° 1 y N° 2.....	134
Tabla 47. Ángulo de reposo natural de arenas y gravas.....	135
Tabla 48. Costos del actual sistema de explotación por día	141
Tabla 49. Costos del sistema de explotación optimizado por día.....	142
Tabla 50. Costos de la operación de destape y preparación	144



Índice de figuras:

Figura 1. Red trigonométrica en una explotación a cielo abierto.....	8
Figura 2. Ciclo de formación de las rocas.....	11
Figura 3. Clasificación general de las rocas.....	12
Figura 4. Áridos y Pétreos como materias primas para otros materiales.....	14
Figura 5. Clasificación de los áridos según la granulometría.....	16
Figura 6. Extracción de agregados desde del abanico aluvial del río Maipo.....	19
Figura 7. LAS CANTERAS.....	20
Figura 8. Reciclado y valorización de los residuos de construcción y demolición.....	21
Figura 9. Red Hidrográfica del área minera.....	49
Figura 10. Ubicación de la concesión minera "Vialzachin E.P.".....	51
Figura 11. Vía de Acceso Área y Terrestre al área minera.....	52
Figura 12. Mapa Digitalizado de Vialzachin E.P.....	53
Figura 13. Perfil Topográfico a lo largo de la línea A - B del área de estudio.....	54
Figura 14. Columna Estratigráfica 1 elaborada en Sedlog.....	69
Figura 15. Columna Estratigráfica 2 elaborada en Sedlog.....	70
Figura 16. Mapa Topográfico con Áreas de Explotación.....	72
Figura 17. Komatsu Modelo PCL200 LC-8.....	79
Figura 18. Ciclo de producción de Vialzachin E.P.....	97
Figura 19. Diseño del depósito de Combustible).....	115
Figura 20. Diseño de vías de Acceso al frente de Explotación N° 1.....	116
Figura 21. Diseño de vías de Acceso al frente de Explotación N° 2.....	117
Figura 22. Operación de Extracción.....	119
Figura 23. Operación de Carga y Acarreo.....	123
Figura 24. Operación de Cribado.....	127
Figura 25. Operación de Acopio y Estoqueo.....	128
Figura 26. Diagrama de flujo optimizado del área minera "Vialzachin E.P.".....	129



Figura 27. Tipos de Puntas – Kprime KOMATSU	131
Figura 28. Perfil transversal del frente de explotación N° 1	133
Figura 29. Ancho de los diques transversales (Frente de trabajo N° 1).....	134
Figura 30. Dique transversal con el ángulo de reposo natural	135
Figura 31. Diseño de los bloques en el frente de explotación N° 1	136
Figura 32. Diseño de los bloques en el frente de explotación N° 2.....	137
Figura 33. Cucharón de Capacidad de 1.20 m ³	139
Figura 34. Extracción de áridos y pétreos en dirección corriente arriba al cauce natural	140



Índice de anexos:

Anexo 1. Mapa Hidrográfico	156
Anexo 2. Mapa Topográfico Digitalizado de Vialzachin E.P.....	156
Anexo 3. Mapa Topográfico	156
Anexo 4. Mapa Geológico Regional	156
Anexo 5. Fichas de descripción de afloramientos y calicatas	157
Anexo 6. Mapa de Geología Local.....	169
Anexo 7. Mapa Geológico con Estructuras Fluviales	169
Anexo 8. Mapa de Áreas de Explotación.....	169
Anexo 9. Análisis y Resultados de laboratorio	170
Anexo 10. Mapa de Infraestructura	172
Anexo 11. Fichas de caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo	173
Anexo 12. Registro de Tiempos de Producción	180
Anexo 13. Mapa de Destape y Preperación	185
Anexo 14. Mapa del Sistema de Explotación Óptimo.....	185
Anexo 15. Certificado de traducción del resumen	186



Índice de fotografías:

Fotografía 1. Levantamiento topográfico del lugar de estudio	32
Fotografía 2. Etiquetado de muestras de calicatas.....	36
Fotografía 3. Afloramiento 1 (Formación: Granodiorita/Diorita).....	57
Fotografía 4. Afloramiento 2 (Formación: Granodiorita/Diorita).....	58
Fotografía 5. Afloramiento3 (Formación: Unidad La Saquea).....	59
Fotografía 6. Afloramiento 4 (Formación: Unidad La Saquea).....	59
Fotografía 7. Afloramiento5 (Formación: Unidad La Saquea).....	60
Fotografía 8. Afloramiento 6 (Formación: Unidad La Saquea).....	60
Fotografía 9. Afloramiento 7 (Formación: Depósitos Aluviales)	61
Fotografía 10. Afloramiento 8 (Formación: Depósitos Aluviales)	62
Fotografía 11. Afloramiento 9 (Formación: Depósitos Aluviales)	63
Fotografía 12. Barra Fluvial de Tipo lateral (Barra Lateral N° 1)	65
Fotografía 13. Barra Fluvial de Tipo lateral (Barra Lateral N° 2)	66
Fotografía 14. Barra Fluvial de Tipo Longitudinal	67
Fotografía 15. Calicata N° 1.....	68
Fotografía 16. Calicata N° 2.....	70
Fotografía 17. Volquete HINO Modelo 4041 – ZS1EPVA.....	81
Fotografía 18. Cargadora Frontal JCB (Modelo 436ZX)	82
Fotografía 19. Criba Fija.....	82
Fotografía 20. Retroexcavadora JCB (Modelo 3CX).....	83
Fotografía 21. Planta de Trituración.....	84
Fotografía 22. Productos Finales de la Trituración	86
Fotografía 23. Zonas de Stock de Material	88
Fotografía 24. Cargado y Transporte del material.....	88
Fotografía 25. Área de Mecánica	90
Fotografía 26. Oficina Administrativa de la Empresa Pública Vialzachin E.P	91



Fotografía 27. Laboratorio de suelos, hormigones y asfaltos	91
Fotografía 28. Bodega de desechos peligrosos	92
Fotografía 29. Baños.....	92
Fotografía 30. Bodega 1.....	93
Fotografía 31. Bodega 2.....	93
Fotografía 32. Planta de Asfalto.....	94
Fotografía 33. Oficinas de Medio Ambiente y Seguridad Ocupacional.....	94



Índice de esquemas:

Esquema 1. Actividades y Operaciones de "Vialzachin E.P."	79
Esquema 2. Proceso de Trituración y Productos obtenidos.....	85
Esquema 3. Ciclo de Producción o Trabajo.....	95
Esquema 4. Operaciones del Sistema de Explotación Optimizado.....	138



1. Título

Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa Vialzachin E.P. 1, código 50001288 ubicada en el sector de La Saquea, parroquia de Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.



2. Resumen

El presente trabajo de investigación denominado Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa Vialzachin E.P. 1, código 50001288 ubicada en el sector de La Saquea, parroquia de Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe., se realizó con la finalidad de llevar a efecto una propuesta de optimización que posibilite realizar la extracción adecuada y técnica de los materiales áridos y pétreos a través de un sistema con los mínimos impactos posibles en el medio y el máximo aprovechamiento sostenible de los recursos.

Inicialmente se recopiló y analizó la información bibliográfica disponible del sector, que conjuntamente con la información levantada en campo y trabajada en oficina se logró caracterizar el área de estudio en relación a su geología, topografía, hidrografía y clima, de igual manera se estableció los recursos presentes el área.

Las condiciones actuales de operación implicaron efectuar una descripción de las procesos y operaciones mineras mediante la observación directa y el registro en campo de la infraestructura, las áreas de trabajo y detallando técnicamente la capacidad de la maquinaria. Además, se estimó el rendimiento y la tasa de producción diaria lograda en el estado actual de operación.

La elección del sistema óptimo se estableció a partir de un análisis multicriterio donde se comparó tres alternativas en relación a sus ventajas ambientales, económicas, productivas y técnicas, logrando la selección del sistema denominado “Diques Transversales” como la opción más adecuada desde el punto de vista de la optimización. Posteriormente se describió y esquematizó las operaciones en conformidad a las condiciones de optimización, detallando la maquinaria necesaria y determinando su rendimiento, así como la producción diaria.

Se desarrolló un análisis económico de costos con respeto al sistema actual y al sistema optimizado, estableciendo mediante una comparativa de valores que la propuesta de optimización mejora las operaciones, el rendimiento de la maquinaria y la producción del área minera. Finalmente se efectuó un análisis económico de los costos relacionados a la infraestructura y maquinaria necesaria para lograr las condiciones de optimización vinculadas principalmente a las operaciones de preparación y destape.

Palabras Claves: Áridos y pétreos, sistema de explotación, ciclo de producción, operaciones mineras.



2.1. Abstract

The present research work called "OPTIMIZATION OF THE EXPLOITATION SYSTEM FOR THE EXTRACTION OF ARID AND STONE MATERIALS IN THE MINING AREA BELONGING TO THE COMPANY VIALZACHIN E.P 1, CODE 50001288, LOCATED IN THE SECTOR OF THE LOOTING, PARISH OF GUADALUPE, CANTON ZAMORA, PROVINCE OF ZAMORA CHINCHIPE." was carried out with the purpose of carrying out an optimization proposal that makes it possible to carry out the adequate and technical extraction of aggregate and stone materials through a system with the minimum possible impacts on the environment and the maximum sustainable use. of mineral resources.

Initially, the available bibliographic information of the sector was collected and analyzed, which together with the information collected in the field and worked in office it was possible to characterize the study area in relation to its geology, topography, hydrography and climate, in the same way, the resources present in the area were established.

Current operating conditions involved describing mining processes and operations through direct observation and field registration of infrastructure, work areas and technically detailing machinery capacity. In addition, the yield and the daily production rate achieved in the current state of operation were estimated.

The choice of the optimal system was established based on a multi-criteria analysis where three alternatives were compared in relation to their environmental, economic, productive and technical advantages, achieving the selection of the system called "Transversal Dams" as the most adequate option from the optimization point of view. Subsequently, the operations were described and schematized according to the optimization conditions, detailing the necessary machinery and determining its performance, as well as the daily production.

An economic cost analysis was developed with respect to the current system and the optimized system, which through a comparison of values determined that the optimization proposal improves operations, machinery performance and production in the mining area. Finally, an economic analysis of the costs related to the infrastructure and machinery necessary to achieve the optimization conditions linked mainly to the preparation and uncovering operations.

Key Words: Aggregates and petrous, exploitation system, production cycle, mining operations,



3. Introducción

La minería y la industria de los materiales áridos y pétreos se constituyen como materias primas fundamentales en la edificación e implementación de obras ingenieriles y civiles que permiten el progreso social y un gran desarrollo económico de los sectores asociados a este tipo de minería con una oferta y demanda en crecimiento. El cantón Zamora es considerado un territorio con una gran cantidad de depósitos de materiales áridos y pétreos extendidos a lo largo de sus caudalosas redes hidrográficas.

El área minera “Vialzachin E.P., código 50001288”, actualmente centra sus operaciones mineras en la extracción de materiales áridos y pétreos destinados principalmente a los proyectos civiles y viales que ejecuta la empresa. Uno de sus grandes problemas se relaciona a la gran demanda de material, la cual se encuentra fijada de forma referencial en 6363 m³ mensuales superando la producción actual la cual se aproxima a los 5400 m³. A razón de la poca disposición de materiales en su área de stock y un ritmo de producción no definido se opta por la aplicación de un sistema de explotación que es común y no cuenta con un diseño técnico-minero que permita una explotación eficiente y productiva de los materiales pétreos. El otro gran inconveniente se relaciona a las operaciones mineras y su ejecución sobre redes hídricas caudalosas, lo que conlleva a la pérdida total o parcial de la superficie de explotación durante las épocas de lluvias intensas afectando la producción del área minera.

El sistema de explotación actual no se considera el óptimo debido a la falta de aprovechamiento de todo el depósito, centrándose las operaciones mineras en un solo frente el cual posee la menor cantidad de recursos. Mediante el análisis de los diferentes procesos y operaciones mineras, se logra obtener un enfoque sobre las alternativas de optimización del sistema que permitan lograr un incremento de la producción adaptado técnicamente a las condiciones topográficas, geológicas, ambientales y económicas del área.

Por tal motivo, en la presente investigación se amplía el conocimiento del área de estudio a través de la información recopilada y levantada que permita definir una propuesta de optimización del sistema de explotación en base al análisis de las características geológicas del material, las condiciones topográficas del lugar, la extensión y accesibilidad a los frentes de trabajo, la infraestructura necesaria, el rendimiento y la capacidad de la maquinaria, repercutiendo en notables avances y mejoras significativas como el incremento de la producción o la disminución de los costos de producción del material; este último a través de un análisis económico comparativo entre el sistema actual y el sistema optimizado logrando conocer la rentabilidad económica del proyecto.



Objetivos

Objetivo General

- ✚ Optimizar el sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa pública VIALZACHIN E.P 1, Código 50001288 ubicada en el sector de la Saquea, Parroquia de Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos Específicos

- ✚ Caracterizar la zona de estudio y ubicar el material del depósito del área minera perteneciente a la empresa pública VIALZACHIN E.P 1, Código 50001288.
- ✚ Describir los procesos actuales correspondientes al sistema de explotación de áridos y pétreos del área minera.
- ✚ Proponer una optimización de los procesos de explotación de materiales áridos y pétreos de la zona de estudio.



4. Marco Teórico

4.1. Topografía

La topografía es la ciencia que se ocupa de estudiar el conjunto de procedimientos para determinar la posición de un punto sobre la superficie terrestre, por medio de medidas según los tres elementos del espacio: dos distancias y una elevación o una distancia, una elevación y una dirección. Para distancias y elevaciones se emplean unidades de longitud (en sistema métrico decimal), y para direcciones se emplean unidades de arco (grados sexagesimales).

4.1.1. Operaciones de campo

4.1.1.1. Señalamiento de puntos

En los trabajos topográficos es necesario señalar sobre el terreno los puntos de levantamiento.

- Jalones
- Banderolas
- Estacas
- Clavos
- Placas metálicas
- Señales grabadas en rocas nativas
- Mojones
- Hitos
- Pilares de hormigón

4.1.1.2. Levantamientos topográficos

En un levantamiento topográfico se toman los datos necesarios para la representación gráfica o elaboración del mapa del área en estudio. Estudiaremos los métodos y procedimientos utilizados en la representación de superficies.

Métodos Taquimétricos: Por definición la taquimetría, es el procedimiento topográfico que determina en forma simultánea las coordenadas Norte, Este y Cota de puntos sobre la superficie del terreno. Este procedimiento se utiliza para el levantamiento de detalles y puntos de relleno en donde no se requiere de grandes precisiones.



Con teodolito y mira vertical: El método taquimétrico con teodolito y mira vertical se basa en la determinación óptica de distancias en el paso de coordenadas polares a rectangulares, ya descritos antes y en el cálculo de nivelación taquimétrica, descrito en el capítulo.

Con Estación Total: Una de las grandes ventajas de levantamientos con estación total es que la toma y registro de datos es automática, eliminando los errores de lectura, anotación, transcripción y cálculo; ya que con estas estaciones la toma de datos es automática (en forma digital) y los cálculos de coordenadas se realizan por medio de programas de computación incorporados a dichas estaciones. Generalmente estos datos son archivados en formato ASCII para poder ser leídos por diferentes programas de topografía, diseño geométrico y diseño y edición gráfica.

4.1.2. Topografía en la minería A Cielo Abierto

La topografía que se utiliza en las diversas etapas de los proyectos explotados por este sistema, abarca desde los métodos clásicos de medición en terreno (instrumental convencional), la topografía aérea (levantamientos aerofotogramétricos para la exploración), hasta la revolucionaria tecnología satelital (imágenes satelitales para exploración, sistema G.P.S. para la georreferenciación de la actividad y en la administración y control de máquinas). (Mejía, 2014)

Todo profesional de la minería debe saber que el uso de la topografía es fundamental en todas las etapas del proyecto (exploración, constitución de la propiedad minera, desarrollo y en el plan de cierre y abandono de la mina).

4.1.2.1. Características de los Trabajos Topográficos

Los trabajos topográficos en una explotación minera a cielo abierto presentan una serie de características propias:

- Se localizan en un área relativamente pequeña. - Aunque algunas explotaciones afectan a superficies importantes, la actividad de una mina a cielo abierto se desarrolla en una zona cuyo tamaño máximo alcanza algunos centenares de hectáreas. En esta zona se localiza la corta o cortas, los vertederos y las instalaciones que completan el complejo minero.
- Se desarrollan a lo largo de un periodo de tiempo extenso, comenzando varios años antes de que la mina entre en producción y, con frecuencia, terminando después de que el yacimiento se haya agotado, mientras se completan las últimas fases de los trabajos de restauración del área afectada.

- Son de tipo muy variado y en ellos se aplican técnicas muy diferentes.
- En algunos de ellos, especialmente los de carácter más sistemático, el factor tiempo es crítico: se dispone de pocos días (o pocas horas) para su realización y hay que evitar, en lo posible, que puedan afectar a la producción.
- Determinan, en buena medida, la correcta marcha de la explotación. Por tanto, también son críticos en este sentido.

4.1.3. Tipos de trabajos Topográficos

Se han considerado tres etapas distintas de la actividad minera. Conviene señalar que esta división es una simplificación de la realidad, ya que muchas de las tareas contempladas se extienden en el tiempo y coexisten con las de etapas posteriores. Estas etapas son las siguientes:

4.1.3.1. Trabajos topográficos iniciales

Consisten en el establecimiento de la infraestructura topográfica (redes de vértices) y en la elaboración de la cartografía inicial de la zona afectada, necesaria para los distintos proyectos (explotación, restauración, instalaciones, etc.):

- Levantamiento topográfico inicial.
- Establecimiento de la red trigonométrica (Figura 1).

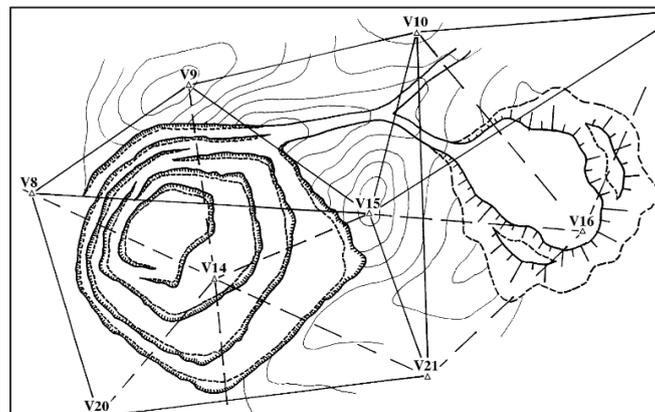


Figura 1. Red trigonométrica en una explotación a cielo abierto

Fuente: Mejía, (2014)

4.1.3.2. Trabajos topográficos de apoyo al proyecto de explotación

- Investigación geológica.
- Proyecto de explotación. Vertederos. Planes de restauración.
- Proyectos de instalaciones, accesos, líneas eléctricas, etc.



4.1.3.3. Trabajos topográficos durante la producción de la explotación

Se trata de trabajos, con frecuencia sistemáticos, que posibilitan la marcha correcta de la explotación minera:

- Levantamiento de los avances de frentes de trabajo y vertederos. Marcaje de las separatrices entre mineral y estéril.
- Marcaje de sondeos de control de leyes. Levantamiento y/o marcaje de barrenos de voladura.
- Nivelación de plantas de trabajo.
- Control de estabilidad de taludes.
- Apoyo topográfico a los trabajos de restauración.

4.1.4. Fase de Campo para las Actividades Topográficas

Todas las actividades de topografía aplicada a la minería a cielo abierto están sujetas de manera general, a un debido procedimiento homogéneo, para la captura de información en la fase de Campo, teniendo en cuenta también las características específicas de cada actividad a desarrollar.

La fase de campo se inicia con un reconocimiento anticipado de la zona de trabajo, para obtener así la información necesaria del sitio, la dificultad del proyecto que se quiere realizar y la accesibilidad segura del personal al área de trabajo. Luego se determina el método a emplear teniendo en cuenta el tipo de levantamiento, la precisión y la técnica apropiada, para seleccionar el equipo necesario en el desempeño defunciones del personal de topografía. Por lo regular en todo estudio topográfico realizado tanto en la mina como en la fábrica se procede del siguiente modo una vez se llega al sitio de trabajo:

4.1.4.1. Etapa 1. Punto de Armada para la Estación Topográfica

Se ubica la estación total en el mejor lugar a criterio técnico, respecto del punto de armada para la estación. La armada de la estación está sujeta a la visualización que se tenga, primero a la zona de trabajo, y segundo a dos de los puntos con coordenadas conocidas de una línea base.

4.1.4.2. Etapa 2. Coordinación de Auxiliares de Topografía

Se llega a un acuerdo con el auxiliar de topografía cual será la mecánica en el recorrido para hacer más dinámico y ágil el estudio topográfico, pues se debe ser organizado en la captura de información para no repetir puntos o en su defecto omitir puntos. Cuando hay actividad constante de maquinaria en el sitio de trabajo, se alerta a los operarios sobre la presencia del



equipo de trabajo para que detengan por un momento la actividad y el movimiento o se traslade a otro lugar, garantizando visibilidad y la integridad física de los auxiliares de topografía.

4.1.4.3. Etapa 3. Captura de Información y Datos de Campo

Se procede por hacer el estudio topográfico, de la siguiente manera:

1. Se crea un archivo en el colector de datos, nombrado con las características del proyecto.
2. Se enciende la estación y se vincula el trabajo a la línea base.
3. Se procede a tomar las radiaciones respectivas para los puntos representativos del terreno que encierran el área de estudio.
4. Luego se procede por radiar los puntos necesarios en la parte central de la zona antes delimitada, este barrido se hace mediante la creación de líneas transversales imaginarias en el transcurso del recorrido que hace el auxiliar de topografía con el prisma.

De esta manera se obtiene la información necesaria en campo, para el estudio topográfico en la mina.

4.2. Geología

Una gran parte de la Geología se basa en observaciones y experimentos llevados a cabo en el campo. Pero la Geología también se realiza en el laboratorio donde, por ejemplo, el estudio de varios materiales terrestres permite comprender muchos procesos básicos. Con frecuencia, la geología requiere una comprensión y una aplicación del conocimiento y los principios de la física, la química y la biología.

La geología estudia la composición y constitución de la corteza terrestre, los fenómenos que en esta acaecen y las leyes físicas y químicas por las que se rigen. La geología investiga la historia y evolución de las actividades de la Tierra desde los tiempos más remotos hasta el momento actual, la composición, disposición y origen de las rocas y los minerales que forman la corteza terrestre y los procesos que han dado lugar a su presente estructura. (Plaza Diez, 2008)

4.2.1. Ciclo de Formación de las Rocas

El ciclo de las rocas (Figura 2) es un compendio de situaciones, procesos y materiales que permiten que cualquier material sobre la corteza terrestre pueda con el paso del tiempo geológico, transformarse en una roca: sedimentaria, metamórfica o ígnea.

Fue desarrollado por James Hutton a finales del siglo XVIII y nos indica que:

En una primera etapa de formación, el magma procedente del interior de la corteza terrestre se enfría en su camino de ascensión hacia capas superficiales, dando lugar a una roca ígnea, que

podrá ser *extrusiva*, si alcanza la superficie y se deposita sobre ella, mediante las erupciones volcánicas (Lava solidificada) o *intrusiva*, que se produce cuando va subiendo por las cavidades y grietas de la corteza terrestre, sin llegar a aflorar en superficie (granito).

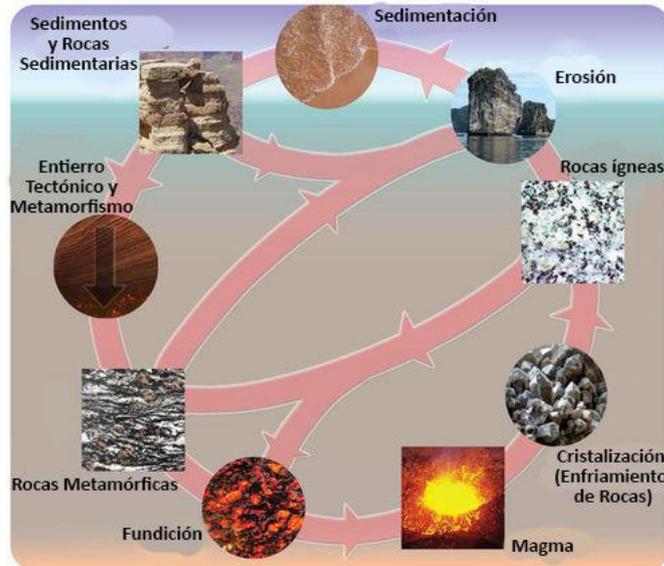


Figura 2. Ciclo de formación de las rocas

Fuente: Plaza Diez, (2008)

Estas últimas por desgaste de las capas superiores o bien por levantamientos verticales, pueden aflorar en superficie, sometidas en este caso a los agentes de meteorización que darán lugar a la disgregación de las rocas y a la formación de los suelos.

La erosión y el transporte producirán que las pequeñas partículas disgregadas, sean transportadas y almacenadas en cuencas sedimentarias principalmente los océanos, donde por el peso, poco a poco irán compactándose y sufriendo el proceso de diagénesis, aquel por el cual a partir de sedimentos se conforman las rocas sedimentarias mediante el proceso de litificación de estos.

Estas rocas, una vez consolidadas pueden por levantamiento cortical aparecer en la superficie terrestre entrando de nuevo en el ciclo de meteorización-erosión-transporte o bien continuar descendiendo en la corteza terrestre debido a los procesos orogénicos. Es en ese momento cuando los cambios en la presión y en la temperatura ambiente producen alteraciones de los minerales dando lugar a rocas metamórficas. En este caso encontramos arcillas que se transforman pizarras o granitos que se pueden dar lugar a gneis.

Una vez llegados a ese punto, las rocas metamórficas pueden por levantamiento cortical ascender y aflorar también en superficie, o bien sufrir niveles de calor y presión elevados que den lugar a la transformación de estas en rocas ígneas, cerrándose así el ciclo. En este sentido también es de destacar la posibilidad de que rocas ígneas se transformen en metamórficas sin

pasar por el proceso de diagénesis, simplemente por una disminución de la temperatura y de la presión.

De la formación de cada una de estas rocas, encontramos materiales y texturas de formación completamente distintas. Así como en las sedimentarias podemos ver incluso los clastos de formación de la roca y el cemento matriz de unión (conglomerados), en el caso de las ígneas y de las metamórficas es mucho más complicado.

4.2.2. Clasificación general de las rocas

Existen varios tipos de clasificación de las rocas, pero la clasificación más general se basa en su origen, es decir en rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas (Figura 3).



Figura 3. Clasificación general de las rocas

Fuente: Plaza Diez, (2008)

4.2.2.1. Las rocas ígneas

Las rocas ígneas se forman por la solidificación del magma a diferentes profundidades ya sean dentro de la corteza terrestre, en el exterior cuando el magma fluye o en el aire cuando el material menos denso sale expulsado durante la erupción de un volcán.

Las rocas ígneas desde el ámbito más general se definen como las rocas formadas por consolidación de un magma. Aparecen en la naturaleza formando parte de cuerpos de dimensiones kilométricas, raramente de forma aislada, sino asociadas a otras rocas. Los cuerpos ígneos se caracterizan por poseer cierta homogeneidad en cuanto a ciertos caracteres como composición, tamaño de grano, color, etc. (Dorado Castro, 2015)

Este grupo de rocas forman la mayor parte de la corteza terrestre. De hecho, con la excepción del núcleo exterior líquido, la porción sólida restante de nuestro planeta es básicamente una enorme roca ígnea parcialmente cubierta por una delgada capa de rocas sedimentarias. Por consiguiente, para comprender la estructura, composición y funcionamiento interno de nuestro planeta, es esencial un conocimiento básico de las rocas ígneas.



4.2.2.2. Las rocas sedimentarias

Por su propia naturaleza, las rocas sedimentarias contienen en su interior indicaciones de ambientes pasados en los cuales se depositaron sus partículas y, en algunos casos, pistas de los mecanismos que intervinieron en su transporte. Además, las rocas sedimentarias son las que contienen los fósiles, herramientas vitales para el estudio del pasado geológico. Por tanto, este grupo de rocas proporciona a los geólogos mucha de la información básica.

Los diferentes tipos de rocas sedimentarias se relacionan a su vez, no sólo con los procesos de meteorización, sino también con la zona climática en que se formaron y con las diferentes partes del ambiente tectónico sobre las cuales pueden estar operando los procesos superficiales. Pero lo más característico de las rocas sedimentarias es su disposición en capas o estratos, donde el conjunto muestra algunos tipos de estructuras que reflejan el ambiente de formación (Duque Escobar, 2016)

4.2.2.2.1. Tipos de rocas sedimentarias

El sedimento tiene dos orígenes principales. En primer lugar, el sedimento puede ser una acumulación de material que se origina y es transportado en forma de clastos sólidos derivados de la meteorización mecánica y química. Los depósitos de este tipo se denominan detríticos y las rocas sedimentarias que forman, rocas sedimentarias detríticas. La segunda fuente principal de sedimento es el material soluble producido en gran medida mediante meteorización química. Cuando estas sustancias disueltas son precipitadas mediante procesos orgánicos o inorgánicos, el material se conoce como sedimento químico y las rocas formadas a partir de él se denominan rocas sedimentarias químicas.

Las rocas sedimentarias se clasifican según su origen en detríticas o químicas:

- a) Las rocas detríticas, o fragmentarias: se componen de partículas minerales producidas por la desintegración mecánica de otras rocas y transportadas.
- b) Las rocas sedimentarias químicas: se forman por sedimentación química de materiales que han estado en disolución durante su fase de transporte

4.2.2.3. Rocas Metamórficas

Resultaron de la combinación de las rocas ígneas y sedimentarias, debido a la transportación de estas rocas en su composición mineralógica y estructura, esto ocurre a grandes presiones, temperaturas y por emanaciones gaseosas producido por el magma fundido, que por debajo de la corteza terrestre se encuentra.

La mayor parte de las rocas metamórficas son el resultado de una transformación al estado sólido de rocas preexistentes, bajo condiciones de alta temperatura y presión.

Las rocas metamórficas son menos variadas que las rocas ígneas y, por tanto, poseen menor complejidad en cuanto a su sistemática. La razón es que los procesos metamórficos ocurren en grandes volúmenes de roca a escala de kilómetros y en largos periodos de tiempo del orden de millones de años. En suma, la variedad de productos petrológicos es mucho más limitada en comparación con las rocas ígneas. Además, el metamorfismo tiende a borrar las texturas iniciales de las rocas afectadas, contribuyendo así a incrementar la homogeneidad de los productos, a pesar de la amplia heterogeneidad de rocas potencialmente afectadas por el metamorfismo.

4.3. Materiales Áridos y Pétreos

Los materiales áridos y pétreos se definen como un conjunto de partículas minerales de distintos tamaños y formas y que proceden de la fragmentación natural o artificial de las rocas. (Bañón Blázquez & Beviá García, 2000)

Los áridos son materias primas conformadas por un conjunto de granos minerales indispensables para la sociedad de diferentes dimensiones destinados principalmente para la fabricación de morteros, hormigones, capas de cimentación y bases y firmes de carreteras y vías férreas (Figura 4). En general, se trata de materiales baratos y abundantes que se explotan necesariamente cerca de los centros de consumo, con el fin de reducir los costes de transporte.



Figura 4. Áridos y Pétreos como materias primas para otros materiales

Fuente: Bañón Blázquez; Beviá García, (2000)

El material pétreo se constituye a la vez como todos los materiales de piedra o de la calidad de la piedra, sea este de yacimientos o de suelos susceptibles de extraerse. Las piedras son todas las sustancias minerales diferentes de las sales, los materiales y los combustibles que se presentan en la tierra en forma de cuerpos duros, sin brillo metálico, más pesados que el agua



y menos que los metales, es decir que están compuestas por sílice, anhídrido carbónico, y ácido sulfúrico combinados con cal, alúmina y otros tóxicos de hierro, como manganeso y cromo.

4.3.1. Propiedades y características

En gran medida, muchas propiedades de los materiales dependen de la estructura, aún si la composición del material permanece igual. Esto explica por qué las relaciones estructura-propiedad o microestructura-propiedad son extremadamente importantes. (R. & Wndelin, 2016)

En función de la aplicación, los áridos deben reunir características diferentes, asociadas a su naturaleza petrográfica o al proceso empleado para su producción, entre las que cabe destacar:

- **Propiedades geométricas:** tamaño, forma de las partículas (p.ej. si son alargadas o no), caras de fractura, calidad de los finos, etc.
- La forma de las partículas se refiere a la forma que presentan las partículas que integran los agregados (arena o grava), esta forma se puede distinguir observando con cuidado las partículas.
- **Propiedades mecánicas y físicas:** resistencia al desgaste (p.ej. para que los coches no se deslicen en las carreteras), resistencia a la fragmentación, resistencia al pulimento, densidad, porosidad, contenido en agua, etc.
- **Propiedades térmicas y de alteración:** resistencia a los ciclos de hielo y deshielo, Baja conductibilidad térmica, alta inercia térmica, etc.
- **Propiedades químicas:** contenido en azufre, cloruros, materia orgánica, contaminantes ligeros, reactividad potencial, etc.
- **Propiedades tecnológicas:** conforman un conjunto de propiedades relacionadas con el comportamiento del material durante los procesos de conformado y fabricación. Entre ellas estarían la ductilidad, maleabilidad, soldabilidad, maquinabilidad, forjabilidad, o dureza. Algunas de las propiedades tecnológicas son propiedades mecánicas, y otras pueden ser propiedades físicas. (Guemes Corgo & Martín Piris, 2012)

Estas propiedades son evaluadas gracias a un conjunto de más de 50 normas de ensayo. Las plantas de áridos cuentan con sistemas tecnológicos muy avanzados que permiten controlar la calidad de los productos. Equipo de tamizado para seleccionar el tamaño de los áridos.

La idoneidad del control de producción que desarrollan las empresas es verificada periódicamente por organismos notificados independientes, emitiendo un certificado acreditativo. Gracias al control del proceso, se dispone de productos de calidad contrastados,

tras el sometimiento continuo de los áridos a ensayos de laboratorio, que permitir determinar si sus propiedades cumplen con los requisitos de las aplicaciones en los que se van a emplearlo que implica que los procesos de fabricación estén perfectamente controlados en sus diferentes etapas.

4.3.2. Clasificación de los materiales pétreos

Pueden establecerse diferentes criterios de clasificación de los materiales pétreos atendiendo a distintos aspectos, como son su composición mineralógica, su procedencia o el tamaño de sus partículas. El siguiente esquema resume dichos criterios:

- a) **Áridos gruesos:** Están compuestos fundamentalmente por gravas. Este tipo de áridos presentan tamaños comprendidos entre 60 y 5 mm. y conforman el esqueleto mineral en cualquier tipo de mezcla bituminosa.
- b) **Áridos finos:** Se corresponden con las arenas, por lo que se excluyen aquellas partículas que no atraviesen el tamiz de 5 mm. de la serie UNE. Generalmente se emplean como relleno del árido grueso, de forma que ocupen los huecos existentes, para hacer la mezcla más compacta.
- c) **Filler o relleno:** Se define como la fracción mineral que pasa por el tamiz 0.080 UNE; esta especie de polvillo fino se obtiene como un producto residual procedente del lavado de los áridos machacados. Dada su gran superficie específica, desempeña un papel fundamental en las mezclas.

4.3.2.1. Criterio de granulometría

Los productos obtenidos a lo largo del proceso de extracción y tratamiento de áridos son separados y clasificados por tamaños para su posterior dosificación, mezcla y empleo en las diferentes capas del firme. Se distinguen tres grandes grupos de áridos en función de su granulometría y propiedades generales, detallados en la figura 5.



Figura 5. Clasificación de los áridos según la granulometría

Fuente: Bañón Blázquez; Beviá García, (2000)



4.3.2.2. Criterio de naturaleza mineral

Es de sobra conocida la gran variedad de rocas existentes, divididas en tres grandes grupos genéticos: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas. A su vez, dentro de éstos existen subgrupos, familias y series minerales que agrupan materiales de composición afín. La idoneidad de un determinado árido depende principalmente de una serie de factores relacionados con las características intrínsecas de la propia roca, aunque pueden influir de manera notable aspectos como su correcta fabricación, transporte y puesta en obra.

4.3.2.3. Criterio de procedencia

Existen diferentes formas de obtener materias primas para la construcción de carreteras, pudiendo establecerse una clasificación de los áridos en función de su lugar de procedencia:

- a) **Áridos naturales:** Dentro de este grupo se engloban aquellos áridos que se encuentran ya machacados, pudiendo ser directamente empleados tal y como se encuentran en la naturaleza; únicamente es necesario someterlos a un proceso de selección, refinado y clasificación por tamaños. Se hallan en graveras, canteras y otro tipo de yacimientos al aire libre, por lo que su extracción es relativamente sencilla.
- b) **Áridos artificiales o de machaqueo:** Obtenidos a partir de la disgregación de un macizo rocoso, empleando generalmente procedimientos de voladura con explosivos. Necesitan un mayor tratamiento que los anteriores, por lo que es necesario procesarlos en plantas de machaqueo; en ellas, el material es limpiado, machacado, clasificado y almacenado en acopios.
- c) **Productos sintéticos industriales:** Este grupo lo componen materiales de diversa índole, como productos de desecho o subproductos de procesos industriales, materiales calcinados, procedentes de la demolición y reciclado de firmes existentes o áridos manufacturados con características mejoradas.

4.3.3. Geología de los yacimientos de áridos

Los áridos naturales pueden provenir de depósitos de materiales sueltos o de macizos rocosos. En todos los casos la aptitud de estos materiales para producir áridos de calidad se calificará dependiendo de en qué medida los productos elaborados que se obtengan cumplen con los valores normativos establecidos. La calidad de estos productos dependerá sobre todo de las propiedades de la roca, que son su mineralogía, textura y fábrica, y de las características del depósito, en particular su homogeneidad, morfología y grado de meteorización. (Delgado Valhondo, 2010)



4.3.3.1. Consideraciones Generales

Con respecto a ellos se pueden hacer las siguientes consideraciones:

En cuanto a la mineralogía: son indeseables los minerales de yeso, sales, sulfuros y cualquier partícula blanda que reste homogeneidad (sean estas partículas minerales que han sufrido mayor meteorización que la matriz u otras sustancias como por ejemplo fragmentos orgánicos).

En cuanto a la textura y fábrica: fábricas planares o planolineares pueden producir un árido lajoso con mal coeficiente de forma. Este sería el caso de las pizarras, de rocas ígneas muy orientadas o el de algunas rocas sedimentarias formadas por elementos planares. Además, en las rocas foliadas el valor de la resistencia a compresión simple será mayor o incluso elevado cuando se ejerza el esfuerzo en perpendicular a la foliación y muy inferior cuando este esfuerzo sea paralelo.

El tamaño de grano de las rocas ígneas condiciona su resistencia y en general se puede decir que las rocas ígneas de grano fino, presentan valores de resistencia a la compresión y al desgaste mejores que las ígneas de grano grueso.

En cuanto al grado de meteorización: Los materiales meteorizados que forman la montera de algunos yacimientos de roca, así como el nivel de suelo.

En cuanto a la homogeneidad del yacimiento: la existencia de diferentes litologías dentro de un mismo depósito, como pueden ser conglomerados poligénicos, alternancias sedimentarias, etc., pueden impedir la extracción de un todo uno homogéneo y con ello de un árido de calidad, ya que las propiedades del conjunto deben referirse a las del tipo más desfavorable.

También los bancos de estratos tableados dentro de un macizo rocoso masivo pueden dar lugar a partículas predominantemente planares. Además, estos estratos tableados suelen encontrarse más meteorizados que el resto de la masa, restando resistencia al árido final producto de ambas partes.

En cuanto a la morfología del yacimiento: los factores que dificultan la explotación de un depósito son sus dimensiones (de poca extensión o de escasa potencia), la morfología irregular, el requerir grandes desmontes de estériles, el afloramiento del nivel freático, etc.

4.3.4. Yacimientos en materiales sueltos

Dentro de este apartado de áridos sedimentarios, se incluyen los áridos de río y las canteras de materiales sueltos alejadas de los cauces. Tanto unos como otros se pueden incluir en los siguientes ambientes sedimentarios. (Delgado Valhondo, 2010)

Abanicos aluviales

Son depósitos de arena y grava que suelen presentar una cohesión elevada debido a que también tienen un contenido en materiales finos alto. Son utilizables para la fabricación de áridos de calidad, mediante lavado que separe la fracción arcillosa. Pueden ocupar grandes extensiones (Ver Figura 6).



Figura 6. Extracción de agregados desde del abanico aluvial del río Maipo

Fuente: Ferzan, (2013)

Depósitos fluviales de tipo “braided” o trenzado

Se forman por cursos continuos de agua con pendientes moderadas y un lecho de inundación recorrido por un complejo sistema de canales fluviales. Forman yacimientos de áridos extensos y poco profundos, con materiales bien clasificados, con pocos finos. (Delgado Valhondo, 2010)

Depósitos de ríos meandriformes

Son llanuras de inundación limosas-arenosas, localizadas en las márgenes de sedimentación del meandro. Pueden ser muy extensas y suelen formar buenos yacimientos de arena y grava.

Depósitos eólicos

Son depósitos de arena fina muy bien seleccionados, que pueden formar depósitos extensos y potentes. Su campo de utilización es reducido debido a su estrecho huso granulométrico y se suelen aportar como complemento de otros áridos más gruesos en la fabricación de hormigones.

Eluviales y coluviales

Los primeros son materiales alterados in situ o con muy poco transporte y los segundos depósitos gravitacionales igualmente poco transportados que aparecen recubriendo laderas. Normalmente están muy pobremente clasificados, incluyendo abundante fracción fina, cantos de gran tamaño y es frecuente que tengan contenidos en materia orgánica elevados. Por todas estas razones no constituyen yacimientos para áridos de buena calidad y se suelen utilizar para rellenos y otros usos de prescripciones técnicas menos exigentes, no obstante, su uso es importante en zonas donde no se dispone de otros tipos de yacimientos.

Otros depósitos

Existen otros tipos de depósitos cuya explotación es menos habitual, bien por ser más difícil y costosa, como en el caso de antiguas plataformas costeras y cordones litorales actualmente sumergidos, o bien por ser materiales poco seleccionados, como las morrenas glaciares, depósitos glacio-fluviales y brechas de falla y que, si se comparan con otros tipos de depósito, tienen menor rendimiento.

4.3.5. Yacimientos en macizos rocosos

La principal explotación minera para la obtención de rocas industriales, ornamentales y áridos la constituye la cantera. Las principales son: mármoles, granitos, calizas y pizarras. Toda cantera (Figura 7) una vez agotada puede originar problemas ambientales, relacionados con la destrucción del paisaje. (Ferzan, 2013)



Figura 7. LAS CANTERAS

Fuente: Ferzan, (2013)

Dentro del grupo de las rocas ígneas en función de que sean plutónicas o volcánicas condiciona su composición mineralógica, su textura, fábrica y grado de alteración. Las rocas metamórficas presentan gran diversidad de tipos en función de su litología y de las

características del proceso de metamorfismo, de forma que su aptitud como materia prima para áridos es también diferente para cada tipo de roca, si bien en general, las de mayor grado de metamorfismo son las que ofrecen áridos de mejor calidad.

Las rocas sedimentarias se pueden clasificar en dos grandes grupos: detríticas y química; existen explotaciones de áridos en todos los tipos, siendo calizas y dolomías las más utilizadas como áridos de machaqueo.

4.3.6. Áridos reciclados

El árido reciclado producido en las plantas de residuos de construcción y demolición se usa frecuentemente como componente en la elaboración de hormigón estructural (Figura 8). No obstante, las propiedades químicas, físicas y mecánicas de este árido deben ser controladas para asegurar la calidad final del producto. Una de las propiedades más importantes es la granulometría, que depende en gran medida del proceso de fabricación del árido y afecta directamente a la consistencia, trabajabilidad, uniformidad y resistencia del hormigón, así como a su densidad, compacidad, permeabilidad y resistencia al desgaste.



Figura 8. Reciclado y valorización de los residuos de construcción y demolición

Fuente: RETEMA, (2019)

En el campo de la construcción es cada día mayor la presión social impulsada por la concienciación ciudadana para potenciar el reciclaje de los residuos, tanto los derivados de su propia actividad, como los procedentes de otros sectores. La ventaja más destacada de este reciclaje es la solución, a un mismo tiempo, de la problemática originada por la gran cantidad de residuos que se destinan a vertedero sin aprovechamiento, así como la obtención de una nueva materia prima, con lo que se reduce la cantidad de recursos naturales primarios a extraer. En el reciclaje de materiales en la construcción, los áridos reciclados tienen un papel protagonista, derivado de los ingentes volúmenes de residuos de construcción y demolición que su utilización podría eliminar.



Los áridos y materiales reciclados tienen un amplio abanico de aplicaciones dentro del sector de la construcción y de la restauración de espacios degradados. En la actualidad, la mayoría de los pliegos técnicos generales contemplan la opción de los áridos reciclados en distintas aplicaciones siempre y cuando éstos cumplan los requisitos técnicos establecidos. (Suárez Silgado, 2015)

4.3.6.1. Clasificación de los Áridos Reciclados

La publicación “Control de los Residuos de Construcción y demolición RCD, en los ayuntamientos”, también clasifica a los áridos reciclados de dos formas posibles, bien por su fracción granulométrica (zahorras, arenas, gravas), o bien por su procedencia (áridos de hormigón, áridos de asfalto y otros áridos reciclados). (RETEMA, 2019)

- Las características y aplicaciones de los áridos según su procedencia son:
- Áridos reciclados procedentes de hormigón
- Áridos procedentes de capas de aglomerado asfáltico
- Otros áridos reciclados: Además de los áridos procedentes de hormigón y aglomerado asfáltico, que son los que habitualmente se emplean en la construcción, existen los áridos procedentes de residuos cerámicos limpios, y los áridos procedentes de mezclas.

4.3.7. Localización de yacimientos

Los datos geológicos y medioambientales son la base de la realización de estudios previos e inventarios de áridos. Un buen inventario contemplará la posición del nivel freático respecto de la futura explotación, así como los planes de restauración de las explotaciones para su integración después del abandono. (Herrera Herbert, 2007)

Las propiedades de los materiales dependen de la composición, estructura, síntesis y procesamiento de estos. Un índice importante de desempeño de los materiales o dispositivos es su razón desempeño/costo.

Los trabajos de aproximación previa a un yacimiento de áridos naturales deben permitir definir:

- Parámetros geométricos
- Parámetros hidrogeológicos
- Parámetros de material extraíble
- Parámetros ambientales



Parámetros geométricos: Los yacimientos explotables para fabricación de áridos de están condicionados por un modelo geológico y estructural, por lo que los estudios de selección de zonas deben comenzar siempre por el estudio y desarrollo de un mapa geológico – estructural. Una vez establecido un mínimo de calidad, homogeneidad y continuidad en la formación geológica susceptible de ser canterable, se procederá a un estudio fotogeológico que permita definir con mayor detalle los puntos o zonas de afloramiento, el buzamiento o inclinación del cuerpo rocoso, los límites por accidentes estructurales (fallas, cabalgamientos) o sus límites en relación con los cambios laterales de facies.

El modelo geológico del yacimiento, que incluya con precisión suficiente toda la información sobre la forma y dimensiones en el espacio del cuerpo rocoso, es el elemento clave a la hora de establecer el método de explotación. (Herrera Herbert, 2007)

Parámetros hidrogeológicos: Tienen como finalidad establecer la posición del nivel freático de la futura explotación que se configura como uno de los condicionantes de la explotación, ya que mantener un bombeo permanente de la cantera puede significar un aumento extraordinario de los costes de operación.

Parámetros del material extraíble: Constituyen el aspecto más determinante sobre el mayor o menor interés que puede tener un yacimiento de cara a su explotabilidad para fabricación de áridos en referencia a la calidad del material vendible, dado los requerimientos de calidad.

Las propiedades y el comportamiento de muchos materiales elaborados con áridos, como el hormigón o las mezclas bituminosas, dependen tanto de las proporciones en que entran a formar parte sus componentes, como de las propiedades individuales de cada uno de ellos.

Las propiedades de los áridos que hay que considerar para estimar su calidad para las diferentes aplicaciones son, básicamente, las siguientes: Naturaleza petrológica, Texturas superficiales, densidad de conjunto, propiedades mecánicas, resistencia a la compresión, compacidad y actividad superficial de las partículas respecto al ligante y al agua.

Parámetros ambientales: La puesta en marcha y desarrollo de un proyecto de explotación exige dar respuesta a los aspectos medioambientales. El impacto ambiental es un factor de creciente importancia para la selección y utilización de los materiales. Dentro del ciclo de vida de cualquier producto hay que analizar cada una de las etapas: obtención de los materiales, su transformación, su vida útil, y su posible reciclado. Hay una creciente reglamentación al objeto



de controlar, prevenir y sancionar aquellas actividades que generan residuos peligrosos. (Guemes Corgo & Martín Piris, 2012)

4.3.8. Características de un yacimiento

En lo que se refiere al conjunto de factores que definen la potencialidad de una masa rocosa como yacimiento de áridos existen algunas normas sencillas y prácticas que establecen que deben, al menos tenerse en cuenta los siguientes aspectos (Herrera Herbert, 2007):

4.3.8.1. Características intrínsecas del yacimiento:

- Naturaleza del afloramiento, estructura del mismo en relación con la topografía del terreno
- Nivel freático regional.
- Estado tensional y distribución de diaclasas y fracturas en el macizo rocoso.
- Cobertera no utilizable.
- Composición mineralógica, grado de alteración de los minerales, estabilidad química, partículas friables, minerales oxidables, hidratables, hinchables y materia orgánica.
- Propiedades de conjunto de la roca: dureza, fragilidad, módulo elástico, dilatación térmica, etc.
- Aptitud para la molienda, desgaste de los elementos de trituración, producción de finos, etc.
- Forma y propiedades de superficie de los productos de trituración.

4.3.8.2. Características extrínsecas del yacimiento

- Situación respecto del centro de consumo.
- Tipo de instalaciones, flexibilidad, rendimiento, etc.
- Tipo de demanda.
- Impacto ambiental, suelo edificable en proximidades a áreas urbanas.
- Características climáticas de la zona en la que se ubica la obra.

4.3.9. Plantas de áridos

En el conjunto de las técnicas y los procesos mineralúrgicos adquieren relevancia por su número y exigencias mineras, así como por su importancia económica, las plantas de tratamiento de áridos que son las encargadas de producir las distintas fracciones granulométricas necesarias para la obra pública y la construcción de forma general, además de



necesarias en otros procesos como la cerámica, el sector del vidrio o las fundiciones. (Blanco, 2014)

Los áridos son, en general, de naturaleza silíceo (cuarzo o cuarcita) o carbonatada (caliza o dolomía). En relación al tipo de roca original, en el caso de las canteras, pueden ser de tipo sedimentario (calizas) o ígneo (granitos) o metamórfico (pizarras, esquistos). Existen más de diez grupos que caracterizan petrológicamente a los áridos. Si se trata de graveras, los depósitos son de tipo aluvión con origen sedimentario (terrazas, lechos de río, etc.).

4.4. Minería

La minería consiste en la extracción selectiva de minerales y otros materiales a partir de la corteza terrestre, con frecuencia en grandes cantidades para recuperar sólo pequeños volúmenes del producto deseado.

La minería es una de las actividades económicas de mayor tradición que contribuye al desarrollo económico del país suministrando insumos a una serie de industrias. Dentro de las tecnologías utilizadas en la minería, la de A Cielo Abierto (o de tajo abierto) es una actividad industrial de alto impacto ambiental, social y cultural; pero también es insostenible por definición, en la medida que la explotación de minerales supone su agotamiento.

La explotación de materiales áridos y pétreos que se encuentran en los lechos de los ríos, a pesar de que resulta útil para el hombre dado que le permite satisfacer sus necesidades, sin embargo, la extracción anti técnica de estos recursos no renovables, provoca la destrucción del ambiente y del paisaje, exponiendo a una situación de riesgo a los pobladores de los sectores y generando una contaminación ambiental inaceptable.

4.4.1. Sistema de Explotación A cielo Abierto

Son aquellos métodos y procesos de explotación minera que se estructuran como un sistema y que permiten adelantar la extracción de un mineral; existen dos ambientes de explotación claramente definidos que dan lugar a dos sistemas: sistema de explotación a cielo abierto y sistema de explotación subterráneo, que condicionan los métodos y procesos de explotación.

En la explotación a cielo abierto, al ras de la superficie, o en canteras, el costo de la demolición depende, a partir de la dureza de la roca, esencialmente de la estructura geológica que representa el conjunto estratigráfico donde se encuentra el mineral a explotar y de los sistemas de fractura que presenta la roca, que pueden más o menos facilitar la demolición. Las capas estratigráficas pueden presentarse de tal forma que permitan ser utilizadas fácilmente



como capas o planos de arranque, y mayor sería su utilidad si estas capas o planos estuvieran atravesados por fracturas o juntas normales a la estratificación.

Estas minas se usan el 60% de los países mineros en el mundo, está asociado a cualquier metal y puede ser utilizada en general para todo tipo de metal en la superficie. Es el más usual por la razón de que se considera como el más económico, práctico y sencillo de controlar. Así como también por su práctico desarrollo genera mayores producciones anuales.

Las productividades en las minas a cielo abierto pueden llegar a ser superiores a los 150.000 t/año y operario. La relación de costes de extracción entre las minas a cielo abierto y subterráneas varían en el intervalo 1 a 5 y 1 a 10. Dependiendo del tamaño de la operación, morfología del yacimiento y grado de mecanización. Algunas de estas explotaciones dejan inmensos fosos que con el tiempo son rellenados o se dejan para que se pueda convertir en un lago. (López Jimeno, 2014)

4.4.2. Métodos de Explotación

Son varios y diferentes los métodos utilizados en la explotación mineros. Los métodos que pueden ser aplicados están restringidos a un número comparativamente limitado y determinado en función de factores tales como el tamaño, la forma, la dirección, la inclinación y otras características. En principio el método deberá ser seleccionado y será aquel que a la larga pueda ofrecer la explotación más provechosa y económica.

4.4.2.1. DIQUES TRANSVERSALES

El sistema de diques transversales es un método de explotación de materiales de construcción, como beneficio principal de este método es la obtención de una excelente producción. La explotación mediante este método favorece notablemente al medio ambiente por el bajo nivel de impactos que ofrece. (Gárate González, 2016)

4.4.2.2. BANCOS O TERRAZAS

Este método consiste en una minería de banqueo con avance en una sola dirección. Se aplica en yacimientos relativamente horizontales de uno o varios niveles con recubrimientos potentes, además permiten depositar los materiales estériles en el hueco creado.

4.4.2.3. CANTERAS

Las canteras se caracterizan por tajos largos y profundos organizados en varios bancos. Se suelen emplear explosivos y el proceso de fabricación lleva emparejada la trituración y posterior clasificación. (Delgado Valhondo, 2010)



Un yacimiento de canto rodado es una cantera natural de balasto situada por debajo del nivel freático del río y, por lo tanto, bajo el agua; mientras que en las graveras el yacimiento está en seco. Una cantera de arena es un yacimiento de este material que puede estar bajo el agua o en seco. En realidad, los yacimientos de cantos rodados están tanto en agua como en seco, debido a las variaciones del nivel freático o de los cursos de agua, además contienen en general una cierta porción de grava y arena. Se encuentran también canteras de arena que contienen una notable proporción de grava y cantos rodados.

Este tipo se usa principalmente para la extracción de materiales para la construcción, por ende, hay mucho menos material desechado. A su vez, esto hace que la cantera con el pasar del tiempo se vuelva una gran excavación. (López Jimeno, 2014)

4.5. Cubicación del material

La cubicación de reservas de un depósito consiste en establecer de forma numérica los principales parámetros de la explotación: tonelaje (o volumen) del material explotable, ley media y ley de corte, así como el valor económico total de estas reservas.

Para ello, se parte de datos puntuales, que en general proceden de sondeos mecánicos, que se extrapolan a datos reales, se multiplican por la potencia para obtener volúmenes, que se multiplican a su vez por la densidad para obtener tonelaje de todo uno, y por los contenidos (leyes) para obtener el tonelaje del mineral o elemento de interés minero que vamos a obtener.

En la valoración económica hay que tener en cuenta este tonelaje, pero afectado por el rendimiento de la planta de tratamiento. Esta cubicación, además de los datos puramente geológicos, está afectada por otros factores, como el geométrico (mayor o menor continuidad de la mineralización en el Depósito, que puede hacer que determinadas zonas queden inaccesibles a la explotación), y por el tipo de minería que se pretende llevar a cabo. (Rodríguez Álvarez, 2012)

El método depende del grado de información disponible y el estado de desarrollo del campo

Métodos de estudio de los Depósitos minerales

4.5.1. Los métodos Clásicos o Geométricos

Se utiliza en las fases de exploración preliminar y de producción, ya que no requieren de un gran volumen de información. (Huamanvilca Ichocán, 2016)

Los métodos clásicos más utilizados en la evaluación de yacimientos son:



4.5.1.1. Método de los perfiles o cortes

El método de estimación mediante cortes o perfiles se puede usar si el yacimiento fue explorado en una red regular que permite la construcción de cortes geológicos. Los cortes geológicos de un yacimiento, según su orientación pueden ser horizontales, verticales o perfiles no paralelos. La distancia entre los cortes particulares no es constante y corresponde a la distancia entre las líneas de exploración en el caso de perfiles verticales o la altura entre niveles de una mina en el caso de cortes horizontales. (Hernandez Gomez, 2012)

4.5.1.2. Método de los polígonos

Este método se basa en el hecho de que cada muestra tiene un área de influencia en el interior del cual, teóricamente el depósito permanece con las mismas características observadas en la muestra, lo que equivale a considerar que las modificaciones de valores entre dos muestras consecutivas se hace de manera uniforme. (Castillo Vilca, 2018)

4.5.1.3. Método de los triángulos

Este método requiere de la proyección en un plano horizontal o vertical, de todas las intersecciones del cuerpo mineral, es por ello que debe tener una morfología más o menos tabular. Es un método útil para la fase de exploración, por su rapidez al ejecutarlo, además evita, en gran parte, los errores de sobreestimación que se pueden cometer en el método de los polígonos

4.5.1.4. Método de las matrices de bloques

El método es básicamente similar al usado en el método del polígono y es particularmente adecuado para la fase exploratoria de un prospecto donde la rápida actualización de la reserva puede llevarse a cabo, ya que cada nuevo agujero se taladra y donde la precisión de la estimación no es tan crucial como en la fase de viabilidad o etapa de producción. (Castillo Vilca, 2018)

4.5.1.5. Método del inverso de la distancia

El método de la distancia ponderada se ha convertido en uno de los más usados. Este se basa en la hipótesis de que el peso de un dato aislado responde a una función inversa de la distancia, que está relacionada con el control específico de la mineralización. Se basa en la Ley de Variación Gradual. (Castillo Vilca, 2018)



4.5.2. Los Geo estadísticos

Teóricamente se obtienen resultados matemáticamente óptimos, pero como principales desventajas presentan el que son métodos más complejos con datos que suelen ser escasos en los primeros estudios de viabilidad, por lo que no es posible realizar un modelo lógico.

Se utilizan en grandes proyectos mineros y requieren de programas geo estadísticos de computadores y de abundante información para que sean confiables. Este grupo de métodos están más orientados al manejo y cálculo de leyes en minería metálica.

4.5.3. Elementos de la cubicación de reservas

- A. Contacto geológico.**- Define los límites litológicos y/o estructurales de una determinada zona de mineralización. (Castillo Vilca, 2018)
- B. Contacto mineralógico.** - Se define por la extensión de la masa mineral, entendida como recurso “geológico” que en algunos casos no coincide con contactos geológicos o económicos al incluir puntos donde las leyes pueden ser su economía.
- C. Contacto económico.** - Define los límites del material a partir del cual se pueden obtener ganancias (cut off grade).



5. Metodología

5.1. Materiales

Los materiales empleados en el desarrollo del presente trabajo se agrupan en dos categorías; los materiales de campo y los materiales de oficina, con la finalidad de llevar a cabo las actividades propuestas en el proyecto y que se detallan a continuación:

Materiales de campo

- Brújula
- GPS y cinta métrica
- Martillo Geológico
- Lupa y rayador magnético
- Cartas Topográficas Y Geológicas
- Fichas de Campo
- Libreta de Campo
- Estación Total y Trípodes
- Jalones, Prismas y Machetes
- Distanciómetro
- Radio comunicador
- Cámara Fotográfica

Materiales de Oficina

- Computadora
- Impresora
- Calculadora
- Suift Ofimático (Word, Excel,)
- Software de diseño asistido (AutoCAD, Civil3D)
- Sistemas de Información Geográfica (ArcGIS y Global Mapper)
- Fotografías Áreas
- Bibliotecas Virtuales
- Documentos Bibliográficos (artículos, manuales, informes técnicos, Reglamentos, libros, entre otros).

5.2. Métodos

En el desarrollo del presente trabajo se utilizó un conjunto de métodos y técnicas conforme los trabajos que permitieron dar cumplimiento con los objetivos planteados avanzaban, entre los cuales se encuentran: el método descriptivo utilizado en la caracterización del área en torno a su geología, el sistema de explotación y maquinaria usada, el ciclo de producción y las áreas de trabajo, el método deductivo útil en la inferencia de los resultados de la investigación y la información desconocida a partir información disponible y conocida, el método analítico importante en el estudio y comprensión de cada uno de los aspectos y componentes de la investigación, y la técnica de observación aplicada principalmente en las visitas de campo y



trabajo in situ con la finalidad de obtener información detallada sobre las operaciones y actividades del área minera.

Los trabajos de campo y la fase de oficina estuvieron implícitos en el desarrollo de los objetivos planteados; el primero se vinculó con la realización de la topografía, la geología, la obtención de muestras para el estudio de las propiedades físico-mecánicas del material pétreo y el registro del ciclo productivo, mientras que, la fase de campo se relacionó con la recopilación y organización de la información bibliográfica y la obtenida en el lugar de estudio, cuyo análisis permitió desarrollar los resultados de la investigación y concluir con el proyecto.

5.3. Metodología

Para lograr cumplir con el objetivo general del proyecto, el cual se denomina “optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa pública VIALZACHIN E.P.”, en el presente trabajo se plantean tres objetivos específicos, los cuales cuentan con su metodología respectiva.

Antes de llevar a cabo las actividades que permitan cumplir con los objetivos planteados, se desarrolló una recopilación y análisis de la información teórica-técnica contenida en documentos, libros, informes y mapas relacionadas con el área de estudio y posterior a ello, se desarrolló una visita técnica a la concesión minera para conocer la infraestructura del área, las actividades y las operaciones mineras ejecutadas con la finalidad de establecer un enfoque general del proyecto en base a los objetivos propuestos.

5.3.1. Metodología para el primer objetivo

“Caracterizar la zona de estudio y cubicar el material del depósito del área minera perteneciente a la empresa pública VIALZACHIN E.P 1, Código 50001288”

La caracterización y la cubicación del material del área se sustentó mediante el trabajo de campo vinculado al levantamiento topográfico, el mapeo geológico y de estructuras fluviales, muestreo mediante de calicatas, análisis de la calidad del material pétreo y la determinación de los recursos actuales del depósito, cuyas labores se describen a continuación:

5.3.1.1. Topografía

El desarrollo del primer objetivo implicó el estudio y realización del levantamiento topográfico empleando la estación total Sokkia (Modelo Fx105), jalones, prismas y cinta métrica con el apoyo de un cadenero. Con base en una previa identificación de sectores estratégicos, se estableció los puntos de partida (Ver Fotografía 1) en sitios que ofrecían un gran

campo de visión con sus coordenadas respectivas (Ver Tabla 1) en el DATUM WGS 84/ UTM Zona 17S mediante el empleo del G.P.S Garmin (Modelo etrex-30X):

Tabla 1. Coordenadas de los sectores estratégicos del área minera

N° Punto	Descripción	Este (X)	Norte (Y)
1 (Estación A)	Entrada a la Concesión Minera	740117	9566960
2 (Estación B)	Oficinas de la empresa pública VIALZACHIN E.P.	740043	9566817

Fuente: Autor, (2022)

Tras establecer los puntos estratégicos, se procedió al montaje y nivelación de la estación total en el punto N° 1 denominado Estación A o Punto de Partida, mientras en la Estación B se montó un prisma para conformar la poligonal abierta y desarrollar el trabajo topográfico. A medida que se avanzaba en el levantamiento de la zona de estudio que comprende una superficie de 11 hectáreas se pudo identificar, definir y levantar los frentes de explotación, riberas del río, vías internas del área de estudio, infraestructura, zonas o áreas de conservación, zona de cultivos entre otros aspectos propios de la representación topográfica.



Fotografía 1. Levantamiento topográfico del lugar de estudio

Fuente: Autor, (2022)

El levantamiento topográfico incluyó la participación de una persona que desempeñó las labores de cadenero facilitando la visibilidad en los sitios o sectores donde existía interferencia por objetos o vegetación.

El trabajo de oficina correspondiente al trabajo topográfico involucró la descarga de los puntos y mediciones efectuadas con la estación total Sokkia (Modelo Fx105), a través de la herramienta de exportación de datos. Posterior a ello se procedió a la generación de las curvas de nivel primarias y secundarias con una separación entre curvas de 6 metros para las primarias y de 2 metros para las secundarias respectivamente, logrando una representación topográfica a detalle del área de estudio.



El resultado final consistió en la elaboración del mapa topográfico a escala 1:3000 con una estructura basada en los lineamientos establecidos en el capítulo 3 “Requisitos Mínimos de Información Marginal para Cartografía Temática” del documento “Estándares de Información Geográfica. Tomo I” de la Secretaria Nacional de Información.

5.3.1.2. Geología

Se desarrolló el levantamiento y mapeo de la información geológica, primeramente, a nivel regional con el empleo de la Hoja Geológica del Instituto Geográfico Militar N° 76 (Ñ VI-E) “PAQUISHA”, año 2017 a escala 1:100 000 con el fin de identificar y determinar las formaciones geológicas con influencia directa e indirecta en el área minera logrando elaborarse el mapa geológico regional a escala 1: 5000 con DATUM PSAD 56/ UTM.

Con base en los mapas geológico regional y topográfico elaborados, se trabajó en campo en el levantamiento de la información geológica a través de la descripción de afloramientos, toma de datos estructurales y la descripción de las características y particularidades litológicas en las fichas de campo (Ver Tabla 2) apoyados instrumentalmente en el uso de la brújula, GPS GARMIN (Modelo etrex-30X), cinta métrica, martillo geológico, y lupa.

Tabla 2. Ficha de descripción de Afloramientos

Ficha de Descripción de Afloramientos				
PROYECTO				
Nº. Afloramiento				
Fecha:				
Responsable:				
Ubicación:	X		Datum:	
	Y			
	Z			
Tipo de Afloramiento:	Natural		Antrópico	
Dimensiones:	Ancho:		Altura:	
Datos Estructurales:	Rumbo:		Buzamiento:	
Formación Geológica:				
Descripción Geológica:				
Observaciones:				
Registro Fotográfico				

Fuente: Benavides Ochoa, (2016)

Elaborado por: El autor, (2022)



Durante las visitas técnicas relacionadas con el levantamiento de la información geológica, se realizó de manera simultánea la caracterización del material no metálico presente en el área de estudio, para lo cual se agregaron algunas variables a la ficha de descripción de afloramientos (Ver Tabla 2) en función de las características particulares de los materiales áridos y pétreos (Ver Tabla 3).

Tabla 3. Ficha de Caracterización Geológica del Depósito de Materiales No Metálicos

Ficha de Caracterización Geológica del Depósito de Materiales No Metálicos				
Nº. Afloramiento				
Fecha:				
Responsable:				
Ubicación:	X		DATUM:	
	Y			
	Z			
Tipo de Afloramiento:	Natural		Antrópico	
Tipo de Depósito:	Llanura de Inundación:		Terraza Aluvial:	
Dimensiones:	Ancho:		Altura:	
Forma Del Material:	Redondeado:			
	Sub-redondeado:			
	Angular:			
Diámetro:				
Observaciones:				
Registro Fotográfico				

Fuente: Pachar Bravo, (2018)

Elaborado por: El autor, (2022)

Tras finalizar el levantamiento de la información geológica local y la caracterización del material del depósito y según la información descrita en las fichas de campo se elaboró el mapa geológico (con un corte geológico en las zonas de explotación) a escala 1:3000 con DATUM PSAD 56 / UTM Zona 17S mediante el uso del software ArcGIS 10.3 tomando en consideración la información de la geología regional y el levantamiento topográfico, de este último se consideró las curvas de nivel en formato vectorial “.shp”, sobre las cuales se adaptó los atributos



litológicos y espaciales correspondiente a la información geológica levantada en campo en forma de capas temáticas (puntos, líneas y polígonos) con las que cuenta el programa ArcGIS.

5.3.1.3. Estructuras Fluviales

Culminado el levantamiento geológico a detalle se desarrolló el mapeo de las estructuras fluviales sedimentarias (barras, islas, depósitos de canal) con la finalidad de ampliar y delimitar las zonas de deposición del material aluvial sobre los márgenes del cauce fluvial.

El mapeo de las estructuras fluviales implicó la delimitación de su área, el registro de sus coordenadas, las características del material que la conforman y su ubicación con respecto al curso de agua mediante el uso del G.P.S y brújula; los resultados obtenidos fueron representados cartográficamente mediante polígonos sobrepuestos a las formaciones geológicas corroboradas en el mapa geológico local a escala 1:3000 y DATUM PSAD 56 / UTM Zona 17S.

5.3.1.4. Investigación y muestreo de calicatas

Con la finalidad de conocer la distribución granulométrica y la calidad del material árido y pétreo presente en el área de estudio se efectuó el análisis del material obtenido mediante la excavación de calicatas en la superficie de las zonas de explotación por medios mecánicos mediante el empleo de la JCB (Modelo 3CX). El número de calicatas fue determinado en función de la uniformidad de las áreas explotables, definidas y delimitadas en el levantamiento topográfico y la designación de sus ubicaciones (Coordenadas UTM / PSAD 56/ UTM Zona 17S) se realizó en razón de los sitios más representativos y a expensas de trabajar en condiciones secas y evitar eventuales contratiempos por la presencia de agua.

Las dimensiones geométricas de las calicatas se establecieron de acuerdo a la longitud de la maquinaria empleada en la apertura (Tamaño y capacidad del cucharón), así como la profundidad que presentaba el nivel freático. Para el registro de los datos geométricos y espaciales de las calicatas, se empleó una ficha de campo (Ver Tabla 4).

Tabla 4. Ficha de descripción y caracterización de calicatas

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS				
N° CALICATA				
Fecha:				
Responsable				
Coordenadas:	X:		DATUM:	
	Y:			
	Z:			
Tipo de Excavación:				
Dimensiones	Largo		Ancho	
Contenido de Agua	Seco	Poco Húmedo	Muy Húmedo	Saturado



Profundidad:	
Descripción:	
Registro Fotográfico	

Fuente: Espinosa Rodríguez, (2019)

Elaborado por: El autor, (2022)

Tras limitar la zona de explotación, se identificaron y describieron las características principales que presentaban los materiales del depósito. Posterior a la caracterización se procedió a extraer una muestra representativa del material excavado de las calicatas realizadas, con la finalidad de conocer la calidad del material utilizando para la extracción de las muestras costales de polipropileno y una pala.

El protocolo de muestreo consistió en la ejecución de la recolección manual del material excavado en función de un volumen permitente para los ensayos de calidad en laboratorio, mediante el uso de pala y saco, además de ello se efectuó el etiquetado (Ver Tabla 5) de las muestras y su almacenamiento en la mayor brevedad posible.

Tabla 5. Modelo de etiqueta de muestra

ETIQUETA			
Código:		Proyecto:	
Fecha:		Responsable:	
Ubicación:	X:		DATUM:
	Y:		
	Z:		
Enviada Por:			
Recibida por:			

Fuente: Espinosa Rodríguez, (2019)

Elaborado por: El autor, (2022)



Fotografía 2. Etiquetado de muestras de calicatas

Fuente: Autor, (2022)

Las muestras obtenidas en campo fueron sujetas a los procesos de pesado y homogenización para luego ser tomadas como muestras unitarias para la realización de ensayos de cumplimiento de calidad (Ver Tabla 6) en laboratorio propiedad de la empresa Vialzachin E.P., ubicado en el área de estudio en concordancia a las normas INEN (Servicio Ecuatoriano de Normalización),



normas A.S.T.M (American Society for Testing and Materials) y los procedimientos normados en el folleto denominado “Certificación en Competencias Técnicas de Laboratorio en Vialidad Grado 1 (Nivel I)”.

Tabla 6. Ensayos realizados para reconocer la calidad del material pétreo

Tipo de Ensayo	Norma
Cuartero (Método)	ASTM C 702
Desgaste a la Abrasión (%)	ASTM C 131
Límite Líquido	ASTM D 4318
Límite Plástico	ASTM D 4318
Índice de Plasticidad	ASTM D 4318
Porcentaje (%) de Caras Fracturadas	ASTM D 5821
Gravedad Específica	ASTM C 128 – 01
Pasante del tamiz N° 200	ASTM D 422

Elaborado por: El autor, (2022)

El resultado final conlleva a la elaboración de las columnas estratigráficas mediante el software Sedlog en base a la caracterización del material del depósito y el valor de la altura media o profundidad media como parámetro principal para la estimación de los recursos existentes en el área.

5.3.1.5. Cálculo de recursos

Para efectuar la cubicación del material se realizó la delimitación del frente de explotación en base a los trabajos de campo, tomando en cuenta la topografía del área y a partir de ello, se estableció las coordenadas mediante el empleo del G.P.S y su registro en la libreta de campo con el DATUM PSAD 56 / UTM Zona 17S. La definición de la zona de explotación se logró a través de una interrelación de la información antes mencionada, incluido el uso de la fotografía aérea del sector, lo cual permitió identificar y diferenciar la zona explotable y la que aún no está sujeta a explotación.

En la cuantificación del material explotable se consideró principalmente los rasgos morfológicos que presentan las terrazas explotables, ya que se emplearon 2 métodos de determinación del volumen de material pétreo que se puede aprovechar.

El primer método se denomina “Método Informático”, y consistió en el uso del software ArcGIS 10.3, en donde se necesitó los polígonos que delimitan el área explotable definidos en el levantamiento topográfico y un parámetro relacionado a un nivel referencial de profundidad relacionado a la altura que posee cada frente de explotación.



El segundo método relacionado a la cuantificación del material explotable se resume en llevar a cabo un análisis geométrico a través del método denominado “Media Altura”, el cual no difiere en relación al método anterior, debido a que considera los mismos parámetros, es decir, se necesitó conocer tanto el área como la altura o profundidad media; el área se definió en función de la topografía, mientras que, la altura media se determinó a través de la siguiente ecuación donde se relacionó la profundidad máxima excavada por cada calicata y el total de calicatas aperturadas en el área:

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{N} ; m \quad (1)$$

Donde:

P_m: Profundidad media (nivel de referencia); m

P: Profundidad máxima excavada de cada calicata

N: Número de calicatas.

Al final se pudo efectuar la determinación de material explotable que posee el área minera a través del “Método de Media Altura” empleando la siguiente ecuación:

$$VT = A * P_m ; m^3 \quad (2)$$

Donde:

VT= Volumen Total; m³

A= Área de polígono de reservas

P_m= Profundidad media de referencia.

En base a un análisis técnico comparativo el volumen usado en los cálculos de rendimiento y producción posteriores se basó en el valor obtenido por el segundo método denominado “Media Altura”, debido a un menor nivel de incertidumbre con respecto al “Método Informático” y el tener una mayor aproximación a las condiciones actuales del terreno.

5.3.2. Metodología para el segundo objetivo

“Describir los procesos actuales correspondientes al sistema de explotación de áridos y pétreos del área minera”

El segundo objetivo contempló la identificación de los procesos actuales con respecto al sistema de explotación de materiales pétreos que se ejecutan en el área minera, que de manera conjunta se constituye como un aspecto notable e influyente en la producción de los materiales de construcción.



La identificación se la realiza a través de varias visitas técnicas en donde se llevó a cabo una observación exhaustiva y el registro detallado de cada uno de los procesos, tanto en el área de explotación (extracción, cargado y transporte del material) como en el área de producción (acopio, cribado, trituración,) a través del empleo de fichas de registro (Ver Tabla 7), en el que se incluyó una descripción de las instalaciones del área de estudio y el estado actual que presentaban, a razón de establecer si las mismas requieren o no mantenimiento y el tipo de material constructivo que poseen.

Tabla 7. Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo

Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo			
Infraestructura:			
	Bueno	Regular	Malo
Estado:			
Material Constructivo:			
Mantenimiento:	SI:		
	NO:		
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:		
	Almacenamiento:		
	Otro:		
Observaciones:			
Fotografía			

Fuente: Pachar Bravo, (2018)

Elaborado por: El autor, (2022)

En la observación y descripción de cada uno de los procesos realizados en la extracción de los materiales áridos y pétreos, se registró además la maquinaria y equipos empleados en las operaciones de trabajo con respecto a sus dimensiones, capacidades y potencia de operación principalmente (Ver tabla 8).

Tabla 8. Ficha de descripción de maquinaria

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE MAQUINARIA			
Modelo		Fabricante	
Potencia		Radio de Giro	
Cilindrada		Velocidad de Desplazamiento	
No. Chasis:		Capacidad (Excavación - Cargado)	
Dimensiones	Largo Total	Ancho Total	Alto Total
Aplicación En:	Arranque:		
	Carga:		
	Transporte:		
	Otro:		
Observaciones:			



Fotografía:

Fuente: Pachar Bravo, (2018)

Elaborado por: El autor, (2022)

Posterior a la identificación y descripción de los procesos correspondientes al sistema de explotación se determinó el rendimiento y las tasas de producción de los equipos mineros a través de un muestreo de los tiempos de producción con papel, lápiz y cronómetro, registrando la información en las fichas (Ver Tabla 9) donde se dio constancia del número de ciclos registrados y los tiempos totales y promedios conseguidos durante la jornada laboral diaria.

Tabla 9. Ficha de registro de tiempos de producción

Ficha de Registro de Tiempos de producción									
Fecha:									
Responsable:									
	N° de Ciclos								TOTAL
Carga									
Viaje IDA									
Giro y Posicionamiento, Descarga									
Viaje Regreso									
Posicionamiento para Carga									
Ciclos (min)									
Ciclo Promedio (min)									

Fuente: Benavides Ochoa, (2016)

Elaborado por: El autor, (2022)

El registro se efectuó durante 9 jornadas laborales durante un lapso de tres semanas, logrando registrar 90 ciclos de trabajo en total, promediados en 10 ciclos de trabajo al día con la finalidad de lograr representatividad en los resultados. El establecimiento del tiempo de producción promedio por ciclo de trabajo se determinó a partir del cálculo del valor promedio de tiempo de producción por cada jornada laboral (diaria).

A partir del valor obtenido anteriormente se pudo calcular el número de ciclos mediante el empleo de la siguiente ecuación:

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min.}}{t \text{ (ciclo) min.}} = \frac{3600 \text{ seg.}}{t \text{ (ciclo) seg.}} \quad (3)$$



Posteriormente se efectuaron los cálculos de rendimiento de las maquinarias empleadas en el arranque, carga y transporte del material pétreo aprovechado en el área minera Vialzachin E.P. Los cálculos se efectuaron en base al marco metodológico de determinación del rendimiento de distintas maquinarias propuesto por Chiriboga Fernández, Pillasagua Carrera, & Baquerizo, 2010.

5.3.2.1. Rendimiento teórico y real de maquinaria de arranque y carga

Para estimar el rendimiento teórico de la maquinaria de arranque y carga se empleó la siguiente ecuación:

$$R_T = \frac{V_c * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{T_c} = m^3/h \quad (4)$$

Donde:

R_T = Rendimiento Teórico de la maquinaria de arranque y carga; m^3/h .

V_c = Capacidad de la cuchara medida en m^3 .

Fe = Factor de eficacia de la máquina, que varía entre 70 y 80%.

Fe' = Factor de eficacia de la cuchara, que depende de la clase de terreno (Ver Tabla 10)

Ct = Coeficiente de transformación (Ver Tabla 11).

T_c = Tiempo de duración del ciclo en segundos (Ver Tabla 12)

El factor de eficacia de la cuchara (Fe') es un coeficiente que depende de la clase de terreno y se obtuvo según la siguiente tabla:

Tabla 10. Factor de eficacia en función de la clase de terreno a excavar

Tipo de terreno	Coeficiente
Flojo	0.90-1.00
Medio	0.80-0.90
Duro	0.50-0.80

Fuente: Chiriboga Fernández, Pillasagua Carrera, & Baquerizo, (2010)

El coeficiente de transformación (Ct) se estableció de acuerdo a la siguiente tabla (Ver Tabla 11), en dependencia del material que va a ser transportado por la máquina, encontrándose este esponjado o compacto:

Tabla 11. Coeficiente de transformación en función del material a ser transportado

TIPO DE TERRENO	PERFIL	MAT. ESPONJADO	MAT. COMPACTO
-----------------	--------	----------------	---------------



Tierra	1.00	1.25	0.90
Arcilla	1.00	1.40	0.90
Arena	1.00	1.10	0.95

Fuente: Chiriboga Fernández, Pillasagua Carrera, & Baquerizo, (2010)

El tiempo de duración del ciclo en segundos (**T_c**) comprende la excavación y el giro hasta la descarga, la descarga y el giro hasta el origen. Este factor se obtiene de dos formas; la primera se relaciona a un valor teórico definido en dependencia del tipo de terreno conforme a la siguiente tabla:

Tabla 12. Tiempo de duración del ciclo en dependencia del tipo de terreno

Tipo de Terreno	T _c en segundos
Flojo	15 – 20
Medio	20 – 25
Duro	25 - 30

Fuente: Chiriboga Fernández, Pillasagua Carrera, & Baquerizo, (2010)

La segunda forma de obtener el dato (**T_c**) es en base a la información obtenida en campo a través del registro de los tiempos de producción; en el presente trabajo se optó por la segunda forma para obtener el tiempo de duración del ciclo y lograr a partir de ello una mayor exactitud en la obtención de los resultados.

Posterior a ello, se procedió al cálculo del rendimiento real de la maquinaria de arranque y carga. Este parámetro relaciona el rendimiento teórico de la maquinaria y un “factor de eficiencia de la operación”; dicho factor ya se encontraba determinado por la empresa, con base en los estándares nacionales correspondiendo un valor de 0.83, ya que la máquina trabaja 50 de 60 minutos en total. El rendimiento real se obtuvo mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$R_R = R_T * E_g ; m^3/h \quad (5)$$

Donde:

R_R= Rendimiento real medido en m³

R_T = Rendimiento teórico medido en m³

E_g= Factor de eficiencia de la operación

Luego se determinó el número de ciclos de trabajo por hora mediante el empleo de la siguiente ecuación:

$$C_c = \frac{60 \text{ min}}{T_c} ; \text{ ciclos/hora} \quad (6)$$



Posteriormente se determinó el ciclo efectivo de trabajo (parámetro vinculado a la eficiencia de las operaciones que se desarrollan en el área minera), para lo cual se empleó la siguiente expresión:

$$C_e = C_c * E_o * E_c * E_g \quad (7)$$

Donde:

C_e = Ciclos efectivos de trabajo por hora

C_c = Ciclo de trabajo en 60 minutos de trabajo

E_o = Eficiencia del operador

E_c = Eficiencia del cucharón

E_g = Eficiencia de la operación general

El cálculo final relacionado a la maquinaria de arranque y carga, es la determinación del número de palas para el llenado de un volumen vacío en específico con la siguiente ecuación:

$$N_p = \frac{Q_v}{Q_c * E_c} \quad (8)$$

Donde:

Q_v = Capacidad de la volqueta m^3

Q_c = Capacidad del cucharón cargador m^3

E_c = Eficiencia cucharón (90% - 100%)

5.3.2.2. Rendimiento teórico del equipo de transporte

El siguiente cálculo a efectuar se relacionó a la determinación del rendimiento teórico del equipo de transporte a través de la siguiente ecuación:

$$R = \frac{V_c * 60 * F_e}{T_c * E_c} = m^3/h \quad (9)$$

Donde:

V_c = Capacidad de la caja en m^3

F_e = Capacidad de eficacia de la máquina

T_c = Tiempo en minutos del ciclo

E_c = Factor de esponjamiento del material

Luego se determinó rendimiento real de la maquinaria de transporte mediante el empleo de la ecuación (5).



El cálculo posterior consistió en la determinación de la producción total promedio por jornada de trabajo en base al rendimiento real del equipo de transporte, el número de unidades de transporte usadas y el horario de trabajo mediante el uso de la siguiente ecuación:

$$Pp = R_r * N_v * J_t ; m^3/día \quad (10)$$

Donde:

Pp = Producción Producción Total Promedio por jornada de trabajo (Producción Diaria)

Rr = Rendimiento real del equipo de transporte

Nv = Número de volquetas

Jt = Horas de trabajo

5.3.2.3. Vida útil del proyecto

La determinación de la vida útil del proyecto se estimó mediante la siguiente ecuación:

$$T \text{ (vida útil)} = \frac{V \text{ (reservas medidas)}}{D \times Pp} ; \text{ años} \quad (11)$$

Donde:

T= Tiempo de vida útil de la cantera, años

V = Volumen de reservas medidas de material pétreo en el depósito, m³

D = Días hábiles en el año descontando feriados, sábados y domingos (117 días)

Pp = Producción diaria

El trabajo de oficina correspondiente al segundo objetivo implicó la organización de la información colectada en campo y la descripción detallada de los procesos que se llevan a cabo actualmente en el área de estudio en materia de explotación, la infraestructura que posee el área minera, así como la tabulación de los tiempos de producción y la estimación del rendimiento teórico y real de los equipos mineros en función de las expresiones de cálculo investigadas bibliográficamente y los manuales de operación y rendimiento acorde a cada maquinaria según la marca comercial a la cual pertenecen.

5.3.3. Metodología para el tercer objetivo

“Proponer una optimización de los procesos de explotación de materiales áridos y pétreos de la zona de estudio”

El desarrollo del tercer objetivo implicó un trabajo minucioso, el cual concluyó en la propuesta de un nuevo sistema de explotación de áridos que cumple con los requerimientos



técnico-económicos de la empresa en base a la información y datos recopilados y registrados en las actividades y operaciones anteriores, las cuales permitieron presentar la propuesta de la optimización de las operaciones de explotación a través de una correlación de los datos topográficos, geológicos, económicos, al igual que los procesos y las características de los materiales, en el que además se incluyó información puntal como datos geométricos provenientes de la caracterización de la zona de explotación y la estimación de la producción y rendimiento de los equipos mineros.

5.3.3.1. Elección del sistema de explotación optimizado

El punto de partida en la propuesta de optimización fue el planteamiento de alternativas de sistemas que permitan lograr las condiciones de optimización e incremento de la productividad. Posterior al planteamiento, definición y descripción de las ventajas y desventajas asociadas a las posibles alternativas como sistemas de explotación se efectuó un análisis multicriterio en base a parámetros ambientales, económicos, productivos, topográficos y geológicos que permitieron definir el mejor sistema, optando por el denominado “**Sistema de explotación mediante Diques Transversales**”

A partir de ello se realizó la esquematización de las operaciones en correspondencia al sistema de explotación optimizado, considerando y destacando los parámetros técnicos que definen la optimización.

5.3.3.2. Rendimiento teórico y real en las condiciones de optimización

Se detallaron los equipos y maquinaria con el cálculo respectivo de su rendimiento en metros cúbicos por hora, tomando en consideración y de forma comparativa la información del sistema actual y las parámetros técnico-económicos inherentes al sistema de explotación optimizado.

Posterior a la determinación de los valores teóricos y reales de rendimiento se precedió a determinar el tiempo de carga del equipo de arranque mediante la siguiente ecuación:

$$TC = \frac{Np * Tc}{60}; \text{min} \quad (12)$$

Donde:

TC = Tiempo de carga (min)

Np = Numero de paladas necesarias

Tc = Tiempo del ciclo de carga



Las determinaciones posteriores en torno al ciclo productivo y conforme al sistema optimizado fueron el cálculo del tiempo empleado en realizar los viajes de ida (Tvc) y vuelta (Tvd), tomando en consideración factores como la distancia máxima, la velocidad promedio tanto en el viaje de ida cargado como en el viaje de regreso vacío; valores que se sustituyen en las siguientes ecuaciones:

Tiempo óptimo: Viaje de ida cargado (Tvc)

$$T_{vc} = \frac{\text{Distancia (Km)}}{\text{Velocidad (Km/h)}} * 60 \quad (13)$$

Tiempo óptimo: Viaje de regreso descargado (Tvd)

$$T_{vd} = \frac{\text{Distancia (Km)}}{\text{Velocidad (Km/h)}} * 60 \quad (14)$$

Luego se estimó el número de ciclos óptimos que se logran por hora de trabajo; para ello, tras efectuar los cálculos con las ecuaciones (13) y (14), se procedió a sumar los tiempos de carga, tiempo de viaje de ida cargado, tiempo de giro y posicionamiento y descarga, tiempo de regreso descargado, con la finalidad de establecer el “tiempo de óptimo de producción” y poder calcular los ciclos óptimos por hora mediante la ecuación (15):

$$\text{Ciclos óptimos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{\text{Top (tiempo óptimo de producción)}} \quad (15)$$

Al final se calculó la producción diaria a partir del rendimiento de los equipos mineros (m^3/h) y las horas de trabajo en una jornada diaria en el sistema optimizado.

Con la esquematización de los procesos, la determinación del rendimiento de los equipos mineros y la producción diaria en metros cúbicos, se continuó a la determinación de las dimensiones de los diques y los bloques de explotación en la propuesta de optimización, considerando la ecuación 16:

$$\text{Ancho de Dique} = \text{Ancho de excavadora} + (2 * \text{Margen de Seguridad}) \quad (16)$$

De igual manera se estableció las consideraciones técnicas y obras necesarias en torno a los procesos de recarga o el diseño de los caminos de acceso a los frentes de explotación, las cuales se plasmaron en el plano de diseño de los bloques de explotación (Ver Anexo 13) y el respectivo esquema del ciclo de producción en el sistema optimizado.



5.3.3.3. Análisis Económico del Proyecto

Posteriormente se procedió a efectuar una valoración económica, donde se tomó en cuenta la información de los costos en relación al personal, maquinaria, equipos mantenimiento, combustibles y repuestos (Ver Tabla 13) y el período laboral de 20 días.

Tabla 13. Costos del sistema de explotación actual y optimizado por día.

Personal				
N°	Descripción	Cantidad	Costo Total Mes	Costo/Día
1				
2				
3				
Costo Total Personal				
Maquinaria y Equipos				
Insumos de Combustibles				
Insumos de Repuestos/Mantenimiento				
Costo Total al mes \$				
Costo Total Diario \$				
Metros Cúbicos explotados por día				
Costo por 1 m³				

Fuente: Guamán Inga, (2021)

Elaborado por: El autor, (2022)

Los datos descritos en la tabla 13 se usaron en la determinación del costo diario mediante el empleo de la siguiente ecuación:

$$\text{Costo diario} = (\text{Costo de producción mensual}) / (\text{Días laborables}) \quad (17)$$

Posteriormente se determinó el costo de producción por metro cúbico (en base en la producción diaria), con la siguiente ecuación:

$$\text{Costo por m}^3 = \text{Costo diario} / \text{Producción diaria} = \text{USD/m}^3 \quad (18)$$

Al final se llevó a cabo una valoración económica de los costos vinculados principalmente a las operaciones de destape y preparación, las cuales influyen notoriamente en la viabilidad económica del sistema de explotación. En la tabulación de los costos se consideró parámetros relacionados a la infraestructura necesaria y obras complementarias (Ver Tabla 14).

Tabla 14. Tabulación de los costos de la operación de destape y preparación

Depósito de Combustible



N°	Actividad	Área (m ²)	Precio	Precio Total
		Volumen (m ³)	Unitario (m ² /USD)	
1				
2				
3				
Costo Total del Destape y Preparación				

Fuente: Autor, (2022)

5.3.4. ÁREA DE ESTUDIO

La concesión minera “VIALZACHIN” E.P.1 - Código 50001288” se encuentra localizada al sur oeste del territorio ecuatoriano en la región amazónica, específicamente en la provincia de Zamora Chinchipe, Cantón Zamora, en el límite entre las parroquias de Cumbaratza y Guadalupe, comprende una superficie 11 hectáreas para la extracción de materiales de áridos y pétreos desde los ríos Yacuambi y Zamora.

5.3.4.1. Clima

El clima del área de estudio está ligado al que presenta las parroquias de Guadalupe y Panguintza en un contexto específico, el cual característicamente presenta condiciones atmosféricas variables entre periodos con fuertes lluvias cambiando a un periodo caluroso y soleado en tan solo cuestión de horas en un solo día.

La primera variable climática involucra la precipitación que en la zona de estudio anualmente rodea los 2000 mm, en tanto que la temperatura varía de los 12 a 22 grados centígrados con una humedad del 84% y el piso bioclimático correspondiente es el “tropical megatérmico húmedo”, en donde las precipitaciones pueden alcanzar los 3000 mm anualmente y abarca las vertientes exteriores de dos cordilleras (GAD Parroquial Guadalupe, 2019).

5.3.4.2. Hidrografía

Las redes hídricas que conforma el área de estudio implica la unión de dos sub-cuencas importantes (Ver Anexo 1) como lo son el río Zamora y el río Yacuambi (Ver figura 9), los cuales a su vez forman parte del sistema hídrico del río Santiago. A nivel local en el área de estudio, el río Yacuambi es el principal cuerpo hídrico de la sub-cuenca del río Zamora categorizado en el ámbito de microcuencas hidrográficas como drenes menores con una superficie de 6464.87 hectáreas dentro de la parroquia de Guadalupe.

Sub Cuenca de Yacuambi

El río Yacuambi se origina en la localidad de Tutupali, lugar donde se unen los ríos de Yacuchingari y Zabala. Este río se caracteriza por recorrer los valles del cantón Yacuambi y parte del cantón Zamora hasta desembocar en el río Zamora en el sector de La Saquea. Entre sus principales afluentes destacan la quebrada Piuntza, el río Salado y el río Quimi.

Sub Cuenca de Zamora

El río más representativo de la provincia amazónica nace en las estribaciones del nudo de Cajanuma y a la altura de la ciudad de Zamora su curso tiene una dirección noreste hasta la provincia de Morona Santiago. En su recorrido recibe como afluentes varios ríos y quebradas destacando los ríos Nangaritza y Yacuambi.

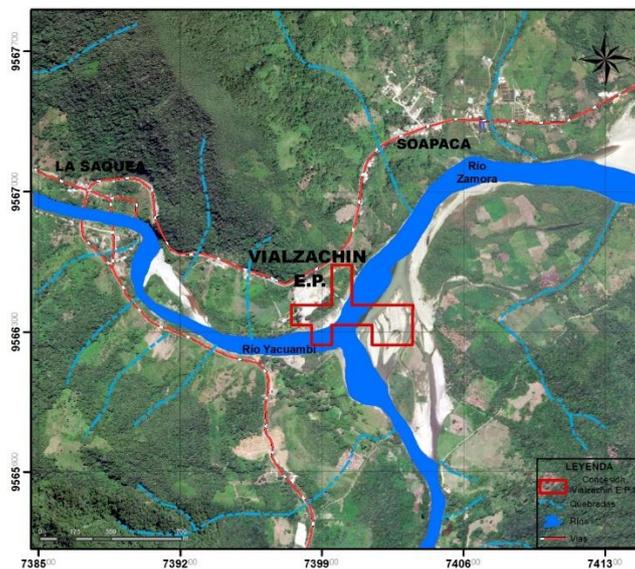


Figura 9. Red Hidrográfica del área minera

Elaborado por: El autor, (2022)

6. Resultados

6.1. Información General del Área Minera

La concesión minera “Vialzachin E.P.1 - Código 50001288” comprende una superficie 11 hectáreas para la extracción de materiales de áridos y pétreos desde el lecho de los ríos Yacuambi y Zamora, en el sector Soapaca del cantón Zamora, empleados principalmente en la edificación y construcción de obras civiles y viales. Los datos importantes y de mayor relevancia son enunciados en la siguiente tabla:

Tabla 15. Información General del área minera "VIALZACHIN" E.P. 1

Área Minera “VIALZACHIN” E.P. 1 Código 50001288”	
Provincia:	Zamora Chinchipe
Cantón:	Zamora



Ubicación Político, administrativa y Geográfica	Parroquia:	Guadalupe	
	Sector:	La Saquea	
Fase del Proyecto, Obra o Actividad:	Operación y Mantenimiento		
Titular:	Empresa Pública de Vialidad Zamora Chinchipe		
Tipo de Solicitud:	Libre Aprovechamiento		
Dirección del proyecto:	Unión de los Ríos Zamora – Yacuambi, Kilómetro 25 de la vía “Troncal de la Amazonía”, Sector Soapaca		
Domicilio del promotor:	Barrio Soapaca		
Características de la Zona:	Área del Proyecto:	Área de implantación:	Infraestructura:
	11.00 ha	11.00 ha	De tipo Industrial
	Energía Eléctrica:	Acceso Vehicular:	Situación del Predio:
150.00 Kv de consumo de energía eléctrica por mes.	Acceso vehicular a través de vías principales, vías secundarias y camino vecinales.	Propia	
Mineral de Interés:	Estado Actual:	Tipo de Mineral:	Tipo de Yacimiento:
Áridos y Pétreos	Inscrita	Materiales de Construcción	El yacimiento es de tipo Aluvial

Fuente: Agencia de Regulación y control Minero (Catastro Minero) (2019); Vialzachin, (2019)

Elaborado por: El autor, (2022)

6.2. Ubicación

La concesión minera “Vialzachin E.P.” Código 50001288 se encuentra ubicada al sur oeste del territorio ecuatoriano en la provincia amazónica de Zamora Chinchipe, Cantón Zamora, en el límite entre las parroquias de Cumbaratza y Guadalupe (Ver figura 10), sector Soapaca, en las coordenadas que se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 16. Coordenadas de Ubicación del área de estudio

Punto	X	Y
1	740600	9566600
2	740600	9566800
3	740300	9566800
4	740300	9567000
5	740200	9567000
6	740200	9566800
7	740000	9566800
8	740000	9566700
9	740100	9566700
10	740100	9566600
11	740200	9566600
12	740200	9566700

13	740400	9566700
14	740400	9566600

Fuente: Agencia de Regulación y control Minero, Catastro Minero (2021)

Elaborado por: El autor, (2022)

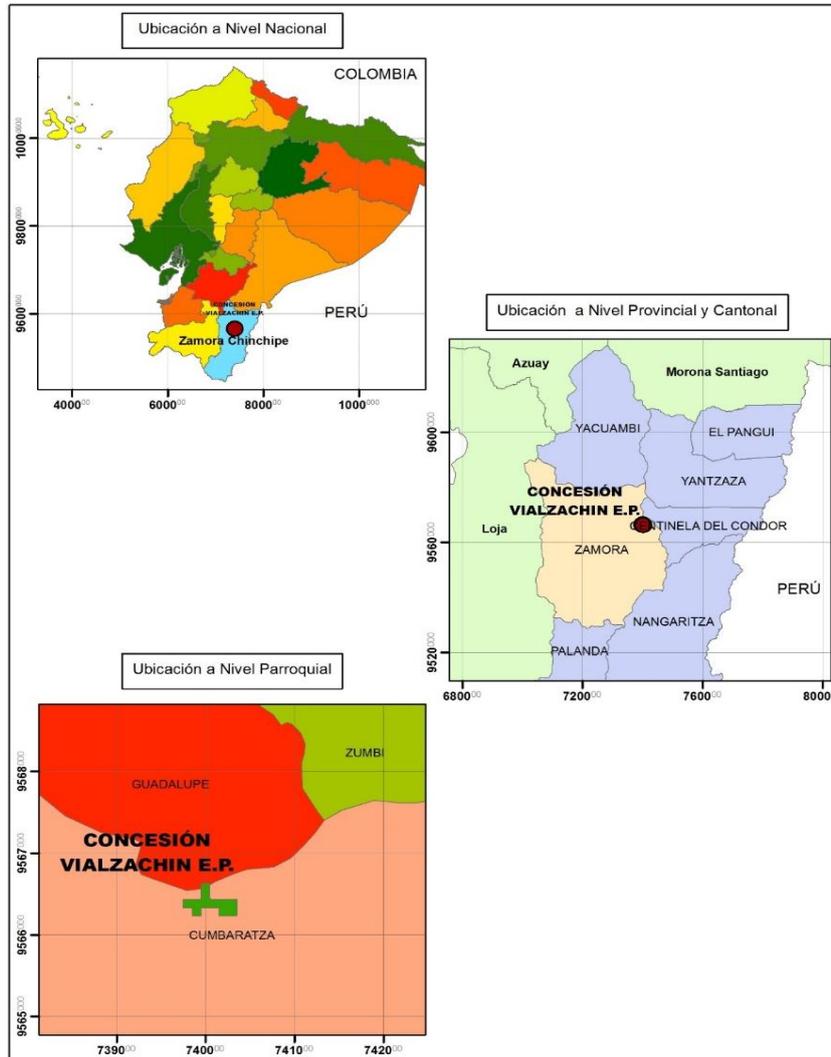


Figura 10. Ubicación de la concesión minera "Vialzachin E.P."

Elaborado por: El autor, (2022)

6.3. Acceso

El acceso al área de estudio se puede dar de dos formas (Ver figura 11); la primera por vía aérea desde el aeropuerto Mariscal Sucre del distrito metropolitano de Quito hasta el aeropuerto Camilo Ponce Enríquez de la ciudad de Catamayo en un tiempo aproximado de una hora.

Desde la ciudad de Catamayo se desplaza por vía terrestre a la ciudad de Loja en un recorrido de 39.5 Km (45 minutos) y luego nos dirigimos a la Ciudad de Zamora en un tiempo estimado de una 1 hora y 17 minutos. De Zamora se continua el tránsito por la vía "Troncal Amazónica" hasta el sector conocido como "Soapaca" en un tiempo estimado de 35 minutos.

La segunda ruta de acceso se la realiza completamente por vía terrestre desde la ciudad de Quito, atravesando las urbes de Latacunga, Ambato, Baños, Puyo, Macas, Sucúa y Gualaquiza hasta la ciudad de Yantzaza por vías de primer orden en un tiempo de 12 horas y 13 minutos. Desde la ciudad de las luciérnagas se continua por la “Troncal de la Amazonia” en dirección a la ciudad de Zamora hasta el sector conocido como “Soapaca” en un tiempo estimado de 28 minutos.

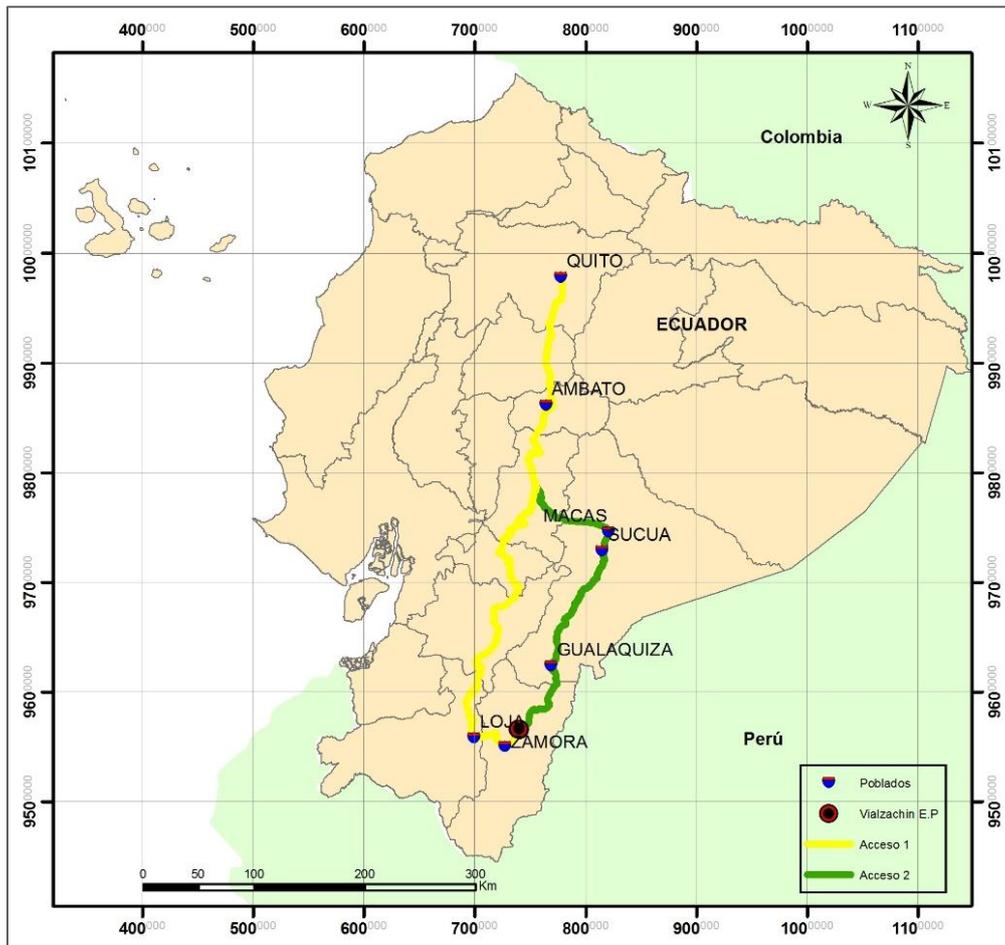


Figura 11. Vía de Acceso Área y Terrestre al área minera

Elaborado por: El autor, (2022)

6.3.1. Topografía

A partir del mapa digitalizado del área (Ver Anexo 2) elaborado mediante el empleo del software ArcGIS 10.3 se pudo conocer que el área de estudio posee un relieve montañoso, el cual presenta pendientes abruptas (mayor al 70%) y fuertes que se concentran en altitudes desde los 840 (sector La Saquea) a 1120 m.s.n.m. Esta característica topográfica predomina en los alrededores de la concesión minera (zonas: sur, oeste y nor-oeste).

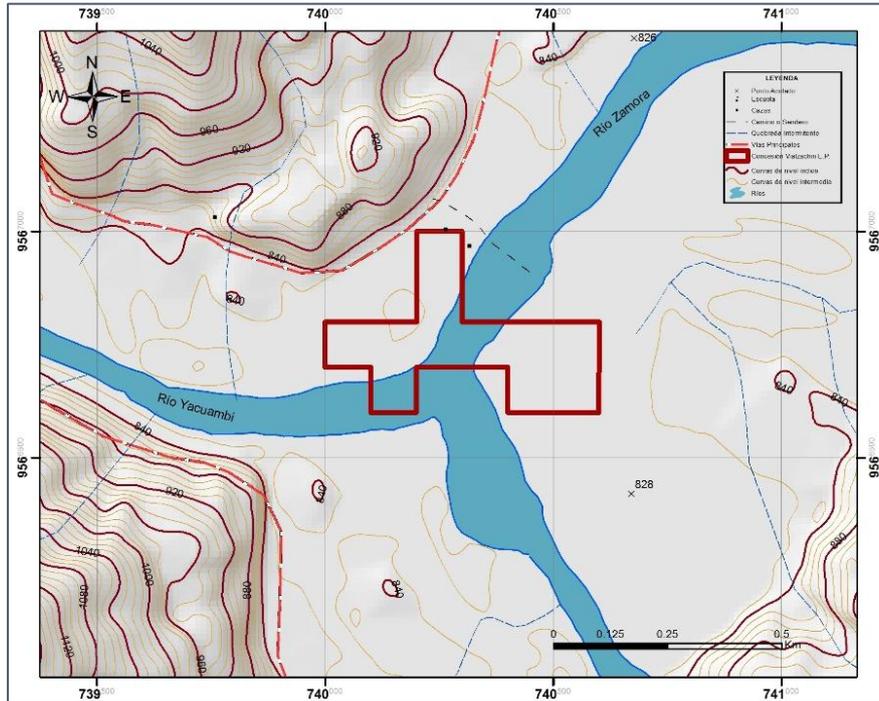


Figura 12. Mapa Digitalizado de Vialzachin E.P.

Fuente: Vialzachin E.P., (2014)

Elaborado por: El autor, (2022)

En relación al levantamiento topográfico a detalle, cuyo resultado final implicó la confección del mapa topográfico (Ver Anexo 3) se establece que, en el área de estudio la característica topográfica particular son las terrazas bajas, dominando toda la concesión minera con una variación altitudinal de 12 metros (cota 768 y 780), en donde se presenta una pendiente variable de plana a casi plana, con dos rangos porcentuales distinguidos; el primero varía entre 0 y 3%, situándose al margen derecho del río Zamora en donde se extiende una gran barra lateral (estructura fluvial) con alto potencial de aprovechamiento y no se ubica ningún tipo de infraestructura o edificación, además el suelo en esta zona es empleado para actividades agrícolas.

El segundo rango oscila entre 0 y 5%, localizándose al margen izquierdo del río Zamora, en una zona sumamente próxima a la desembocadura del río Yacuambi. Particularmente, en el segundo rango altitudinal están situadas la zona de conservación y las instalaciones e infraestructura de la empresa pública Vialzachin E.P. (oficinas, planta de trituración, planta de asfaltos, y zonas de stock). La variabilidad del rango altitudinal se debe potencialmente a una actividad antrópica, dada la acumulación de gran cantidad de material al margen izquierdo del río Zamora con la finalidad de proteger las instalaciones y edificaciones de la empresa.

Con la ejecución de las actividades topográficas se determinó las características y posición relativa de las vías de acceso, los frentes de explotación, las estructuras fluviales, las



instalaciones, las áreas de trabajo y operación. Complementariamente se elaboró el perfil topográfico del lugar de estudio (Ver Figura 13).

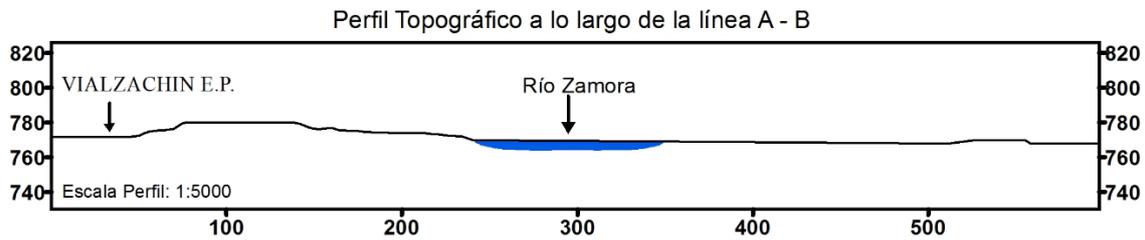


Figura 13. Perfil Topográfico a lo largo de la línea A - B del área de estudio

Elaborado por: El autor, (2022)

6.4. Descripción Geológica

6.4.1. Geología Regional

El área minera “Vialzachin E.P. - Código 50001288” está conformada en un marco geológico general por un grupo de formaciones vinculadas a las sub-cuencas de los ríos Zamora y Yacuambi, siendo estas redes hídricas representativas que se unen en la superficie concesionada. Conforme a la información levantada y registrada por el IGM (2014) en la hoja geológica de Paquisha N°57 (Ñ VII-A), segunda edición, el área se encuentra dominada principalmente por depósitos aluviales (Q_A) conformados de bloques, gravas, arenas con matriz acorde con el tipo de formación que los originó, aflorando en las plataformas sedimentarias que se han abierto camino a lo largo del río Yacuambi (Ver Anexo 4). En un contexto regional el área minera se encuentra formada por las siguientes formaciones:

Depósito aluvial (Q_A)

Los depósitos de mayor relevancia se encuentran localizado a orillas del río Zamora en todo su trayecto. Está conformado por bloques, cantos rodados, gravas de rocas ígneas intrusivas y arenas gruesas y finas.

Los depósitos más importantes se encuentran en las riberas de los ríos Zamora y Yacuambi que atraviesan la zona de estudio. Consisten de cantos, gravas redondeados y arenas subredondeadas, caracterizándose como un material transportado por los ríos y su composición está en dependencia de las unidades litológicas por donde atraviesa. En ciertos tramos de estos aluviales se ejecutan labores de extracción de oro.

Con frecuencia se puede encontrar terrazas gradadas extendidas a lo largo del río Yacuambi formando llanuras o plataformas sedimentarias, compuestas por material arcilloso y arenoso, que han quedado adosadas a las márgenes del valle en forma de escalón. (INIGEMM, 2018)

Unidad la saquea (J_{Sa})



Se localiza en la zona central y en el extremo SE de la hoja geológica de Paquisha y corresponde a materiales volcánicos calco-alcalinos que se relacionan con la formación Misahuallí; estos materiales litológicamente están formados por andesitas, andesitas basálticas y brechas volcánicas (de composición intermedia-básica) las cuales han sido intruidos por el complejo intrusivo de Zamora, aflorando en el sector de la Saquea y a lo largo de las vías Zumbi-LaSaquea-Piuntza y la vía La Saquea-Guaguayme. (INIGEMM, 2018)

Mineralógicamente están compuestas de plagioclasas, anfíbol y piroxeno, además presentan alto magnetismo y alteración, se encuentran cloritizadas o silicificadas, con sulfuros diseminados y con la presencia de vesículas rellenas de carbonatos. En un corte desde Yantzaza a La Saquea, se observa que están sobreyacidas en contacto discordante por la secuencia sedimentaria cretácica.

Granodiorita-diorita (G^{Gd/D})

Se localiza en toda la zona de estudio, entre Zumbi-Panguintza y aunque de manera general se ubica a lo largo del río Yacuambi. Son rocas intrusivas jóvenes que afectan a secuencias plutónicas y volcánicas, que varían de granodioritas a dioritas; las primeras presentan minerales de plagioclasas, anfíboles y cuarzo, las cuarzodioritas por su parte tienen un menor porcentaje de cuarzo. (INIGEMM, 2018)

Complejo intrusivo Zamora (JZ)

Aflora extensamente a lo largo de la vía Guadalupe-La Paz. Este batolito se encuentra meteorizado, deleznable. Es un batolito tipo-I no deformado ni metamorfizado, elongado y segmentado. Predominan granodioritas, su composición mineralógica característica es plagioclasa, anfíbol, piroxeno y cuarzo.

En algunos lugares se presenta cortado por un gran número de diques volcánicos de andesitas-basálticas y por intrusivos más jóvenes de diferente composición. Este batolito se encuentra afectando al volcanismo Jurásico, en algunos sectores se observa que está sobreyacido por la secuencia sedimentaria del cretácico de la cuenca Oriente. (INIGEMM, 2018)

6.4.2. Geología Local

La geología local conjuga los resultados del trabajo de campo en torno al mapeo de afloramientos (Ver Anexo 5), la apertura de calicatas y la descripción de las estructuras fluviales presente en el área, permitiendo al final la elaboración del mapa geológico a escala 1:3000 (Ver Anexo 6) del área de estudio.



El Área Minera “Vialzachin E.P., Código 50001288”, con base en la geología regional y con la información obtenida y correlacionada de los afloramientos se encuentra conformada por depósitos aluviales (Q_A), unidad La Saquea (J_{Sa}) y la unidad Granodiorita/Diorita ($G^{Gd/D}$).

6.4.2.1. Afloramientos

El levantamiento de los afloramientos (Ver Anexo 5) permitió establecer la litología presente en la superficie de la concesión minera y sus alrededores. El área se encuentra conformada en la mayor parte de su superficie por material sedimentario vinculado a depósitos aluviales, en tanto que los alrededores aflora material volcánico asociado a la unidad La Saquea. A continuación, se presentan una tabla resumen de los afloramientos obtenidos a través del trabajo de campo:

Tabla 17. Descripción y Ubicación de Afloramientos

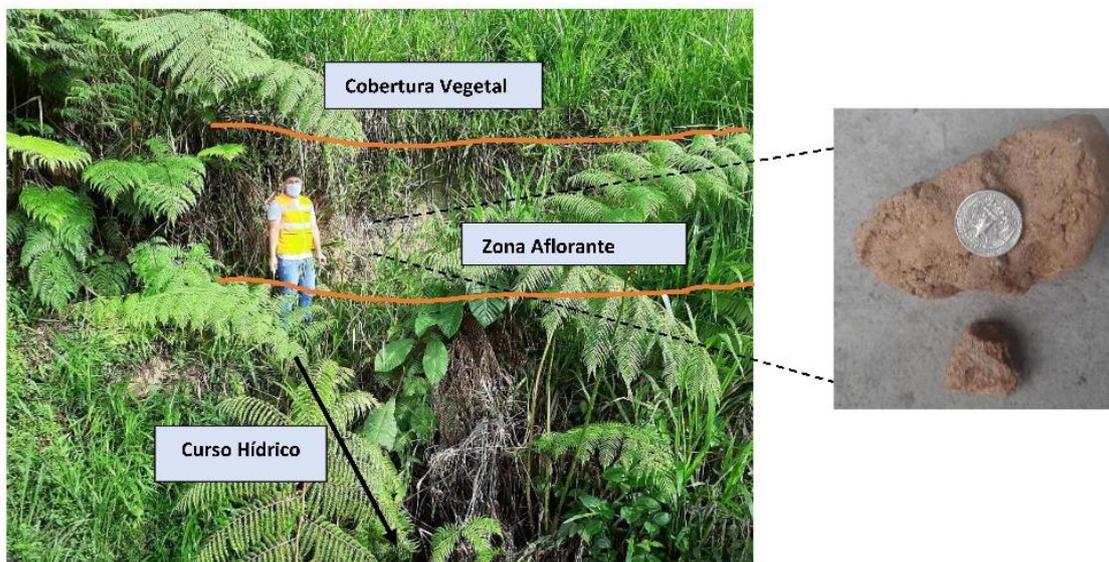
Nº	Litología	Norte	Este	Altura	Ubicación
A-1	Granodiorita	9566646	739896	775	Se ubica en la parte norte del área de estudio y se referencia como el afloramiento más próximo al poblado de Soapaca (Ver Anexo 5 – Ficha 1).
A-2	Granodiorita	9566633	739872	775	Situado en la parte norte de la concesión y la principal característica es que denota un contacto geológico entre formaciones (Ver Anexo 5– Ficha 2).
A-3	Andesita	9566579	739775	776	Se localiza en la proximidad a la vía de ingreso a la planta de trituración y oficinas de la concesión (Ver Anexo 5 – Ficha 3).
A-4	Andesita	9566569	739758	776	Ubicado en la entrada a la concesión minera y se asocia a un evento de remoción en masa de 3.5 metros de ancho (Ver Anexo 5 – Ficha 4).
A-5	Andesita	9566561	739745	770	Su referencia de ubicación es el área de ingreso a la concesión colindante al oeste del área minera de interés (Ver Anexo 5 – Ficha 5).
A-6	Andesitas	9566157	739471	772	Situado al margen derecho del río Yacuambi y cercano a un deslizamiento de grandes proporciones (Ver Anexo 5 – Ficha 6).
A-7	Arenas, gravas y bloques	9566199	739907	770	Localizado en el centro de la superficie concesionada y en el margen derecho del río Yacuambi próximo a desembocar en el río Zamora (Ver Anexo 5 – Ficha 7).
A-8	Arenas, Gravas	9566445	740011	770	Se localiza al margen izquierdo del río Zamora en una zona considerablemente próxima a la vía de acceso al río en cuestión (Ver Anexo 5 – Ficha 8).
A-9	Arenas, Gravas y Bloques	9566503	740043	770	Se localiza al margen izquierdo del río Zamora y corresponde con el único afloramiento posterior a la unión de los dos ríos que transitan el área en estudio (Ver Anexo 5 – Ficha 9).

Elaborado por: El autor, (2022)

6.4.2.2. Análisis de la Geología local

Granodiorita-diorita (GGd/D)

Localmente esta unidad domina la parte norte del área de estudio. Los afloramientos de esta formación son el 1 y 2. El afloramiento N°1 (A-1) presenta un rumbo N° 27 E, cuenta con una altura de 6 metros y un ancho de 3 metros, y se encuentra constituida de material ígneo intrusivo de tipo granodiorítico con una tonalidad blanquecina lo que denota su tendencia a ser denominada como granodiorita blanca, compuesta mineralógicamente de feldespatos claros y cuarzo en proporciones elevadas en comparación con los minerales oscuros de característica ferromagnesiana como las biotitas (Ver Fotografía 3).

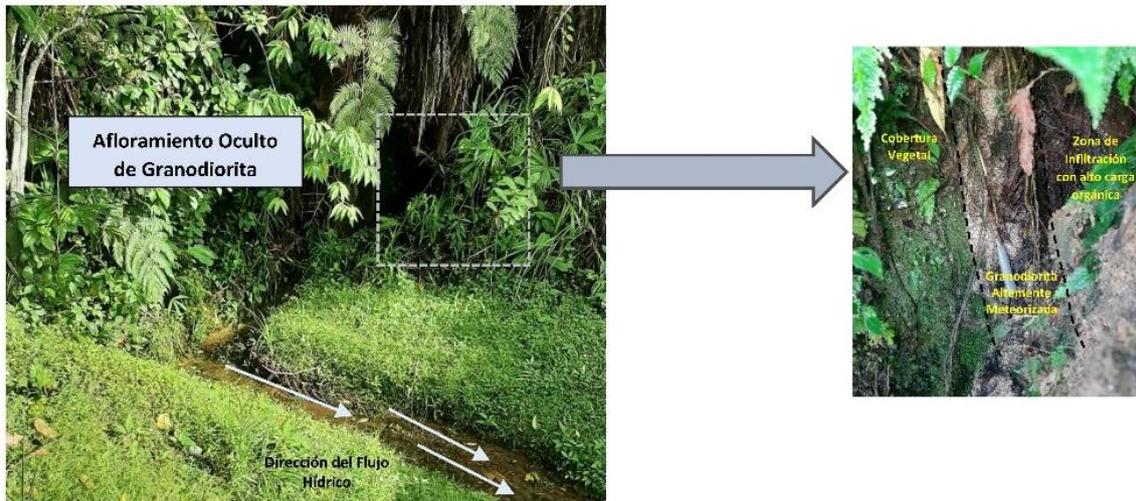


Fotografía 3. Afloramiento 1 (Formación: Granodiorita/Diorita)

Coordenada UTM/WGS84/17S: 739896/ 9566646/ 775

Fuente: Autor, (2022)

El afloramiento N°2 (Ver Fotografía 4) denota un proceso erosivo interesante, en donde el material granodiorítico expuesto a una alta erosión hídrica, conlleva la formación de fracturas inter-minerales que afectan principalmente a las micas oscuras, que es precisamente por donde se disgrega la roca. Los datos geométricos del Afloramiento son su longitud de 5 metros y una altura de 2 metros, con un rumbo de N 73° E.



Fotografía 4. Afloramiento 2 (Formación: Granodiorita/Diorita)
Coordenadas UTM/WGS84/17S: 749872/ 9566633/ 775

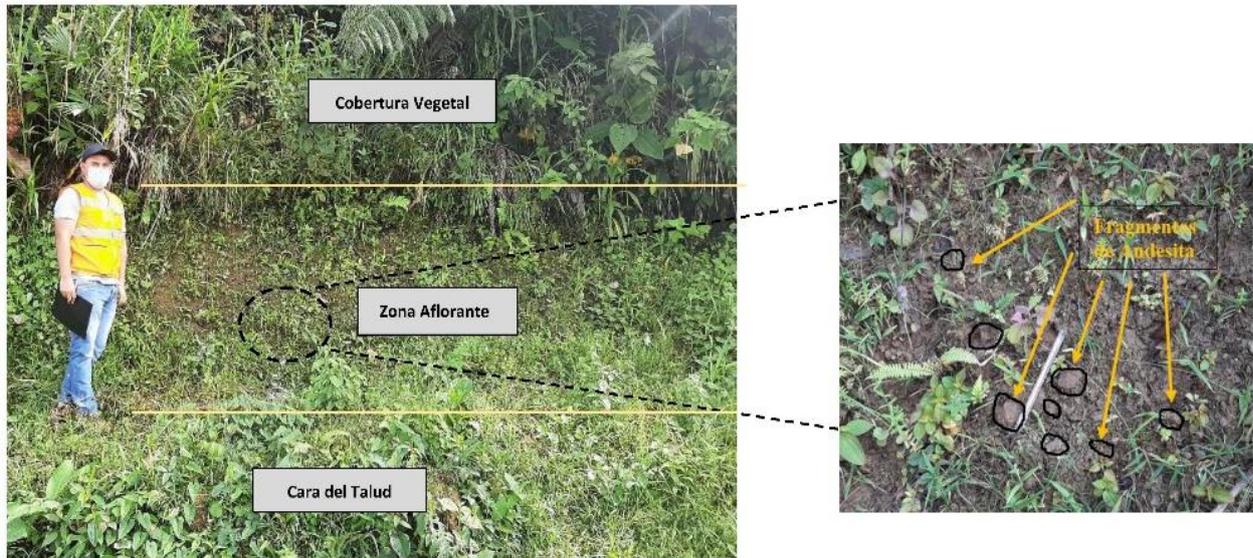
Fuente: Autor, (2022)

Desplazándose hacia la izquierda del área de estudio se aprecia variabilidad en el material litológico lo implica un contacto geológico entre las formaciones conformadas por la unidad Granodiorita/Diorita y el material volcánico de tipo andesita y andesita basáltica que conforma la unidad La Saquea en las coordenadas (UTM/WGS84/17S: 9566589/739810). En este sector, ambos materiales muestran encontrarse sometidos a una alta meteorización; en el caso de la granodiorita, se disgrega con demasiada facilidad al intentar obtener muestras de mano con el empleo del martillo geológico.

Unidad La Saquea

Los afloramientos de esta formación se extienden en la parte nor-oeste del mapa geológico local (Ver Anexo 6) y corresponden a los afloramientos 3, 4, 5 y 6.

El afloramiento N° 3 (Ver Fotografía 5) cuyas características geométricas son un ancho de 5 metros y una altura de 4.5 metros, presenta un rumbo de N 51° E, se localiza en una zona bastante cercana al contacto con la unidad Granodiorita/Diorita. Litológicamente está conformado de fragmentos angulosos de andesitas de coloración café oscura sometidas a una alta meteorización. La materia orgánica posee alta humedad y por ende se constituye como una especie de material cementante producto de la alta descomposición de la vegetación densa que cubre el afloramiento.



Fotografía 5. Afloramiento3 (Formación: Unidad La Saquea)
 Coordenadas UTM/WGS84/17S: 739775/ 9566579 776

Fuente: Autor, (2022)

El Afloramiento N° 4 muestra un alto cubrimiento vegetal, sin embargo, el material geológico con respecto al tamaño de los fragmentos es mayor (5 cm a 20 cm) debido probablemente a un menor tiempo de exposición. En el afloramiento (Ver Fotografía 6) se presenta material típico de la unidad La Saquea, es decir que corresponde a material ígneo de tipo andesítico con un elevado contenido de óxidos, que pone en evidencia la presencia de minerales ferromagnesianos. La tonalidad del material ya es más característica al encontrado a lo largo de la cordillera de los Andes, es decir gris - oscuro. Las dimensiones del presente afloramiento son 8 metros de altura y 3.5 metros de ancho, y el rumbo medido es de N 86° E.



Fotografía 6. Afloramiento 4 (Formación: Unidad La Saquea)
 Coordenadas UTM/WGS84/17S: 739758/ 9566569/ 776

Fuente: Autor, (2022)

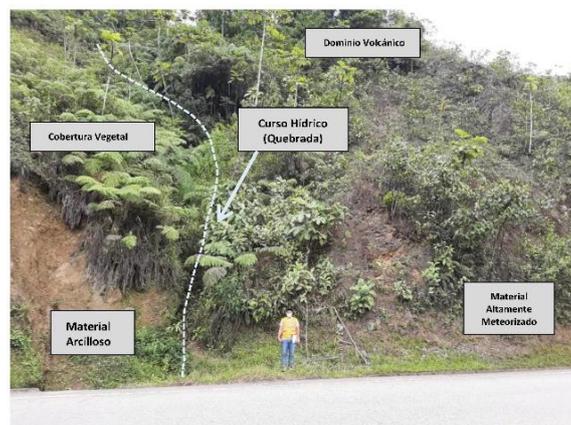
El Afloramiento N° 5 (Ver Fotografía 7) cuenta con rumbo de S 54° E y dimensionalmente presenta una altura 8 metros y un ancho de 12 metros. En este afloramiento es aún más marcada la tonalidad típica de las andesitas (gris oscuro), aunque difiere de los anteriores (N° 3 y N°4) en que el material andesítico aflorante se presenta como macizo y no como fragmentos angulosos intercalados con materia orgánica. De igual manera se puede apreciar el diaclasamiento del material ígneo con un buzamiento de 88 grados y con una dirección que indica la geometría de las líneas y planos de flujo magmático.



Fotografía 7. Afloramiento 5 (Formación: Unidad La Saquea)
Coordenadas UTM/WGS84/17S: 739745/ 9566561/ 770

Fuente: Autor, (2022)

El afloramiento N°6 se localiza al margen derecho del río Yacuambi a diferencia de los tres afloramientos anteriores, situados al margen izquierdo del río en cuestión. Geométricamente el afloramiento presenta una altura de 14 metros y una longitud de 11.5 metros y un rumbo de N 41° E (Ver fotografía 8). En este sector las andesitas presentan una alta resistencia deducida de la gran fuerza aplicada con el martillo geológico sobre el material aflorante para obtener muestras. Además de ello evidencia una alta meteorización debido al paso de un reducido curso hídrico (quebrada) en medio del afloramiento.



Fotografía 8. Afloramiento 6 (Formación: Unidad La Saquea)
Coordenadas UTM/WGS84/17S: 739471/ 95661577/ 770

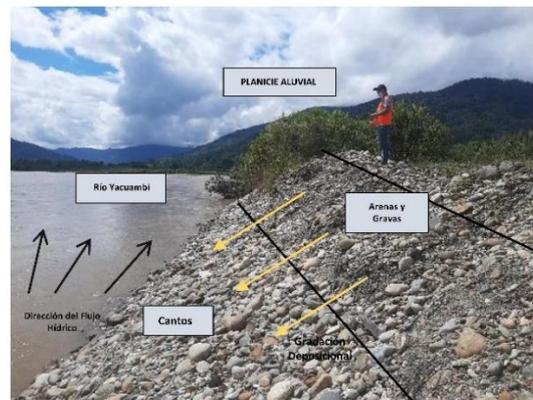
Fuente: Autor, (2022)

Depósitos Aluviales Cuaternarios

En un contexto local referente a los afloramientos asociados al material de aprovechamiento de áridos y pétreos, estos corresponden a los afloramientos 7, 8 y 9. Característicamente estos afloramientos poseen una gran extensión longitudinal (Ver Anexo 6).

El afloramiento N° 7, se presenta como una terraza que coincide con la superficie deposicional de una antigua llanura de inundación, sobre la cual ha acontecido una sedimentación (acelerada por la intervención antrópica relacionada con la minería aluvial). Acorde al marco geológico local, el afloramiento (Ver fotografía 9) está conformando los depósitos aluviales asociados a la subcuenta del río Yacuambi y destaca su combinación de materiales metamórficos y volcánicos (cuarcita, granito, granodiorita, andesita), con una matriz areno limosa. El afloramiento presenta una longitud de 18 metros y una altura de 6 metros.

Conforme se aprecia en la fotografía N° 9, el material presenta una disposición desordenada desde el techo a la base, distinguiéndose nos niveles: un nivel correspondiente a material gravo arenoso (tamaño variable entre los 2 y los 18 cm) y un segundo nivel areno-limoso de color gris conformados por arenas y una matriz limosa, estableciendo al material que conforma la terraza como un material mal gradado, donde las gravas tienen un mayor porcentaje de abundancia en la parte inferior y las arenas en la parte superior.



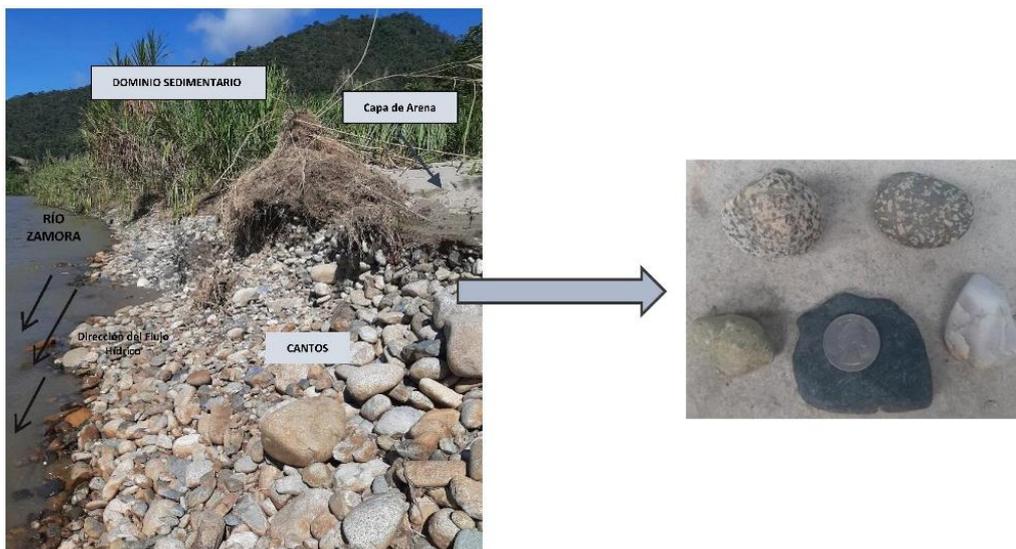
Fotografía 9. Afloramiento 7 (Formación: Depósitos Aluviales)
Coordenadas: UTM/WGS84/17S: 739907/ 9566199/ 770

Fuente: Autor, (2022)

El Afloramiento N° 8 tiene una longitud de 10.80 metros y alcanza una altura de 1.50 metros. El afloramiento (Ver Fotografía 10) en la parte superior está cubierto de una capa de arena con una potencia considerable y variable de los 60 centímetros a los 120 centímetros metros. El afloramiento se localiza en una zona altamente cubierta de arena y de gran extensión, pero que no es posible su explotación al conformar la superficie destinada como zona de conservación.

En este afloramiento particularmente no se aprecia una gradación deposicional de agregados gruesos y finos, existiendo el dominio único de material grueso en tamaño variable de 6 a 28 centímetros. Geológicamente los agregados gruesos corresponden a materiales metamórficos y volcánicos con una alta tasa de variabilidad debida al gran recorrido y caudal que poseen tanto los ríos Zamora como Yacuambi, pero de manera general se suele destacar el granito, granodiorita, cuarcita y andesita.

El afloramiento N° 8 desde el punto de vista granulométrico, se lo clasifica como un material con una gradación uniforme ya que las proporciones de los tamaños de las partículas no son iguales, pero si se distinguen dos niveles bien marcados entre las gravas y las arenas. Desde el punto de vista geológico el material se categoriza como levemente gradado donde se evidencia una deposición inicial de los materiales de mayor tamaño de la base al techo y luego los materiales finos constituyendo dos clases, en donde el porcentaje de abundancia de las gravas (tamaños variables de 6 cm a 28 centímetros) es mayor con respecto al material arenoso cuya potencia varia de los 60 centímetros a los 120 centímetros.



Fotografía 10. Afloramiento 8 (Formación: Depósitos Aluviales)
Coordenadas UTM/WGS84/17S: 740011/ 9566445/ 770
Fuente: Autor, (2022)

En el afloramiento N° 9 los materiales sedimentarios presentan una marcada gradación o diferenciación de la deposición de los agregados gruesos y los agregados finos aguas abajo (Ver Fotografía 11). Un aspecto a destacar del afloramiento 9 es su ubicación al margen izquierdo del río Zamora posterior a la desembocadura del río Yacuambi y donde el mismo cambia de dirección (de un sentido Nor-Oeste a un sentido Nor-Este). En la Fotografía 9 se aprecia con facilidad la ondulitas o rizaduras, las cuales son estructuras de tipo sedimentario que en este

caso se forman por la corriente del río Zamora y que pone en evidencia una frecuente variabilidad del caudal que presenta el río Zamora, debido a las constantes y prolongadas precipitaciones.



Fotografía 11. Afloramiento 9 (Formación: Depósitos Aluviales)
Coordenadas UTM/WGS84/17S: 740043/ 95665037/ 770

Fuente: Autor, (2022)

Desde el punto de vista geológico el material sedimentario está conformado por arenas y el material granular corresponde mayoritariamente a cuarcitas, andesitas y granodioritas. El diámetro de los materiales varía de 2 a 32 centímetros. El afloramiento se extiende longitudinalmente 22.7 metros y alcanza una altura de 1.90 metros.

El afloramiento N°9 al igual que los anteriores, recibe la denominación de material pobremente graduado desde la perspectiva granulométrica, en donde la gravas y arenas no se encuentran bien distribuidas. Los niveles de la terraza son dos, un nivel horizontal areno-limoso de color marrón claro que se extiende corriente abajo, además es predominante en el techo de la terraza. El segundo nivel se denomina gravo-arenoso por el predominio de material granular cuyos tamaños varían de los 2 a 32 centímetros y que se extiende desde la base de la terraza hacia el este con respecto a la terraza. Desde el punto de vista geológico, el material que conforma la terraza se categoriza como mal graduado debido a una mala disposición de los materiales en sentido ascendente y en porcentaje de abundancia, las arenas corresponden al material más abundante en la terraza. (Ver Fotografía 11).

6.4.2.3. Estructuras Fluviales Sedimentarias

Las estructuras fluviales de tipo sedimentario presentes en el área de estudio (Ver Anexo 7) se relacionan a los agentes responsables de la erosión, transporte y depósito del material



sedimentario, que corresponden a los ríos Yacuambi en dirección NE y la del río Zamora en dirección NW. El principal mecanismo de conformación de las terrazas aluviales responde al hecho que, durante épocas de intensa lluvia, el flujo hídrico de estos caudalosos ríos entra o se posiciona en las vías de drenaje que surcan el depósito hasta que se desbordan al subir el nivel del agua e inundan la llanura.

De acuerdo al trabajo de campo los sitios de sedimentación y acumulación de material más importantes presentan una cierta elevación con respecto al nivel medio del río Zamora antes y en plena desembocadura del río Yacuambi. A pesar de esta ligera elevación, es constante la amenaza sobre las terrazas tanto de fluctuaciones periódicas como de inundaciones.

Desde el punto de vista hidrográfico y geomorfológico, el material sedimentario está relacionado con la parte alta y media de la subcuenta del río Zamora que característicamente recibe el aporte de varios sistemas de drenaje entre los que destaca el río Blanco, Sabanilla, Jambue y Bombuscaro. Su parte alta presenta una estrecha garganta modelada sobre la cordillera oriental lo que causa su alta torrencialidad a diferencia de lo que acomete en la parte media desde la ciudad de Zamora en donde incluso es navegable en distintas partes del año y en ciertos tramos.

El río Yacuambi por su parte tiene su origen en los páramos de Matanga desde donde sigue un recorrido en dirección Norte-Sur. Se vincula a la parte alta de la Cordillera Oriental, desde donde sigue un recorrido que recoge varios sistemas de drenajes en sus dos márgenes. El río presenta torrencialidad en casi todo su trayecto, con excepción de una parte cercana a su desembocadura en el río Zamora, que justamente corresponde al sitio de estudio.

Desde el ámbito geológico, el material de aprovechamiento evidencia un origen ígneo a razón de una alta abundancia de andesitas, granodioritas, gabros, además de encontrarse rodeado por un relieve montañoso predominantemente volcánico tanto al margen derecho como al margen izquierdo, siendo estos la unidad La Saquea y el complejo intrusivo de Zamora respectivamente. La forma de los materiales es bastante variada, ya que presentan formas angulosas, sub-redondeadas y redondeadas. De igual manera, el tamaño de los materiales tiene un amplio rango de variación desde bloques (> 256 mm), cantos (256 mm – 64 mm), gravas (< 64 mm – 2 mm), arenas (< 2 mm – 62.5 μ m) y limos y arcillas (< 62.5 μ m). Además es muy notable los rasgos como consecuencia de la erosión hídrica que se acomete sobre el material en épocas de crecida de los cursos fluviales.

Característicamente las estructuras fluviales (la mayoría de ellas extendidas a lo largo de los márgenes del río Zamora) presentes en el área de estudio dan la posibilidad de otorgar la denominación de un gran yacimiento de materiales de construcción; en el mapeo local se pudo apreciar unas dos barras laterales y una barra longitudinal, descritas a continuación:

1. Barra Lateral N° 1

La barra lateral N° 1 (ver fotografía 12) está situada al margen izquierdo del Yacuambi en zona muy próxima a su desembocadura en el río Zamora. Geométricamente presenta una forma muy alargada en dirección sur-oeste debido a que en esta zona la profundidad de disección es baja y por lo tanto la energía de la corriente también lo será. Presenta una extensión superficial de 0.5 ha., y en planta muestra una vista en forma de semi-luna alargada. El desnivel de esta estructura es de 0.8 m con respecto a la superficie de flujo y la segregación del material, aunque es uniforme tanto en la zona de cabeza como en la de cola, la variación del tamaño se da en sentido transversal y decrece hacia la orilla presentando gravas gruesas, gravas medias y arenas, respectivamente.

La estructura fluvial presenta un suelo de tipología pobremente graduada, en donde los materiales en general tienen una amplia distribución de tamaño de partículas, pero los mayores tamaños tienen un intervalo mayor de variación.



Fotografía 12. Barra Fluvial de Tipo lateral (Barra Lateral N° 1)

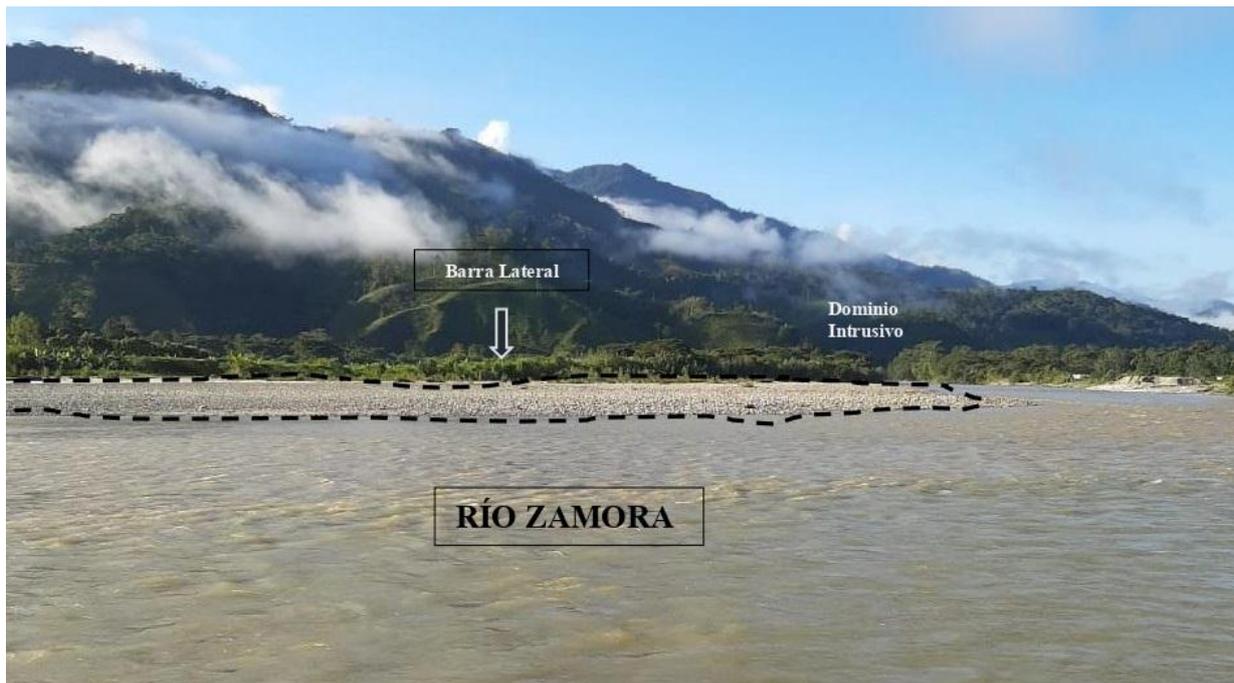
Fecha de Registro: 27/06/2021

Fuente: Autor, (2022)

2. Barra Lateral N° 2

La barrera lateral N° 2 (ver fotografía 13) es la única estructura que se localiza en la zona de inundación del área concesionada al margen derecho del río Zamora y también destaca la superficie que ocupa, la cual tiene un valor de 4.48 hectáreas solo dentro del área concesionada, aunque en total posee cerca de 7 hectáreas. A nivel de planta presenta una forma rómbica con un ancho representativo en la parte central y con una segregación del material particulado en sentido longitudinal, por lo cual presenta mayoritariamente cantos, y gravas de gruesas a finas en la zona de cabeza y arenas y gravas medias en la parte central y en la cola. Al estar situada en la zona de inundación del cauce principal (río Zamora), la energía de la corriente fluvial es baja al igual que la profundidad de disección, lo que otorga la posibilidad de que la barra fluvial tenga grandes dimensiones.

La barra lateral posee un material categorizado como gravas mal graduadas, en donde solo se presenta un nivel gravo-arenoso de gran extensión transversal que es constantemente inundado durante épocas de gran precipitación.



Fotografía 13. Barra Fluvial de Tipo lateral (Barra Lateral N° 2)

Fecha de Registro: 27/06/2021

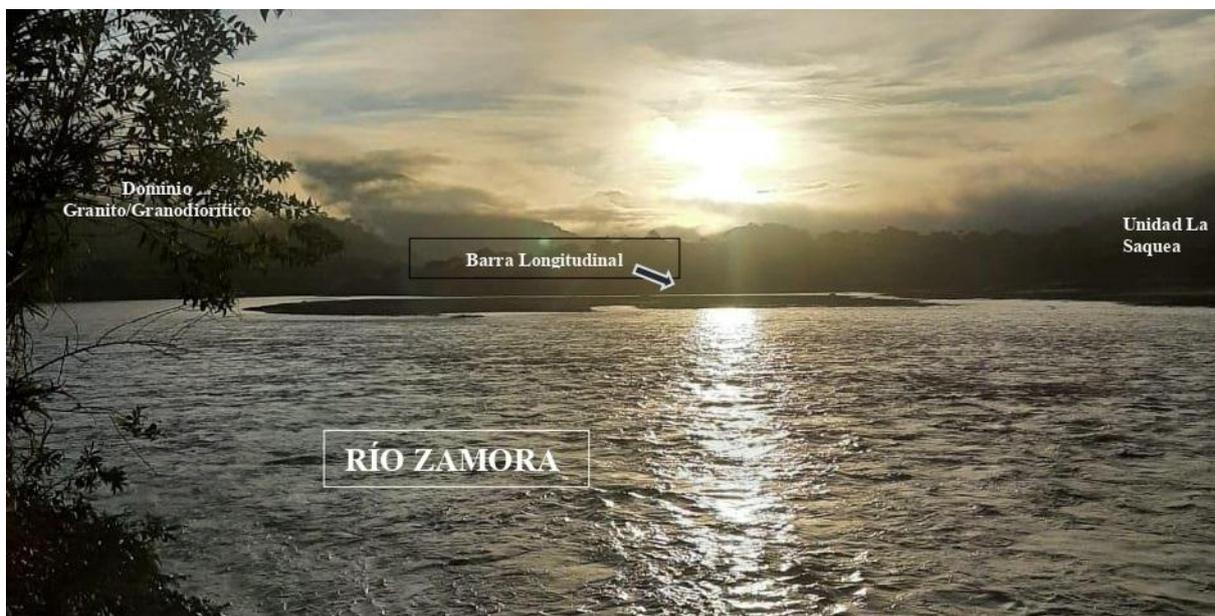
Fuente: Autor, (2022)

3. Barra Longitudinal N° 2

La barra longitudinal (ver fotografía 14) está situada al este del área minera, a la altura del sector Soapaca. La particularidad de este tipo de barras es que interfieren el flujo, dividen el cauce y obligan a la formación de un canal de medio desarrollo al margen derecho del río

Zamora. Presenta una diferencia de altura de unos 0.40 m. con respecto al espejo de agua y tiene la forma de semi-luna alargada a nivel de planta, cubriendo una superficie de 0.9 ha. La segregación del material es en sentido longitudinal en donde predominan materiales de gravas que varían de finas a muy gruesas y cantos, además el material arenoso es escaso a razón de que esta barra es constantemente cubierta en los periodos de crecida del río Zamora.

La tercera estructural fluvial acorde a la granulometría y al desnivel de tan solo 0.40 metros, presenta un predominio de materiales o gravas mal graduadas con muy poco contenido de finos a lo largo de toda la estructura debido a las constantes inundaciones que se produce sobre su superficie cuyo tamaño de las gravas varia de 2 a 32 centímetros.



Fotografía 14. Barra Fluvial de Tipo Longitudinal

Fecha de Registro: 27/06/2021

Fuente: Autor, (2022)

6.4.2.4. Estratigrafía y Descripción de Calicatas

Las calitas se constituyen como métodos directos en el reconocimiento y exploración superficial del terreno, las cuales se caracterizan por un bajo costo y ser una herramienta de fácil realización en las investigaciones de campo, consisten en excavaciones a través del empleo de herramientas de mano o también se ayuda de maquinaria pesada.

En las labores de campo con la finalidad de lograr la excavación de las calicatas, la apertura de las mismas se desarrolló a través del método mecánico. Dichas calitas se excavaron en puntos específicos y representativos en relación a las estructuras fluviales, que destacan por considerarse sitios de mayor interés de aprovechamiento. La profundidad promedio de las calicatas es de 1.82 metros, lo cual permitió la caracterización vertical y descripción

estratigráfica de las zonas de alto interés en la extracción de materiales áridos y pétreos. La profundidad alcanzada se relaciona con los datos proporcionados por la empresa Vialzachin E.P., en lo concerniente a datos geométricos de las franjas de explotación del proyecto.

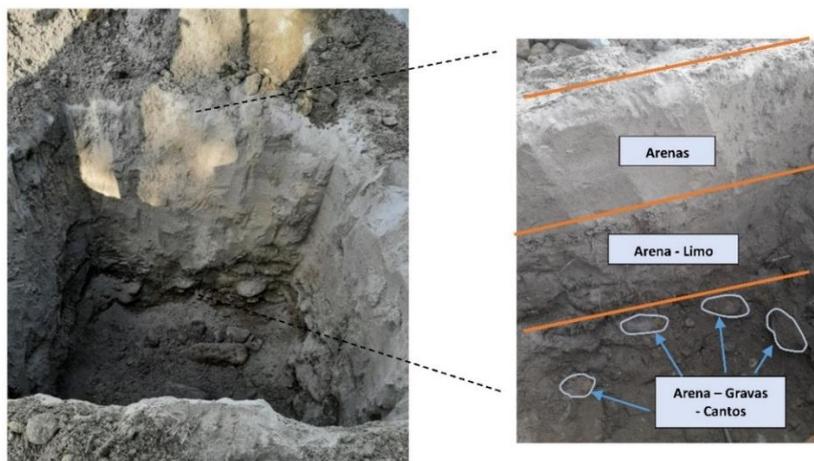
Algunas particularidades en la realización de las calicatas son:

- **Cantidad de Calicatas:** 2
- **Localización Referencial:** Márgenes del río Zamora y Yacuambi
- **Profundidad Máxima Alcanzada:** 2.10 metros
- **Profundidad Promedio de Excavación:** 1.82 metros

A continuación, se presenta una descripción de los materiales y sus espesores respectivos, obtenidos a través de la apertura de las calicatas:

Calicata N° 1 (C-1)

En la calicata N°1 (Ver Fotografía 15) se abrieron en ancho 1.20 metros y en largo 1.30 metros y se alcanzó una profundidad de 1.90 metros. Superficialmente se destaca un gran banco de arena y desde el punto de vista de la estratigrafía se encontraron 3 estratos. De arriba hacia abajo el primer estrato está conformado por material arenoso con baja humedad y con un espesor de 90 centímetros; el segundo estrato lo conforma material de tipo arena – limo con un alto porcentaje de humedad y que presenta un espesor de 20 centímetros; el tercer estrato presenta un gran contenido de agua y está conformado de material arenoso (arena muy gruesa), gravas de tamaño variable (rango entre 16 – 64 mm) y cantos (64 mm – 256 mm) con un grosor de 80 cm. A la profundidad del estrato base ya se evidenciaba filtraciones materiales, lo que evidenciaba la cercanía al nivel freático del área (Ver Anexo 5 – Ficha 10).



Fotografía 15. Calicata N° 1

Coordenadas UTM/WGS84/17S: 750018/ 9566457 / 773

Fuente: Autor, (2022)

La representación gráfica de la columna estratigráfica lograda a través de la realización de la calicata se muestra a continuación (Ver Figura 14):

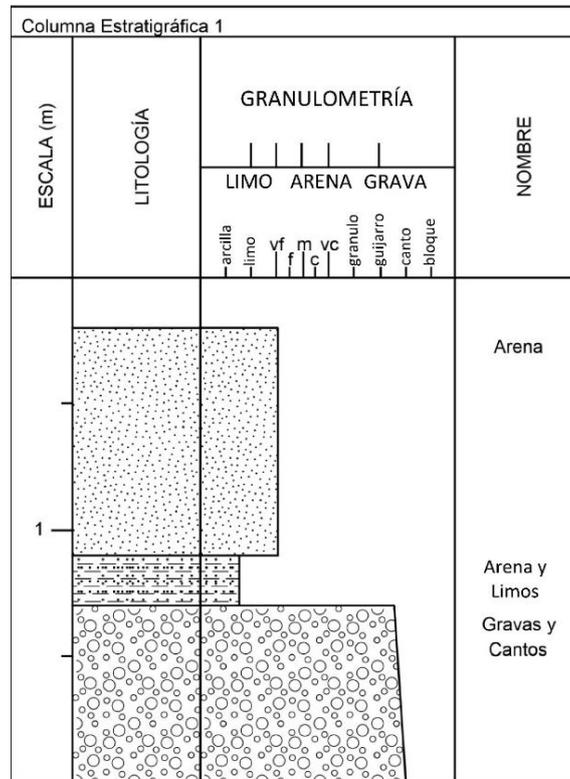
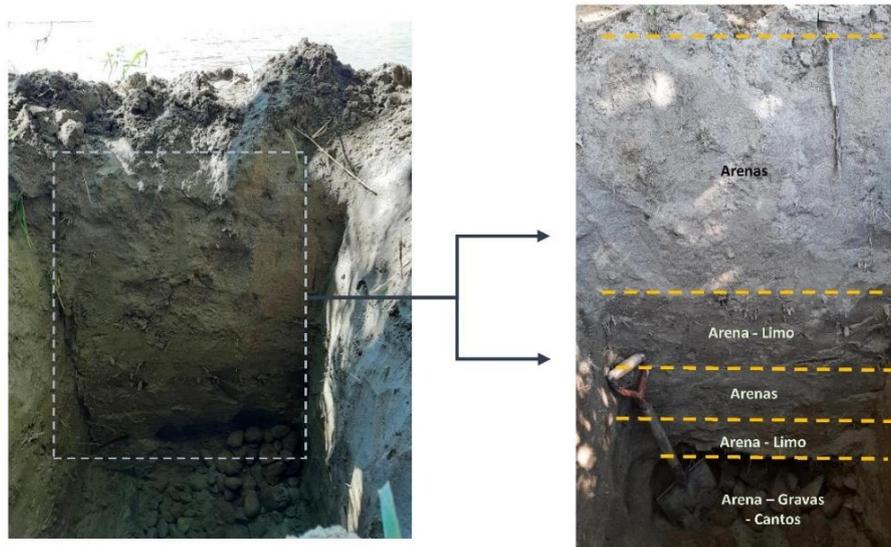


Figura 14. Columna Estratigráfica 1 elaborada en Sedlog
Elaborado por: El autor, (2022)

Calicata N° 2 (C-2)

Las dimensiones logradas en la calicata N° 2 (Ver Fotografía 16) son de ancho 1.25 metros, largo 1.20 metros y una profundidad de 2.10 metros. La relación estratigráfica en la calicata es similar a la que presenta la primera, con una diferencia marcada por el aumento de las capas de arena – limo y que el estrato base presenta tonalidades variables entre marrón y café. La gradación estratigráfica (Ver Figura 15) de arriba hacia abajo la conforman un estrato de arena (1 – 2 mm) de tonalidad gris y de 40 centímetros de espesor; el segundo estrato lo conforma una capa areno-limosa con un alto contenido de humedad y con espesor de 20 centímetros; el tercer estrato lo conforma una nueva capa de arena, pero con mayor contenido de humedad y un espesor 80 centímetros; el cuarto estrato presenta material areno-limoso de similares características al de estrato 2 , presentando similitud en el valor del espesor de dichas capas (20 centímetros); el estrato 5 presenta un grosor de 50 cm., y conforma el estrato base de la columna y está conformado por gravas de tamaños variable, que según la determinación en campo el

rango variable es de 6 a 14 cm correspondiéndose de acuerdo a la clasificación de Wentworth como material sedimentario de cantos y gravas muy gruesas (Ver Anexo 5 – Ficha 11).



Fotografía 16. Calicata N° 2
 Coordenadas UTM/WGS84/17S: 740041/ 9566502 / 768
 Fuente: Autor, (2022)

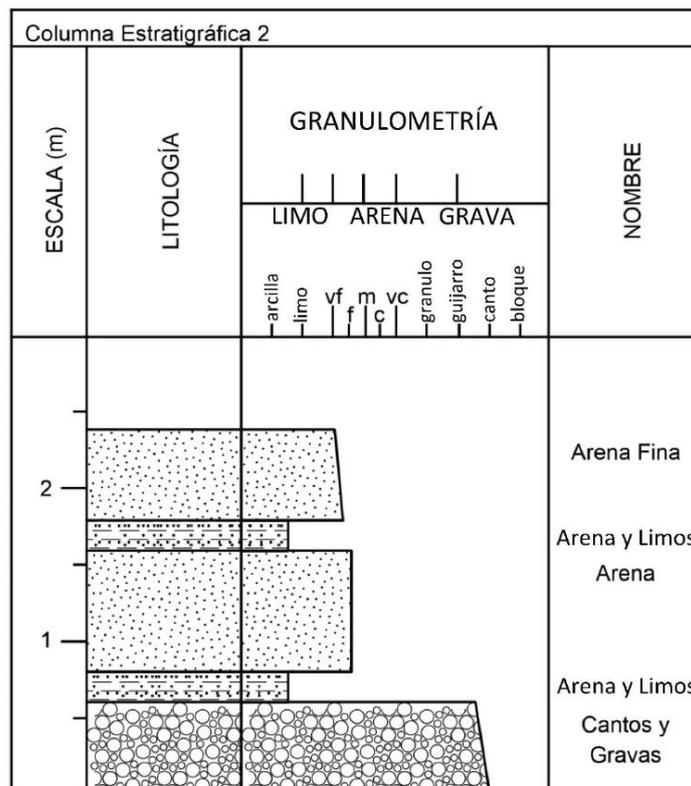


Figura 15. Columna Estratigráfica 2 elaborada en Sedlog
 Elaborado por: El autor, (2022)



6.4.2.5. Compendio de la geología local

De acuerdo a la base técnica lograda del trabajo de campo en relación al levantamiento de afloramientos, inventario de estructuras fluviales e investigación del subsuelo a través de la apertura de calicatas, se adhirió al mapa de geología local estos aspectos con la finalidad de lograr un compendio geológico del material y su dominio en el área de estudio.

6.4.2.6. Interpretación Técnica

En base al trabajo de campo, el mapeo de afloramientos, la caracterización de las estructuras fluviales sedimentarias y la elaboración del mapa geológico se puede establecer que el área concesionada perteneciente a la empresa Vialzachin E.P., están conformada topográficamente de terrazas bajas debido principalmente a la unión de dos ríos caudalosos como lo son el río Yacuambi y el Río Zamora. Este particular hecho contribuye a que los materiales geológicos dominantes en el área minera correspondan a depósitos aluviales de edad cuaternaria.

En un sentido estricto en relación al material geológico asociado a los depósitos que dominan la superficie concesionada, los agregados finos al margen derecho de ambos ríos presenta arenas y limos, al igual que se encuentran gravas y cantos en proporciones representativas. Al margen izquierdo en cambio se puede presencia gran cantidad de arenas en los depósitos aluviales.

Ambos cursos hasta este punto han tenido un gran y extenso recorrido por lo que las gravas y cantos poseen una alta tasa de variabilidad en cuanto a su denominación geológica, pero en base a las formaciones geológicas circundantes se podría atribuir a los materiales granulares una tipología de cuarcitas, andesitas, y granodioritas, referentes a la Unidad La Saquea dominadas por andesitas y el complejo intrusivo de Zamora la cual está conformada de granodioritas y cuarzdioritas.

En el ámbito estructural, los materiales geológicos no presentan estructuras e incluso de acuerdo a la configuración hidrológica de los dos ríos, el depósito es amplio y plano. Además de ello, posterior a la unión los dos cursos fluviales, las velocidades de transporte de sedimentos en ambos casos disminuye propiciando la deposición de las fracciones gruesas y finas conformando grandes depósitos de arenas y gravas en el área de estudio aguas abajo.

6.5. Delimitación del área de explotación

La delimitación de área explotable implica una zonificación espacial de las zonas con un alto potencial de llevar a cabo un aprovechamiento de los materiales áridos y pétreos con fines constructivos, en dependencia de una conjugación de parámetros y características geológicas,

litológicas, geomorfológicas, topográficas, hidrográficas y de uso del suelo. El área minera perteneciente a la empresa Pública Vialzachin E.P., en concordancia al levantamiento topográfico presenta dos áreas de explotación (Ver Anexo 8) que conforma un área restringida o limitada de 3,24 hectáreas con respecto a las 11 hectáreas concesionadas para el aprovechamiento de áridos y pétreos (Ver Figura 16).

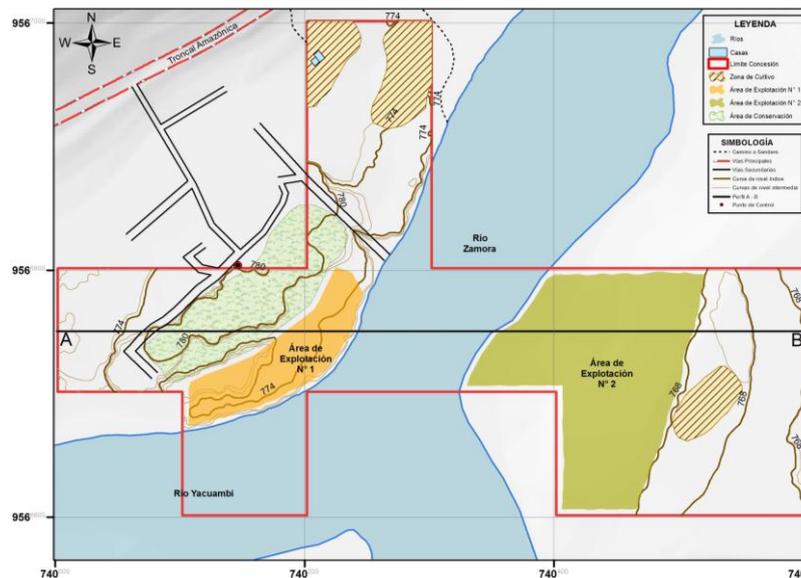


Figura 16. Mapa Topográfico con Áreas de Explotación

Elaborado por: El autor, (2022)

El área de explotación corresponde a las zonas de baja pendiente extendidas a lo largo del margen derecho del río Zamora, que tienen una propagación significativa tanto aguas arriba como aguas abajo del curso hídrico. Esta zona se caracteriza como un ambiente sumamente adecuado para la deposición de los materiales aluviales (origen aluvial) arrastrados por los cauces fluviales del río Yacuambi y el río Zamora. De hecho, esta es una de las razones de la escasa área sujeta a explotación, debido a que la concesión abarca mayormente el sector donde el río Yacuambi desemboca en el río Zamora, que particularmente son ríos caudalosos y de gran extensión.

6.5.1. Área de Conservación

La concesión minera presenta un área de conservación sobre la cual no se acometerá explotación con fines mineros debido a varias razones como el uso del suelo, presencia de poblados, pendientes pronunciadas, cobertura vegetal, entre otras razones. Para el caso particular del área de estudio, sirve de barrera de protección y separación al río Yacuambi de las instalaciones e infraestructura de la empresa pública Vialzachin E.P. Con base en el



levantamiento topográfico, esta zona de conservación tiene una extensión transversal no mayor de 30.9 metros con respecto al río Yacuambi (Ver Figura 17).

6.6. Recursos

6.6.1. Evaluación del recurso existente

La determinación de los recursos implicó el tener en cuenta consideraciones relacionadas a las especificaciones operacionales de la maquinaria empleada en el proceso de extracción, aspectos superficiales o topográficos y características geológicas obtenidas y determinadas en el trabajo de campo.

El cálculo del volumen que presenta el depósito fue obtenido a través de dos procesos metodológicos. El primero de ellos relacionado con el empleo de un software asistido por computadora, en donde se procesó el modelo digital del área, diferenciando la zona de extracción con la que cuenta el área minera y a partir de ello se determinó el volumen de los recursos; en el segundo proceso, la determinación del volumen se logró a través de una determinación geométrica de orden simple, en donde se consideró una potencia promedio en base a la excavación de calicatas en los frentes de trabajo.

En los dos casos de determinación del volumen de los recursos se consideró un área explotable de 3,24 hectáreas, de las 11 hectáreas que registra la concesión minera a razón de la información obtenida y analizada del levantamiento topográfico, en donde el área corresponde exclusivamente al depósito con fines de aprovechamiento del material árido y pétreo en el que se incluye las estructuras fluviales relacionadas a lo largo de los cursos fluviales de los ríos Yacuambi y Zamora.

Por otra parte, en ambas determinaciones metodológicas se consideró un nivel referencial de profundidad diferente valorizado de acuerdo al trabajo topográfico, pero que a través del trabajo de campo y la excavación de 9 calicatas de investigación se logró establecer la profundidad promedio en un promedio final de 1.82 metros (método geométrico). Las dos principales razones del empleo de este valor promedio en la estimación de los recursos son, el generalizar el cálculo en toda el área de extracción y hasta la profundidad considerada se tiene pleno conocimiento del material pétreo presente. La siguiente expresión de cálculo indica los parámetros considerados en la determinación de la profundidad promedio:

$$P_m = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{N}; m$$

Donde:

P_m: Profundidad media (nivel de referencia)



P: Profundidad máxima excavada de cada calicata

N: Número de calicatas

Sustituyendo los valores determinados a través del trabajo de campo, tenemos:

Nivel de Referencia de Profundidad en el Frente N°1

$$Pm = \frac{1.80 + 2.00 + 1.61}{3}; m \quad (1)$$

$$Pm = 1.803 \text{ m} = 1.80 \text{ m}$$

Nivel de Referencia de Profundidad en el Frente N°2

$$Pm = \frac{2.10 + 1.66 + 1.84 + 1.70 + 1.80 + 1.66}{6}; m \quad (1)$$

$$Pm = 1.842233 \text{ m} = 1.84 \text{ m.}$$

Las excavaciones se efectuaron en las áreas de explotación en los márgenes de los ríos Zamora y Yacuambi obteniendo como resultado una profundidad promedio o nivel referencial de altura de 1.80 metros en el frente N° 1 y de 1.84 metros en el frente N° 2. Al promediar los dos datos anteriores se establece que el área conjunta tiene una profundidad promedio de 1.82 metros, destacando los datos de profundidad máxima y mínima en 2.10 metros y 1.61 metros, respectivamente.

6.6.1.1. Estimación del volumen a través del sistema informático

En base a los datos anteriores y la topografía obtenida del trabajo de campo, se realizó la determinación del volumen de recursos a través de la primera metodología planteada, la cual se respalda del modelo digital de elevación con una altitud referencial de 772 metros para el primer frente y 770 metros para el segundo, dando un volumen calculado de 55445.72636 metros cúbicos de material pétreo (Ver Tabla 18).

Tabla 18. Datos del volumen obtenido a través del método informático.

	Superficie 2D (m ²)	Superficie 3D (m ²)	Alt. Referencial	Volumen (m ³)
Área N° 1	11673.71	10179.70	772	22159.61
Área N° 2	22647.40	22242.86	770	33286.12

Elaborado por: El autor, (2022)

6.6.1.2. Estimación del volumen a través de la determinación geométrica

La estimación del volumen a través del análisis geométrico no es particular al método informático, ya que usa tanto el área como el nivel de altura referencial como parámetros de



medida, por lo que el volumen obtenido presenta un valor de 59280.901 metros cúbicos, a través del empleo de la siguiente expresión:

$$V_T = A * P_m \quad (2)$$

Donde:

V_T= Volumen Total

A= Área de polígono de reservas

P_m= Profundidad media de referencia

Empleando los valores referenciales establecidos anteriormente en la expresión (2), se obtiene el volumen de reservas:

ÁREA N°1

$$V_T = A * P_m$$

$$V_1 = 10179.70 \text{m}^2 * 1.803 \text{ m}$$

$$V_1 = 18353.9991 \text{ m}^3$$

ÁREA N°2

$$V_T = A * P_m$$

$$V_2 = 22242.89 \text{m}^2 * 1.84 \text{ m}$$

$$V_2 = 37812.913 \text{ m}^3 = 40926.91 \text{ m}^3$$

Volumen Total

$$V_T = V_1 + V_2$$

$$V_T = 18353.9991 + 40926.91$$

$$V_T = 59280.91 \text{ m}^3$$

El análisis efectuado sobre la determinación del volumen de las reservas en las dos metodologías, nos permite definir que el valor estimado por el método geométrico queda establecido como la cantidad de recursos medidos, debido al hecho de que el método informático emplea una variable relacionada con la altitud como plano de referencia sobre la cual se calcula el volumen, por lo que se constituye como un método con mayor nivel de incertidumbre con respecto al método de análisis geométrico. En base a lo anterior los recursos quedan definidas en un valor de 59280.901 m³.



6.6.1.3. Determinación de los recursos por tipo de material

En base a la determinación del volumen total de material aprovechable y la clasificación granulométrica de los materiales presentes en el área minera, se estimó los porcentajes correspondientes al volumen por tipo de material que se pretende explotar:

Tabla 19. Volumen de reservas por cada tipo de material

Frente de Explotación N° 1				Frente de Explotación N° 2	
Porcentaje Retenido % >2 pulgadas		2		Porcentaje Retenido %	4
Porcentaje Pasa % <2 pulgadas		98		Porcentaje Pasa %	96
Volumen de Material Retenido (Material de Trituración)		367.08 m ³		Volumen de Material Retenido (Material de Trituración)	1637.08 m ³
Volumen de Material Pasante (Material de la capa Sub-Rasante)		17986.92 m ³		Volumen de Material Pasante (Material de la capa Sub-Rasante)	39289.83 m ³
Volumen Total		18353.9991		Volumen Total	40926.91

Elaborado por: El autor, (2022)

En conformidad a los datos de la tabla anterior, el volumen proveniente desde el frente N° 2 es mayor tanto en el material retenido como el pasante del tamiz N° 2, con una diferencia volumétrica de 1270 m³ a favor del material retenido y un volumen de 21302.91 m³ para el material pasante, respectivamente.

6.7. Calificación de los ensayos del material del área minera Vialzachin E.P.

6.7.1. Distribución granulométrica del material explotado

La distribución granulométrica del material obtenido de los frentes de explotación se presenta en la tabla N° 20.

Tabla 20. Clasificación Granulométrica del material explotado

	Tamiz	Muestra M-001	Muestra M-002
Fracción Gruesa	2"	2	4
	1½"	14	19
	1	29	43
	¾"	38	54
	½"	48	60
	3/8"	53	62
	N° 4	60	65
Fracción Fina	N° 10	4	2
	N° 16	9	3
	N° 40	27	11
	N° 100	36	22



N° 200	38	26
Pasa 200	2,2	9,2

Fuente: Laboratorio de suelos, hormigones y asfaltos; Empresa pública de vialidad VIALZACHIN E.P.

Elaborado por: El autor, (2022)

6.7.2. Calidad del material pétreo

Los ensayos de calidad del material pétreo fueron realizados con la asesoría del personal técnico del laboratorio de suelos, hormigones y asfaltos de la empresa pública de vialidad Vialzachin E.P., y con base en los procedimientos normados de la “Certificación en Competencias Técnicas de Laboratorio en Vialidad Grado 1 (Nivel I)”.

Los resultados de la calidad del material pétreo del depósito aluvial (Ver tabla 21) se presentan a continuación:

Tabla 21. Parámetros de calidad del material Pétreo

Tipo de Ensayo	Muestra M-001	Muestra-002	Norma
Coloración	Gris	Amarrillo Oscuro	
Cuarteo (Método)	Método Manual (Método B)	Método Manual (Método B)	ASTM C 702
Desgaste a la Abrasión (%)	29.02 %	22.94 %	ASTM C 131
Limite Líquido	N.P.	N.P.	ASTM D 4318
Limite Plástico	N.P.	N.E	ASTM D 4318
Índice de Plasticidad	NP	NP.	ASTM D 4318
Porcentaje (%) de Caras Fracturadas	7.47 %	19.91 %	ASTM D 5821
Gravedad Específica	1.049	1.73	ASTM C 128 – 01
Pasante del tamiz N° 200	9.2 %	2.2 %	ASTM D 422

Fuente: Laboratorio de suelos, hormigones y asfaltos; Empresa pública de vialidad VIALZACHIN E.P.

Elaborado por: El autor, (2022)

Los resultados de laboratorio en ambas muestras ensayadas nos permitieron clasificar a los materiales como “Grava mal graduada con arena con bloques GP” de acuerdo a la metodología S.U.C.S.” y como “A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena” según la metodología AASHTO (Ver Anexo 9).

De igual manera, dentro del análisis granulométrico, la muestra M-001 presenta un mayor porcentaje de material pasante del tamiz N° 200 y un menor porcentaje de caras fracturadas (7.47) con respecto a la muestra M-002 que presenta un menor contenido de materiales pasantes del tamiz N° 200 (2.2) y un mayor porcentaje de caras fracturadas (19.91%), lo que nos da una idea de que el material árido localizado en la zona desde donde se obtuvo la muestra M-002



requiere un menor proceso de acondicionamiento en la planta de trituración ya que el uso principal del mismo es en la conformación de la mezcla asfáltica.

El ensayo de abrasión o ensayo de la máquina de los ángeles como prueba de medida del efecto perjudicial que origina a los materiales su grado de alteración, baja resistencia o forma de las partículas arrojó un valor de 29.02 % en la muestra M-001 y 22.94 % en la muestra M-002, por lo que la interpretación de estos datos sugiere que ambas muestras cumplen con la prueba de resistencia a la abrasión ya que no supera el 40% de desgaste, que es el máximo valor permitido por la norma ASTM C 131 y además de ello, el material de la muestra M-002 se considera como un agregado duro y resistente, por lo que su aplicación sería la mejor opción al preparar la mezcla asfáltica.

La densidad relativa (gravedad específica) medida en laboratorio nos indica que los materiales áridos de la muestra M-002 ocuparían un mayor volumen como agregados tanto en las mezclas de asfaltos como en las de concreto.

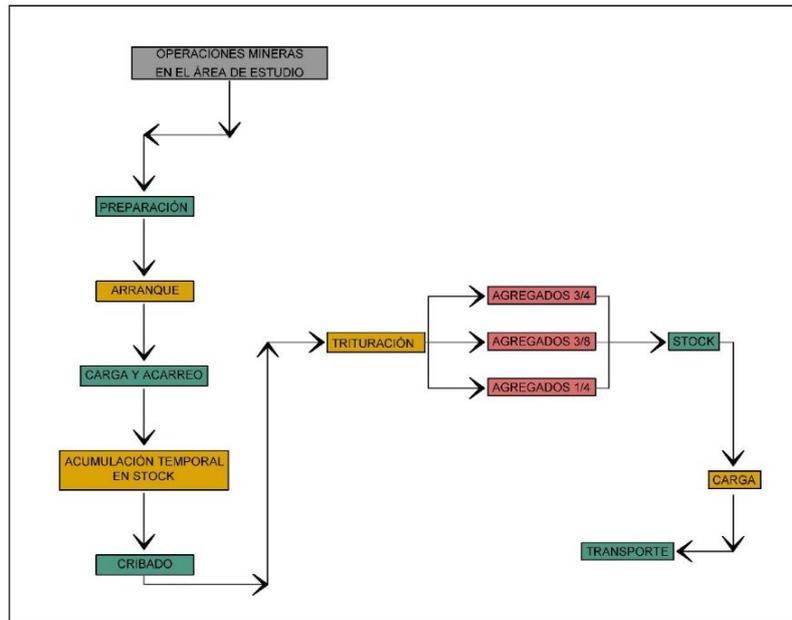
6.8. Descripción de las operaciones mineras desarrolladas en el área de estudio

El método de explotación empleado en la extracción áridos y pétreos es a cielo abierto, implicando el manejo de grandes volúmenes de material que deben transportarse y acondicionarse de forma mecánica según los requerimientos para su utilización, limitando con ello la viabilidad del proyecto minero. El sistema de explotación usado en la actualidad es el relleno natural de los espacios explotados, empleado desde el inicio de las operaciones de explotación y producción por parte de la concesión “Vialzachin E.P,1 Código 50001288”

La explotación se desarrolla de forma secuencial a través de una serie de actividades que involucran la preparación, arranque, carga, transporte, trituración, clasificación y distribución. Todas estas actividades se desarrollan en el área minera perteneciente a la empresa Vialzachin E.P., con la finalidad de lograr una producción que característicamente no es constante, sino que depende firmemente de la demanda de los proyectos constructivos o convenios.

6.8.1. Esquema de explotación

Las actividades ordenadas de forma secuencial son: preparación, arranque, carga y acarreo, acumulación temporal en stock, cribado, trituración, stock, carga y transporte; se presentan en el siguiente esquema (Ver Esquema 1):



Esquema 1. Actividades y operaciones de "Vialzachin E.P."

Elaborado por: El autor, (2022)

6.8.2. Preparación

La preparación implica básicamente la fase inicial de cualquier proyecto donde se realizan acciones mecánicas en el área para retirar la cobertura vegetal u orgánica, sobretamaños y estériles con la finalidad de preparar el yacimiento aluvial y ponerlo en contacto con la superficie. Particularmente en el área de estudio, las acciones de preparación son bien limitadas debido a que las actividades se desarrollan en los márgenes del río Zamora y las continuas y abundantes crecidas acometen de cierta manera la limpieza natural del material aluvial. La preparación del yacimiento aluvial se realiza con la ayuda de la excavadora Komatsu Modelo PCL200 LC-8 (Ver Figura 17) con 1 m³ de capacidad máxima de la pala, con la cual se nivela el campo y se construye la plataforma provisional paralela al río de aproximadamente 6 metros de ancho y 11 metros de longitud.



Figura 17. Komatsu Modelo PCL200 LC-8

Fuente: Gerencia Vialzachin E.P., (2021)



En la tabla N° 22 se presentan las especificaciones técnicas del equipo minero empleado en la preparación:

Tabla 22. Especificaciones técnicas de la excavadora Komatsu

Especificaciones Técnicas de la Maquinaria			
Modelo	PC200LC-8	Fabricante	Komatsu
Potencia	116 kW	Velocidad de Giro	14.4 RPM.
Consumo de Combustible :	6.7 Litros	Velocidad de Desplazamiento	5.5. km/h.
		Capacidad (Volumen máximo de la Pala)	1.3 m ³
Dimensiones:	Largo Total	Ancho Total	Alto Total
	9495	3380 mm	3180 mm

Elaborado por: El autor, (2022)

6.8.3. *Extracción o Arranque*

Tras culminar la actividad anterior, se apoya de la misma maquinaria (Excavadora Komatsu) para realizar el arranque de los materiales. El arranque es una actividad que implica la extracción de material aprovechable con una maquinaria acorde a la topografía del terreno, la capacidad de la misma y las dimensiones de las franjas de explotación. Para ello se efectúan las excavaciones, las cuales van incrementando sus dimensiones a medida que avanza la explotación del material aluvial y cuyo avance tienen un sentido continuo al curso natural del río Zamora.

En el campo del material arrancado, las franjas de explotación logran alcanzar dimensiones de 10 metros de ancho y 20 metros de longitud. Luego de alcanzar de forma aproximada las dimensiones anteriores, las actividades mineras se suspenden para el relleno natural de la superficie explotada.

6.8.4. *Carga y Acarreo*

El material extraído arrancado es cargado por la misma maquinaria empleada en las actividades anteriores, es decir se carga el material con la excavadora (Komatsu Modelo PCL200 LC-8), la cual cuenta con una capacidad máxima de 1.3 m³ en un volquete HINO (Modelo 4041 - ZS1EPVA) que cuenta con una capacidad de cargado de 12 metros cúbicos. El volquete (Ver Fotografía 17) es el responsable de acarrear el material aluvial hasta una zona de stock temporal en donde se realizarán las actividades de cribado, tributación y clasificación.



Fotografía 17. Volquete HINO Modelo 4041 – ZS1EPVA

Fuente: Autor, (2022)

Fecha de Registro: 27/06/2021

Las características técnicas del volquete empleado en el acarreo del material aluvial se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 23. Especificaciones Técnicas del Volquete HINO Modelo 4041 - ZS1EPVA

Especificaciones Técnicas de la Maquinaria			
Modelo	4041 – ZS1EPVA	Fabricante	HINO
Potencia	410 HP	Peso bruto Vehicular	27000 Kg
Consumo de Combustible	12.9 litros	Velocidad de Desplazamiento	98 Km/h
No. Chasis:	1841	Capacidad (Volumen)	16 m ³
Dimensiones:	Largo Total	Ancho Total	Alto Total
	8.235 m	2.555 m	3.745 m.

Elaborado por: El autor, (2022)

6.8.5. Acumulación temporal en stock

La acumulación temporal en stock se considera como una actividad minera debido a dos motivos. El primero tiene que ver con lograr que el material obtenido desde las zonas o frentes de explotación se acumule cierto tiempo, el cual permite lograr el lixiviado natural de elementos de origen orgánico en descomposición como residuos de vegetación arbórea. La segunda razón es la facilidad de acceso al material acumulado de forma temporal.

6.8.6. Cribado

El material explotado que ha sido acumulado de forma temporal, es traslado a la criba fija para llevar a cabo el proceso de cribado, considerado como un proceso minero sumamente importante en la producción de material aluvial a raíz de la clasificación mecánica de tamaños que se logra con ello.

El traslado del material hacia la parte superior de la criba o zona de descarga depende de la demanda del material, y de la disponibilidad de los equipos mineros. En base a lo anterior, el

material se puede trasladar a la zona de descarga directamente desde el frente de explotación con el volquete HINO (Modelo 4041 - ZS1EPVA) o a su vez, se utilizará la cargadora frontal JCB (Modelo 436ZX) para depositar en la criba el material de interés acumulado temporalmente (Ver Fotografía 18), siendo esta ultima la forma más común del transporte del material hacia la criba fija.



Fotografía 18. Cargadora Frontal JCB (Modelo 436ZX)

Fuente: Autor, (2022)

Criba Fija

La criba fija (Ver Fotografía 19) se encuentra montada sobre una base de concreto en la parte inferior y un muro de gaviones como base en la parte superior. Está conformada por una sola plataforma y la malla de la misma la conforman varillas de acero para la separación de dos clases de materiales y es ahí donde radica la principal diferencia de las trituradoras o chancadoras, ya que estas últimas se encargan de acondicionar el material y la criba fija por su lado cumple con el papel de dimensionar el material de alimentación a la planta de trituración.



Fotografía 19. Criba Fija

Fuente: Autor, (2022)

Las especificaciones de clasificación de la criba fija en el área de estudio son retener el material mayor a 2 pulgadas (grava muy gruesa) y dar paso al material menor a 2 pulgadas (grava gruesa). El material pasante o menor a 2 pulgadas puede considerarse inicialmente como un producto, y de hecho es el material que mayormente se carga y transporta a los diferentes proyectos constructivos que ejecuta la empresa.

La cargadora frontal JCB (Modelo 436ZX) empleada en el transporte y descarga del material en la criba fija presenta las siguientes especificaciones técnicas:

Tabla 24. Especificaciones técnicas de la cargadora frontal JCB (Modelo 436ZX)

Especificaciones Técnicas de la Maquinaria			
Modelo	436ZX	Fabricante	JCB
Potencia	132 kW	Radio de Giro	5900 mm
		Velocidad de Desplazamiento	37.9 km/h
Consumo de Combustible	5.91	Capacidad (Volumen máximo de la Pala)	2.3 m ³ – (2.6 m ³)
Dimensiones:	Largo Total	Ancho Total	Alto Total
	7163 mm	2597 mm	3315 mm

Elaborado por: El autor, (2022)

6.8.7. Trituración (Planta de Trituración)

El material mayor a > 2” clasificado en la criba es apilado de forma temporal en una zona inmediata o próxima a la planta de trituración. La descarga del material en la tolva de gruesos se realiza en dependencia de la disponibilidad de los equipos mineros, pero preferencialmente se usa la cargadora frontal cargadora frontal JCB (Modelo 436ZX). Cuando las circunstancias operativas no lo permiten, el material a procesar se transporta y descarga con la ayuda de una retroexcavadora JCB (Modelo 3CX) (Ver Fotografía 20).



Fotografía 20. Retroexcavadora JCB (Modelo 3CX)

Fuente: Autor, (2022)

En la tabla 25 se presentan las características técnicas más relevantes de la retroexcavadora JCB (Modelo 3CX)

Tabla 25. Especificaciones técnicas de la Retroexcavadora JCB (Modelo 3CX)

Especificaciones Técnicas de la Maquinaria			
Modelo	3CX	Fabricante	JCB
Potencia	93.33 HP	Radio de Giro	9.6 m
Consumo de Combustible	4.4 L.	Velocidad de Desplazamiento	40 Km/h
No. Chasis:	7.2-19-001624	Capacidad (Balde Frontal – Cargado)	1.1 m ³
Dimensiones:	Largo Total	Ancho Total	Alto Total
	7.19 m	2.35 m	3.43 m

Elaborado por: El autor, (2022)

El procesamiento del material en la planta de trituración no se lleva a cabo de forma continua, sino que está en dependencia de la demanda de los proyectos que ejecute la empresa pública de vialidad Vialzachin E.P.

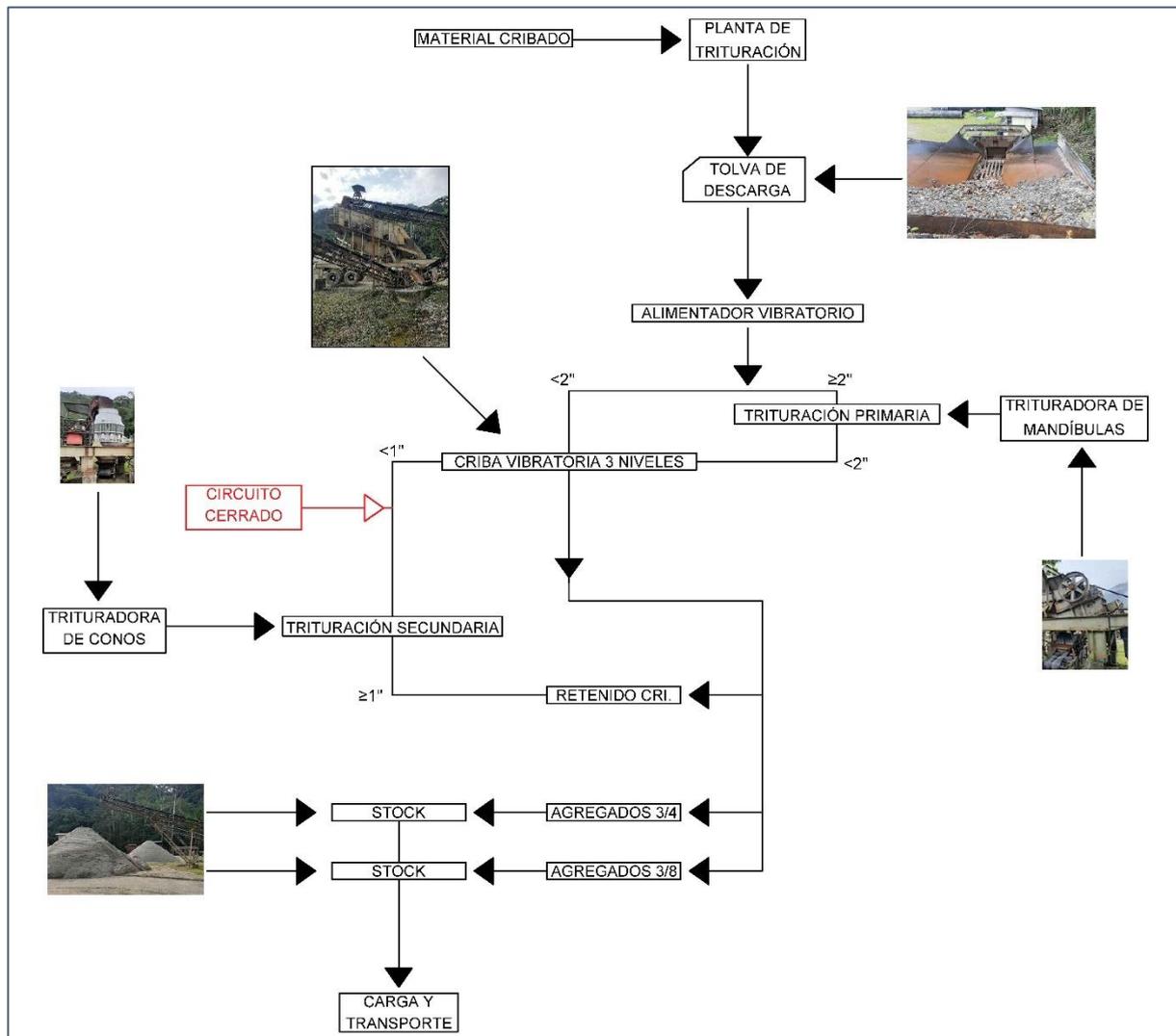
La Planta de Trituración (Ver Fotografía 21) con la que cuenta la empresa trabaja en circuito cerrado por lo que implica 2 etapas de trituración y aunque el diseño inicial con el que fue implementada permite lograr la obtención de 3 productos, en la actualidad solo se obtienen 2 productos cuyas granulometrías son 3/4” y 3/8”.



Fotografía 21. Planta de Trituración

Fuente: Autor, (2022)

A continuación, se presenta un esquema que resume el proceso de trituración:



Esquema 2. Proceso de Trituración y Productos obtenidos

Elaborado por: El autor, (2022)

6.8.7.1. Trituración Primaria

El proceso de trituración empieza con la colocación del material con la ayuda de cargadora frontal JCB (Modelo 436ZX) o la retroexcavadora JCB (Modelo 3CX) a través de la rampa de carga en la tolva de gruesos. A continuación, el material pasa por una criba mecánica que retiene los materiales mayores a 2 pulgadas ($> 2''$), los cuales se descargan a continuación en la trituradora de mandíbulas (Modelo CMJS 3020) con un motor de 100 HP.

El producto resultante de la trituradora de mandíbulas presenta un grado de reducción de 2, es decir debe presentar un acondicionamiento de tamaño inferior a las 2 pulgadas ($< 2''$). Luego el material resultante de la trituración primaria se une al pasante de la criba fija y a través de un alimentador vibratorio (Modelo 45090 AV) de 30 HP descargan el material en la banda

transportadora (Modelo 2018 TL), la cual a su vez es impulsada con un motor 2430 TL de Banda (Modelo 2430 TL) que se encarga de transportar el material hasta una criba Vibratoria de 3 niveles (Modelo 415 VTP) con un motor de 40 HP.

El primer nivel retiene los materiales de un tamaño mayor a 1 pulgada, y a través de una cinta transportadora (Modelo 2418 TL) es traslado a una segunda etapa de trituración. A pesar que la criba cuenta con tres niveles, en la actualidad la planta está ajustada mecánicamente para producir dos productos finales. Estos tamaños son: 3/4" y 3/8" de pulgada (Ver Fotografía 22).

6.8.7.2. Trituración Secundaria

En la segunda etapa de trituración, el grado de reducción es 3 veces y las labores de reducción de tamaño se las realiza a través de una trituradora de conos de 3 pies (Modelo MFG 900 097), la cual cuenta con un motor de 150 HP. El producto resultante de la trituración secundaria debe presentar un tamaño inferior a 1 pulgada (1") y con la ayuda de una banda transportadora el material recircula nuevamente a la criba vibratoria, logrando de esta manera una operación de circuito cerrado.



Fotografía 22. Productos Finales de la Trituración

Fuente: Autor, (2022)

En la tabla N° 26 se presentan todos los equipos que conforman la planta de trituración de la empresa pública de vialidad Vialzachin E.P.



Tabla 26. Equipos de la planta de Trituración

PLANTA DE TRITURACIÓN					
CANT.	DESCRIPCION	MARCA	MODELO	MOTOR	COLOR
1	Trituradora Primaria de Mandíbulas	CHYI MEANG MACHINERY	CMJS 3020	100 HP	Crema
1	Alimentador Vibratorio	INCOMAQ S.A	45090AV	30 HP	Crema
1	Trituradora Secundaria de Cono de Tres Pies	CHYI MEANG MACHINERY	MFG 900 097	150 HP	Crema
1	Zaranda o Criba Vibratoria	INCOMAQ S.A	415 VTP	40 HP	Crema
1	Estructura de la Banda Transportadora 30 mts 3 módulos	INCOMAQ S.A	2430		Rojo
1	Estructura de la Banda Transportadora 18 mts 2 módulos	INCOMAQ S.A	2418 TL		Rojo
1	Estructura de la Banda Transportadora 18 mts 8 módulos	INCOMAQ S.A	2018 TL		Rojo
1	Motor 2430 TL de la Banda Transportadora	DKDS	2430TL	708040	AZUL
1	Motor 2418 TL de la Banda Transportadora	DKDS	2418 TL	708034	GRIS
1	MOTOR 2018 TL de la Banda Transportadora	DKDS	2018 TL	708012	AZUL
1	MOTOR 2018 TL de la Banda Transportadora	WEG	2018 TL	7094	AZUL
1	MOTOR 2018 TL de la Banda Transportadora	DKDS	2018 TL	708014	GRIS
51	Rodillos de las Bandas Transportadoras de carga de 7.8 Cm.				
16	Rodillos de las Bandas Transportadoras de impacto de 7.8 Cm.				
8	Rodillos de las Bandas Transportadoras de impacto de 89 Cm.				
1	Tableros de Control de la Planta de Trituración	INCOMAQ S.A			Crema

Fuente: Equipo Técnico de Vialzachin E.P., (2019)

Elaborado por: El autor, (2022)

6.8.8. Stock de Material

Los productos de la planta de trituración se constituyen como el material comerciable (grava gruesa, grava media y grava fina). A estos productos se le adhiere un cuarto producto que es el material clasificado en la criba y que corresponde a grava muy gruesa. Todos estos productos

mediante la operación de cargadora frontal JCB (Modelo 436ZX) (Ver Fotografía 23) son sometidos a un estoqueo en los diferentes puntos de acopio.



Fotografía 23. Zonas de Stock de Material

Fuente: Autor, (2022)

6.8.9. Carga y Transporte

De igual manera se usa la cargadora frontal JCB (Modelo 436ZX) en las operaciones finales que corresponden al cargado del material explotado y triturado. El material es cargado (Ver Fotografía 24) en las volquetas HINO (Modelo 4041 - ZS1EPVA), las cuales son las responsables de transportar el material a los diferentes proyectos viales o civiles que ejecute la empresa pública de vialidad Vialzachin E.P.



Fotografía 24. Cargado y Transporte del material

Fuente: Autor, (2022)



6.9. Productos Finales

6.9.1. Grava muy gruesa (>2”)

El primero producto se obtiene en la primera fase de cribado inicial y su tamaño granulométrico corresponde a un valor mayor a las 2 pulgadas (>2”). Su área de stock se localiza entre la zona de cribado inicial y la rampa de carga de la planta de trituración con la finalidad de facilitar las operaciones de carga y descarga para el acondicionamiento mecánico del material (planta de trituración). La mayor utilización de las gravas muy gruesas corresponde al material de alimento de la planta de trituración.

6.9.2. Grava Gruesa (<2”)

Corresponde al material pasante en la etapa de cribado inicial por lo que su granulometría tiene un valor menor a las dos pulgadas (<2”). Su comercialización se limita al uso exclusivo del material en relación a los proyectos civiles que ejecuta Vialzachin E.P., que corresponde de forma exclusiva como la capa base de los pavimentos, la cual se constituye como una capa compactada consistente en materiales de procedencia natural o modificación mecánica previo a su uso en obra, cuyas propiedades son mejores que el material subrasante.

6.9.3. Grava (3/4”)

Conforma parte de los productos resultantes de la etapa de trituración. Su granulometría respectiva es de 19.05 mm (3/4”) por lo que de acuerdo a la connotación de Wentworth su denominación es “Grava Gruesa”. Su uso principal o forma de comercialización específica es como agregado grueso (40%) o menor proporción en la conformación de la capa asfáltica, es decir que el producto se traslada a la planta de asfaltos con la que cuenta la empresa para la producción de los asfaltos.

6.9.4. Grava Media (3/8”)

Es el segundo producto logrado a través del acondicionamiento mecánico o proceso de trituración, obteniendo un material con un tamaño de 9.5 mm (3/8”). Al igual que las gravas gruesas conforma o se destina a la preparación del pavimento asfáltico en la planta de asfaltos con la marcada diferencia de que este material corresponde a la fracción fina de la mezcla por lo que su proporción es mayor (60%).

Dentro de los productos logrados en el área minera (cribado y trituración) vale recalcar que el uso de estos materiales descritos depende de los convenios internos que maneja la empresa pública de vialidad Vialzachin E.P. Otro aspecto destacable en relación a los productos



obtenidos en el área, es que la planta de trituración cuenta con un diseño para lograr un tercer producto denominado “arena de trituración” con un tamaño granulométrico de 6.35 mm (1/4”), pero no se lleva a cabo su producción en la actualidad debido a una escasa demanda del mismo.

6.10. Infraestructura

Además de las zonas de explotación, zona de cribado, planta de trituración y áreas de stock, en el área minera se localizan un grupo de instalaciones y áreas de trabajo fuera de la superficie concesionada propiedad de la empresa Vialzachin E.P. A continuación, se presentan las infraestructuras y áreas de trabajo con las que cuenta la empresa:

6.10.1. Área de Mecánica

El área de mecánica (Ver Fotografía 25) cuenta con todos los equipos y herramientas necesarias para realizar las reparaciones no solo de la maquinaria de explotación del material aluvial, sino también de los equipos de vialidad, al igual que de las plantas de trituración y asfaltos. Visualmente presenta un buen estado y los materiales constructivos de esta área son principalmente de acero por la cubierta y concreto por el piso de la infraestructura en cuestión. La principal situación de desventaja en esta área de trabajo es tener un espacio limitado, el cual es de 169 m².



Fotografía 25. Área de Mecánica

Fuente: Autor, (2022)

6.10.2. Oficinas (Administrativo)

Estas instalaciones fueron recientemente reinauguradas (Ver Fotografía 26) tras la culminación de los trabajos constructivos en la segunda planta. En dicho predio se sitúa la planta administrativa en torno a la gerencia, biblioteca, equipo técnico y talento humano. La infraestructura ocupa un área de 309.39 m² y los materiales constructivos empleados son de

concreto, vidrio y madera. Tras haber sido readecuada y reinaugurada puede referirse que el estado de la infraestructura es bueno.



Fotografía 26. Oficina Administrativa de la Empresa Pública Vialzachin E.P

Fuente: GAD Provincial de Zamora Chinchipe, (2021)

6.10.3. Laboratorio de Suelos

El laboratorio de suelos (Ver Fotografía 27) está equipado con herramientas, espacios, equipos e insumos para realizar ensayos de asfaltos, hormigones y suelos. Está ubicado en la planta baja de las oficinas administrativas y ocupa un área de 221 m². El laboratorio conforma una parte importante en todo y cada uno de los proyectos de ingeniería que ejecuta la empresa pública ya que en sus instalaciones se realizan ensayos y pruebas para determinar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en la construcción de obras civiles y proyectos viales. Entre los ensayos que se desarrollan con más frecuencia destacan la clasificación granulométrica, la resistencia a la abrasión, límites (plástico y líquido), contenido de asfaltos, resistencia de los hormigones, entre otros.



Fotografía 27. Laboratorio de suelos, hormigones y asfaltos

Fuente: Autor, (2022)

6.10.4. Bodega de Desechos Peligrosos

La bodega de desechos (Ver Fotografía 28) tiene como finalidad lograr un manejo adecuado de los residuos peligrosos y a través de esta infraestructura se facilita la toma de decisiones con respeto a la generación, almacenamiento, transporte y destino o tratamiento final de los residuos sin provocar impactos negativos al medio ambiente. La infraestructura cuenta con área de 45.48 m², presenta un buen estado y no requiere un mantenimiento. Por otro lado, los materiales constructivos son hierro y cubierta de zinc. Se encuentra junto a una de las zonas de stock de los materiales pétreos y un poco cercana al área de mecánica y los hangares de maquinaria pesada.



Fotografía 28. Bodega de desechos peligrosos
Fuente: Autor, (2022)

6.10.5. Baños

Los baños (Ver Fotografía 29) se sitúan junto a la criba fija, lo que implica estar sumamente alejada tanto del área administrativa como de las oficinas de medio ambiente y vestidores; presenta un estado regular, el material constructivo es de concreto, ocupa un área de 20.21 m² y precisa de un mantenimiento. Esta infraestructura es mayormente utilizada por personas particulares a la empresa.



Fotografía 29. Baños
Fuente: Autor, (2022)

6.10.6. Bodegas

En la empresa están instaladas 2 bodegas, ubicadas de forma continua pero destinadas al almacenamiento de distintos materiales. El estado conservación de las 2 bodegas es totalmente diferenciado. La bodega 1 (Ver Fotografía 30) posee una superficie de 22.47 m²; presenta un buen estado y los materiales constructivos son de acero y las paredes de la misma han sido improvisadas con hojas de zinc empleados un estado. En esta bodega se almacenan los repuestos de la maquinaria, las piezas defectuosas y ciertos equipos del laboratorio de suelos.



Fotografía 30. Bodega 1

Fuente: Autor, (2022)

Por otra parte, la bodega 2 (Ver Fotografía 31) denota un evidente y total abandono, además de estar cubierta parcialmente de maleza en su parte posterior; posee un área 45.38m², presenta un mal estado por lo que requiere un mantenimiento total. Sus materiales constructivos son madera, concreto y zinc. En esta bodega se almacenan madera (tiras, tablas y mesas), carretillas, señalización vial y neumáticos usados.



Fotografía 31. Bodega 2

Fuente: Autor, (2022)

6.10.7. Planta de Asfalto

Una de las áreas de trabajo más representativas con las que cuenta la empresa Vialzachin E.P., es la planta de asfalto. Esta instalación cuenta con un área de 973.50 m². A lo largo de su vida operativa se han realizado mejoras en su infraestructura en lo que respecta principalmente a la colocación de cubiertas. En cuanto a su caracterización presenta un buen estado, no requiere de mantenimiento y son múltiples los materiales constructivos (acero, hormigón, zinc, hierro y termoplásticos). La planta se encuentra operativa desde el 2011 con el propósito de fortalecer la planificación, construcción y mantenimiento del sistema vial provincial.



Fotografía 32. Planta de Asfalto

Fuente: Autor, (2022)

6.10.8. Oficina de Ambiente y Vestidores

Una segunda infraestructura relacionada a la parte administrativa se presenta en la Fotografía 33, en donde se encuentra el personal técnico responsable del departamento de salud y seguridad ocupacional. En la planta baja se dispone de vestidores para el equipamiento de personas particulares a la empresa. La infraestructura presenta un estado regular, por lo que requiere de mantenimiento en la segunda planta, además ocupa un área de 124.02 m². Sus materiales constructivos tratan de concreto, hierro, cubierta de zinc y material cerámico.

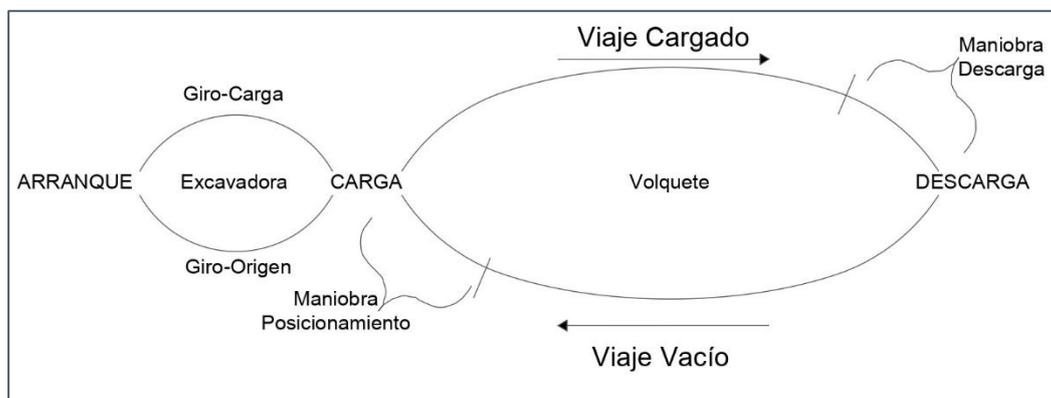


Fotografía 33. Oficinas de Medio Ambiente y Seguridad Ocupacional

Fuente: Autor, (2022)

6.11. Ciclo de Producción de Actual

El ciclo de producción consiste en el tiempo que se invierte en desarrollar el arranque de material desde el frente de explotación hasta su acopio en los diferentes patios de stock. El tiempo de producción está conformado por dos clases; la primera la integran los tiempos que tienen una duración relativamente constante (tiempo fijo) como el cargar, descargar y cambio de posición o maniobras, en tanto que la segunda clase, la conforman los tiempos variables (tiempo variable) que guardan relación con las actividades de acarreo, transporte de ida y de regreso en donde se considera la influencia de la distancia y velocidad. Generalmente el tiempo de producción depende en gran medida del sistema de transporte que se usa y en el sistema de explotación actual se emplea un sistema de transporte discontinuo ya que el material se mueve en grandes cantidades a través de volquetes.



Esquema 3. Ciclo de producción o trabajo

Fuente: Espinosa Rodríguez, (2019)

Elaborado por: El autor, (2022)

Para establecer la producción diaria se efectuó el registro de los diversos tiempos de producción conforme a la matriz de registro (Ver Anexo 12) y mediante el uso de lápiz y cronómetro por un lapso de tres semanas, periodo durante el cual se registraron 9 jornadas de trabajo, cuyas fechas se detallan a continuación:

- **Jornada 1:** 30 de agosto de 2021 (Ver Anexo 12 – Ficha 12)
- **Jornada 2:** 31 de agosto de 2021 (Ver Anexo 12 – Ficha 13)
- **Jornada 3:** 01 de septiembre de 2021 (Ver Anexo 12 – Ficha 14)
- **Jornada 4:** 06 de septiembre de 2021 (Ver Anexo 12 – Ficha 15)
- **Jornada 5:** 07 de septiembre de 2021 (Ver Anexo 12 – Ficha 16)
- **Jornada 6:** 08 de septiembre de 2021 (Ver Anexo 12 – Ficha 17)
- **Jornada 7:** 13 de septiembre de 2021 (Ver Anexo 12 – Ficha 18)



- **Jornada 8:** 14 de septiembre de 2021 (Ver Anexo 12 – Ficha 19)
- **Jornada 9:** 15 de septiembre de 2021 (Ver Anexo 12 – Ficha 20)

En cada jornada se laboraba dura un horario aproximado de 8 horas, resumido de la siguiente manera: se inicia a las 8:00 am con el desarrollo de la limpieza, encendido, engrasado y traslado al frente de explotación de la maquinaria en un tiempo estimado de una hora. Posterior a ello, se realizan los procesos de extracción, carga, transporte, clasificación y stock de los materiales hasta las 12:00 del mediodía. Una hora es el tiempo establecido para que los trabajadores y operarios se sirvan el almuerzo, por lo que a la 13:00 pm se retoman las actividades laborales hasta las 16:30, otorgando un tiempo aproximado de media hora para el resguardo de la maquinaria en lugares seguros (habitualmente en el ingreso al área minera).

6.11.1. Producción Diaria

El registro de los tiempos de producción (Ver Anexo 12) efectuado durante tres semanas permitió la consecución de 9 jornadas de trabajo cuyos promedios se describen en la siguiente tabla:

Tabla 27. Registro de tiempos de producción por jornadas de trabajo

Promedio de producción por Jornada de Trabajo										
Jornadas de Trabajo LABOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	PROMEDIO
Carga	4.02	4.16	4.12	4.12	4.11	4.11	4.10	4.10	4.12	4.11
Viaje IDA	6.25	6.32	6.32	6.32	6.30	6.25	6.23	6.25	6.31	6.28
Giro y Posicionamiento, Descarga	1.75	2.08	2.06	2.01	1.76	1.86	1.86	1.96	1.80	1.90
Viaje Regreso	5.38	5.44	5.40	5.38	5.40	5.38	5.35	5.35	5.40	5.39
Posicionamiento para Carga	0.39	0.46	0.41	0.43	0.42	0.40	0.41	0.43	0.39	0.42
TOTAL - JORNADA (min)	17.79	18.45	18.30	18.27	17.98	17.99	17.95	18.09	18.02	18.09
CICLO PROMEDIO (min)										18.09

Elaborado por: El autor, (2022)

Los resultados finales obtenidos durante estas 9 jornadas, son el registro de un número total de 90 ciclos de trabajo y un tiempo promedio por ciclo de trabajo de 18.09 minutos. Este dato corresponde a un valor promedio.

La determinación del número de ciclos por hora de trabajo se obtiene a partir de la aplicación de la ecuación (3) de la página 35:

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{60 \text{ min.}}{t(\text{ciclo}) \text{ min.}} = \frac{3600 \text{ seg.}}{t(\text{ciclo}) \text{ seg.}} \quad (3)$$

$$\text{Ciclos por hora} = \frac{3600 \text{ seg.}}{t(1085.4) \text{ seg.}}$$

$$\text{Ciclos por hora} = 3.3167 \approx 3$$

Se establece entonces que, para un tiempo promedio por ciclo de trabajo (Ver Figura 18) de 18.09 minutos, durante una hora de trabajo se pueden efectuar 3 ciclos de trabajo.

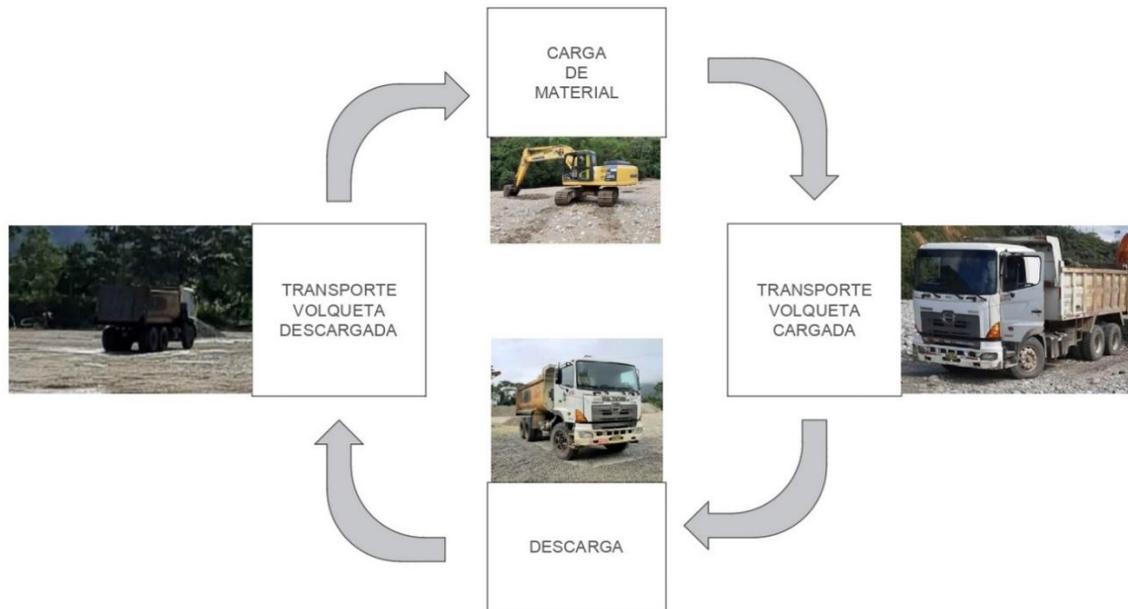


Figura 18. Ciclo de producción de Vialzachin E.P.

Elaborado por: El autor, (2022)

6.11.2. Rendimiento de maquinaria

La estimación y análisis del rendimiento de la maquinaria se realiza en función de la maquinaria disponible en el área de explotación. Para efectuar dichos cálculos se consideró los datos de campo, criterios o valores teóricos y coeficientes correspondientes a las ecuaciones que permitan establecer el rendimiento teórico (ecuación 4) y rendimiento real (ecuación 5) de las distintas maquinarias.

6.11.2.1. Rendimiento de la maquinaria de arranque y carga

El rendimiento de la excavadora se obtiene a partir de factores en relación al tipo de terreno, la eficacia de la máquina, eficacia del llenado del cucharón, la eficiencia de la operación en general, entre otros, los cuales se integran en las ecuaciones (4) y (5).



▪ **Rendimiento teórico de la excavadora**

El rendimiento teórico de la excavadora **KOMATSU PC200LC-8** se estimó acorde a los factores detallados en la tabla 28.

Tabla 28. Ecuación y coeficientes de rendimiento teórico de la retroexcavadora

$R_T = \frac{V_c * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{T_c}; m^3/h$		
R_T	Rendimiento teórico de la retroexcavadora	
3600	Constante acerca de los segundos que posee una hora	
V_c	Capacidad de la cuchara medida en metros cúbicos: 1 m³	
Fe	Factor de eficacia de la máquina que varía entre 70% y 80%: 75%	
Fe'	El factor de eficacia de la cuchara, que depende de la clase de terreno y cuyos valor se toma de la siguiente tabla: 0.85	
Tipo de Terreno		Coefficiente
Flojo		0.90 – 1.0
Medio		0.80 – 0.90
Duro		0.50 – 0.80
Ct	Coeficiente de transformación según el material que va a ser transportado por la máquina, sea este esponjado o compacto y cuyos valores se obtiene de la tabla que se presenta a continuación: 1.10	
Clase de Terreno	Material Esponjado	Material Compactado
Tierra	1.25	0.90
Arcilla	1.40	0.90
Arena / grava	1.10	0.95
T_c	Tiempo de duración del ciclo en segundos. En dependencia del tipo de terreno, el tiempo del ciclo con rotación de 90° se puede obtener teóricamente, pero con la finalidad de tener una mayor exactitud en la obtención de los resultados se utilizó los datos obtenidos en campo, considerando a partir de ello un tiempo de duración del ciclo para la excavadora de: 21 segundos	
Fuente: Chiriboga Fernández, Pillasagua Carrera, & Baquerizo, (2010)		
* Los valores subrayados se seleccionaron en función del tipo de terreno que actualmente se explota.		

Elaborado por: El autor, (2022)

Reemplazando los valores y coeficientes en la ecuación (4), se obtiene el rendimiento teórico de la excavadora:

$$R_T = \frac{V_c * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{T_c} = m^3/h \quad (4)$$

$$R_T = \frac{1 * 3600 * 0.75 * 0.85 * 1.10}{21}$$

$$R_T = \frac{1 * 3600 * 0.75 * 0.85 * 1.10}{21} = \frac{2524.5}{21} = 120.21 m^3/h$$



El resultado nos permite establecer que la excavadora **KOMATSU PC200LC-8** presenta un rendimiento teórico de 120.21 metros cúbicos por hora de trabajo.

▪ **Rendimiento real de la excavadora**

Partiendo de la consideración sobre la cual los trabajos no se realizan durante los 60 minutos, sino por el contrario si tiene ciertos imprevisto o pausas, se ajusta el rendimiento teórico con un valor correspondiente al factor de eficiencia de la operación (E_g) en 50 minutos o 0.83 horas. Para obtener el rendimiento real se aplica la ecuación (5):

$$R_R = R_T * E_g ; m^3/h \quad (19)$$

$$R_R = 120.21 m^3/h * 0.83$$

$$R_R = 99.77 m^3/h$$

La excavadora Komatsu modelo PC200LC-8 de 1 m³ de capacidad presenta un rendimiento real de 99.77m³ por hora de trabajo.

▪ **Ciclos de trabajo (cargado por hora)**

Los ciclos de cargado se relacionan con el número de cucharones efectuados por la excavadora en llevar a cabo la extracción y carga del material. El cálculo de este valor, está dado por la ecuación (6).

$$C_c = \frac{60 \text{ min}}{T_c} ; \text{ ciclos / hora} \quad (20)$$

Donde:

C_c = son los ciclos ejecutados en una hora (60 min.)

T_c = es el tiempo del ciclo de cargado (0.35 min = 21 s)

$$C_c = \frac{60 \text{ min}}{0.35 \text{ min}}$$

$$C_c = 171.43 \approx \mathbf{171 \text{ ciclos/hora}}$$

El resultado para el ciclo de cargado efectuado por la excavadora es de 171 ciclos por hora.

▪ **Ciclo Efectivo de Trabajo**

El ciclo efectivo de trabajo corresponde a un parámetro vinculado a la eficiencia de las operaciones que se desarrollan en el área minera, para lo cual se consideran variables como la



eficiencia del operador, la eficiencia del cucharón y la eficiencia general de la operación, cuyos rangos y valores se describen en la siguiente tabla:

Tabla 29. Datos para el cálculo de los ciclos efectivos

Símbolo	Descripción	Rango	Valor
Cc	Ciclos de Carga	171.43	171
Eo	Eficiencia del operador	80% - 90%	0.85
Ec	Eficiencia del Cucharón	80% - 90%	0.85
Eg	Eficiencia de la operación en general		0.83

Elaborado por: El autor, (2022)

Con estos valores se procedió a establecer el número de ciclos efectivos en base a la ecuación (7):

$$Ce = Cc * Eo * Ec * Eg \quad (7)$$

$$Ce = 171 * 0.85 * 0.95 * 0.83$$

$$Ce = 114.61 \approx \mathbf{115 \text{ ciclos efectivos / hora}}$$

El resultado establece que la excavadora puede llevar a cabo 115 ciclos efectivos por hora, los cuales se ven notablemente influenciados por las condiciones actuales como lo son el equipo utilizado y las condiciones del terreno.

▪ **Numero de paladas necesarias para cargar el equipo de transporte**

Este parámetro corresponde al cálculo del número de paladas necesarias para el llenado de un volumen vacío en específico. A razón de que en el área minera se usa una volqueta con capacidad de 12 m³ (Ver tabla 22), el cálculo estará dado en función de esa capacidad y a partir de ello se empleó la ecuación 8.

$$N_p = \frac{Q_v}{Q_c * E_c} \quad (21)$$

Donde:

Q_v= Capacidad de la volqueta (12 m³)

Q_c= Capacidad del cucharón cargador (1 m³)

E_c= Eficiencia cucharón (90% - 100%) = 0.95

$$N_p = \frac{12 \text{ m}^3}{1 \text{ m}^3 * 0.95}$$

$$N_p = 12.63 = \mathbf{13}$$



El número de paladas para el llenado de un volquete de 12m³ de capacidad, es 13, valor influenciado por la capacidad del cucharón cargador de la excavadora que es de 1m³.

6.11.2.2. Rendimiento de la maquinaria de acopio

▪ Rendimiento teórico de la cargadora frontal

El rendimiento teórico de la cargadora frontal **JCB 436ZX**, se determinó en base a los criterios descritos en la siguiente tabla:

Tabla 30. Ecuación y coeficientes de rendimiento teórico de la cargadora frontal

$R_T = \frac{V_c * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{T_c}; m^3/h$		
R_T	Rendimiento teórico de la cargadora frontal	
3600	Constante acerca de los segundos que posee una hora	
V_c	Capacidad de la cuchara medida en metros cúbicos: 2.3 m³	
Fe	Factor de eficacia de la máquina que varía entre 70% y 80%: 75%	
Fe'	El factor de eficacia de la cuchara, que depende de la clase de terreno y cuyos valor se toma de la siguiente tabla: 0.95	
Tipo de Terreno		Coefficiente
Flojo		0.90 – 1.0
Medio		0.80 – 0.90
Duro		0.50 – 0.80
Ct	Coeficiente de transformación según el material que va a ser transportado por la máquina, sea este esponjado o compacto y cuyos valores se obtiene de la tabla que se presenta a continuación: 1.10	
Clase de Terreno		Material Esponjado
Tierra		1.25
Arcilla		1.40
Arena / grava		1.10
Material Compactado		0.90
T_c		0.90
Tiempo de duración del ciclo en segundos. Este dato se obtuvo en campo, logrando establecer un tiempo de duración del ciclo para la cargadora frontal de: 40 segundos		
Fuente: Chiriboga Fernández, Pillasagua Carrera, & Baquerizo, (2010)		
* Los valores subrayados se seleccionaron en función de las condiciones y del tipo de terreno que actualmente se explota.		

Elaborado por: El autor, (2022)

Integrando los valores anteriores a la ecuación (4), se estableció el rendimiento teórico de la cargadora frontal:



$$R_T = \frac{V_c * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{T_c} = m^3/h \quad (4)$$

$$R_T = \frac{2.3 * 3600 * 0.75 * 0.95 * 1.10}{52}$$

$$R_T = \frac{2.3 * 3600 * 0.75 * 0.95 * 1.10}{40} = 162.23 \text{ m}^3/h$$

La cargadora frontal **JCB 436ZX** presenta un rendimiento teórico de 162.23 metros cúbicos por hora de trabajo.

▪ **Rendimiento real de la cargadora frontal**

El valor correspondiente al rendimiento teórico de la cargadora frontal, se ajustó con el factor de eficiencia de la operación (0.83), ya que no se trabaja los 60 minutos por hora, y con ello se estimó el rendimiento real de la cargadora frontal acorde a la ecuación (5):

$$R_R = R_T * E_g ; m^3/h \quad (5)$$

$$R_R = 162.23 \text{ m}^3/h * 0.83$$

$$R_R = 134.66 \text{ m}^3/h$$

La cargadora frontal JCB modelo 436ZX con una capacidad promedio de 2.3 m³ (volumen mínimo de pala) presenta un rendimiento real de 134.66 m³ por hora de trabajo.

6.11.2.3. Rendimiento de la maquinaria de acarreo

▪ **Rendimiento teórico de los volquetes**

El rendimiento teórico de la volqueta **HINO 4041 – ZS1EPVA** se determinó en base a los parámetros detallados en la siguiente tabla:

Tabla 31. Ecuación y coeficientes de rendimiento teórico de la volqueta

$R_T = \frac{V_c * 60 * Fe}{T_c * E_c} ; m^3/h$	
R_T	Rendimiento teórico de la volqueta.
60	Minutos que posee una hora.
V_c	Capacidad de la caja metros cúbicos: 12 m³
Fe	Factor de eficacia de la capacidad de la máquina y está en función de la experiencia del conductor, estado de la misma, tipo de material a transportar y estado del terreno. Este factor varía entre 70% y 80%: 75%
T_c	Tiempo de duración del ciclo en segundos. Este parámetro corresponde a la suma del tiempo fijo (carga, descarga y maniobra), y del tiempo variable (ida y regreso), el cual se obtuvo en campo durante el registro de los tiempos de producción durante tres semanas, logrando como resultado un tiempo promedio de: 18.09 minutos.



Ec	Factor de esponjamiento (arena - grava): 1.10
Fuente: Chiriboga Fernández, Pillasagua Carrera, & Baquerizo, (2010)	
* Los valores subrayados se seleccionaron en función de las condiciones y del tipo de terreno que actualmente se explota.	

Elaborado por: El autor, (2022)

Se determinó el rendimiento teórico de la volqueta mediante la integración de los datos anteriores en la ecuación 9.

$$R_T = \frac{V_c * 60 * Fe}{T_c * Ec} = m^3/h \quad (22)$$

$$R_T = \frac{12 * 60 * 0.75}{18.09 * 1.10}$$

$$R_T = 27.14 \text{ m}^3/h$$

El resultado obtenido muestra que volqueta de 12m³ posee un rendimiento teórico de 27.14 metros cúbicos por hora de trabajo.

▪ Rendimiento real de los volquetes

Posteriormente se ajustó el valor del rendimiento teórico de la volqueta con el valor de 0.83 (Eg = 0.83 Horas), ya que no se trabaja los 60 minutos por hora, estimando el valor del rendimiento real mediante la ecuación 5.

$$R_R = R_T * Eg; \text{ m}^3/h \quad (5)$$

$$R_R = 27.14 \text{ m}^3/h * 0.83$$

$$R_R = 22.53 \text{ m}^3/h$$

La volqueta HINO modelo **4041 – ZS1EPVA** con una capacidad de 12 m³ presenta un rendimiento real de 22.53 m³ por hora de trabajo.

Tabla 32. Resumen de los Rendimientos Teóricos y Reales de la Maquinaria

Tipo de Maquinaria	Marca	Modelo	Capacidad	Rendimiento Teórico	Rendimiento Teórico
Excavadora	KOMATSU	PC200LC-8	1m ³	120.21 m ³ /h	99.77 m ³ /h
Cargadora Frontal	JCB	436ZX	2.3m ³	162.23 m ³ /h	134.66 m ³ /h
Volquete	HINO	4041 – ZS1EPVA	12m ³	27.14 m ³ /h	22.53 m ³ /h

Elaborado por: El autor, (2022)



6.11.2.4. Producción total promedio por jornada de trabajo

Los cálculos de producción se efectuaron a partir del rendimiento real de la volqueta (Ver Tabla 31), ya que se constituye como el equipo minero que interviene prácticamente y de forma directa en todo el ciclo de carga y acarreo del material. Es por ello que en la determinación de la producción total por horas de trabajo se relacionan los parámetros como el rendimiento real, el número de volquetes y las horas de trabajo diario. La producción total promedio diaria o producción promedio por jornada de trabajo se estimó a través de la aplicación de la ecuación 10.

$$P_p = R_R * N_v * J_t ; m^3/día \quad (23)$$

Donde:

P_p= Producción Total Promedio por jornada de trabajo (Producción Diaria)

R_r= Rendimiento real del equipo de transporte

N_v= Número de volquetas

J_t= Horas de trabajo

$$P_p = 22.53 \text{ m}^3/\text{h} * 1 * 8 \text{ h/día}$$

$$P_p = 180.21 \text{ m}^3/\text{día}$$

El resultado obtenido es una producción total promedio en las condiciones actuales de 180.21 m³ por día, tomando en consideración las 8 horas de trabajo diario.

6.12. Potencial Minero del Depósito

Un aspecto de relevancia en el área minera, trata sobre la relación que se produce entre la cantidad de material explotable con la vida útil del área minera. En base a lo anterior, la estimación del tiempo de vida útil del área minera integra una serie de parámetros donde se incluyen el volumen de recursos medidos, los días hábiles de trabajo y la producción diaria.

La estimación del volumen del material explotable o valor de los recursos medidos cuyo procedimiento se especifica en el apartado 6.6.1 (Ver Página 92) resultando en un volumen de 59280.91 m³ de material de interés, se relaciona con la producción diaria establecida en 180.21 m³ cuya metodología se describe en el apartado 6.11.2.4. (Ver Página 123). Los valores anteriores se relacionan a su vez con los días hábiles de trabajo en un año determinado en un valor de 117, con la finalidad de establecer el tiempo de vida útil del proyecto mediante la ecuación (11):



$$T \text{ (vida útil)} = \frac{V \text{ (reservas medidas)}}{D \times Pp} ; \text{ años} \quad (11)$$

Donde:

T= Tiempo de vida útil de la cantera, años

V= Volumen de reservas medidas de material pétreo en el depósito ("59280.91 m³)

D= Días hábiles en el año descontando feriados, sábados y domingos (117 días)

Pp= Producción diaria (180.21 m³/día)

$$T \text{ (vida útil)} = \frac{59280.91 \text{ m}^3}{117 * 180.21 \text{ m}^3} ; \text{ años}$$

$$T \text{ (vida útil)} = 2.81 \text{ años} \approx 3 \text{ años}$$

El resultado final es que el depósito tiene un tiempo de vida útil de **2 años y 9 meses** aproximadamente (2.81 años). Este tiempo se establece como una proyección minera en base al volumen de material explotable y el nivel de producción del área, y dado que se trata de una área de libre aprovechamiento, las áreas de explotación están sujetas a un continuo proceso de recarga de sus recursos de acuerdo al arrastre que tengan tanto el río Yacuambi como el río Zamora, de las precipitaciones y erosión que se den en la zona, los cuales prácticamente no tendrían fecha de fin y la explotación de los agregados se extiende más allá del tiempo definido anteriormente.

6.12.1. Cantidad actual de productos obtenidos diariamente

La producción diaria acorde a las expresiones matemáticas anteriores es de 180.21 m³ y con base en la granulometría presente en el depósito, se presenta en la siguiente tabla (Ver Tabla 33) el porcentaje y el metraje de los productos obtenidos en los procesos de cribado y trituración.

Tabla 33. Porcentaje y Metraje de los productos obtenidos en el área minera

Productos Frente N° 1			
Descripción	Granulometría (pulgada)	Porcentaje de Producción (%)	Metraje o Volumen (m3)
Grava muy gruesa	> 2 pulg.	2%	3.6042
Grava Gruesa	< 2 pulg.	98%	176.6058
Total		100%	180.21 m ³ /día
Productos Frente N° 2			
Grava muy gruesa	> 2 pulg.	4%	7.2048
Grava Gruesa	< 2 pulg.	96%	173.0016
Total		100%	180.21 m ³ /día

Elaborado por: El autor, (2022)



La producción según las expresiones matemáticas proyecta un volumen de 180.21 metros cúbicos a diario, lo cual representa un consumo anual de 27559.20 metros cúbicos. En virtud de que el área minera es administrada por una entidad pública ligada al GAD Provincial de Zamora Chinchipe, su enfoque principal no es tener una tasa alta de réditos económicos sino por el contrario, la provisión de materiales pétreos se direcciona en lograr un alta rentabilidad en el sector social, y al efectuar una comparación entra la producción diaria en las condiciones actuales con las expectativas diarias que se busca lograr en el área minera la producción es mínimamente inferior, ya que se aproxima a la meta de 200 metros cúbicos.

Un incremento en la producción de áridos y pétreos es necesaria y fijada en torno a un análisis técnico más allá del enfoque económico, ya que desde este último la demanda de materiales pétreos en la zona es elevada; pero si consideramos la rentabilidad social, la demanda de los materiales áridos y pétreos es aún mayor a razón de que los proyectos viales y obras civiles que ejecuta Vialzachin E.P. son de gran magnitud, además de la importancia que significaría contar con una gran cantidad de materiales en la zona de stock, en virtud de poder solventar posibles eventualidades cuando las actividades extractivas se limiten en épocas donde la tasa de precipitación sea prolongada y de gran intensidad.

Lograr incrementar la producción del material de interés más allá de los 180.21 metros cúbicos, representaría llevar a cabo una explotación y ritmo de extracción sumamente provechosa. Además de ello, las actividades de procesamiento del material extraído del lecho del río para la obtención de agregados, como la clasificación por gravimetría mediante el empleo de una criba fija, y la trituración de los agregados a través de una planta trituradora cuentan con las capacidades suficientes para extraer un volumen superior. Al aumentar las tasas de producción se logrará llevar a cabo un mejor aprovechamiento de la maquinaria de arranque, carga, transporte y los recursos que puedan ser explotados.

6.13. Optimización de las operaciones de explotación

6.13.1. Elección del sistema de explotación

Tras culminar el análisis de todas y cada una de las características del área minera donde se realizan las actividades extractivas actualmente, a continuación, se enuncian los criterios que brindan la posibilidad de elegir el sistema de explotación más óptimo, que cumpla con los requerimientos técnico-económicos, y lograr a partir de ello un aumento en la producción a través del mejoramiento de las condiciones de trabajo y un potenciamiento de las operaciones de la maquinaria actual:



- Todas las áreas definidas como frentes de explotación poseen una altura media de 2 metros y una superficie bien definida.
- Basado en la topografía realizada, las terrazas presentan un bajo grado de inclinación, el mismo que oscila entre 3° y 5°.
- De acuerdo con la geología, los flancos norte y sur están compuestas de material volcánico que característicamente presenta una alta resistencia permitiendo la acumulación y extensión del material aluvial en los flancos este y oeste.
- Desde el punto de vista hidrográfico y geomorfológico, el material sedimentario del área está relacionado con la parte alta y media de la subcuencas de los ríos Zamora y Yacuambi, que recibe el aporte de varios sistemas de drenaje.
- La vegetación circundante en los frentes de explotación es escasa y mayormente de tipo arbustiva.

En base a los criterios antes expuestos, a continuación, se describen tres sistemas de explotación capaces de mejorar el rendimiento y capacidad de extraer los materiales áridos y pétreos que pueden ser objeto de aplicabilidad en el área minera perteneciente a la empresa Vialzachin E.P.

6.13.1.1. Sistema de explotación mediante extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador

Este método consiste en la explotación de áridos mediante el empleo de maquinaria como palas frontales o retroexcavadoras, realizando la excavación de tajos o fosas paralelas al eje del río, donde además acontece de forma cíclica, el depósito de nuevos sedimentos de áridos. Generalmente este sistema va combinado con un procedimiento de transporte del material extraído a la planta de procesamiento, que puede ser por cargue directo o mediante el transporte en volquetas.

Característicamente se usa en zona seca del cauce o donde la profundidad sea menor, trabajando de manera parcial bajo agua y por ello se caracteriza como un sistema sumamente eficiente por los elevados rendimientos volumétricos por unidad de tiempo que se logran.

El diseño y número de los tajos o fosas se relaciona en gran medida con la geometría y caudal que posee el río, con una profundidad de excavación por encima de la línea del thalweg. La extracción del material mediante este sistema se lo realiza de la siguiente manera: se inicia con el destape y preparación del área del tajo (desbroce de la vegetación y remoción de estériles); descubierto el depósito, se excava los tajos (separados a una distancia de 5 a 50 metros) con



maquinaria hidráulica y se extrae el material directamente, ejecutando una doble función de arranque y carga con avance en frente único y en secuencia lateral. Para extraer el material se debe contar como maquinaria como retroexcavadoras o excavadoras para el arranque y carguío del material, así como volquetas y una de red de caminos paralelos a la excavación para el transporte del mismo.

6.13.1.2. Sistema de explotación mediante Diques Transversales

Es un sistema de explotación que consiste en la conformación o construcción de diques (madera, gaviones o concreto) orientados en sentido perpendicular a la corriente del río y con una separación que permita la posibilidad de retener el material conducido por la corriente.

Las principales características de este sistema son una óptima producción de materiales a partir de una mínima utilización de recursos económicos y una buena armonía con el medio ambiente. En el mejor de los casos, este sistema puede generar impactos ambientales positivos como por ejemplo la mejora del cauce del río o el lograr la estabilidad de las laderas del río.

Este sistema precisa el empleo de equipos y maquinaria de operación como excavadoras o retroexcavadoras para el arranque y carguío, volquetas para el transporte y herramientas manuales; las capacidades de estos equipos dependen de las condiciones geométricas del cauce, tomando relevancia la información topográfica del área o zona a explotar.

El diseño y construcción de los diques obedece a las dimensiones y características del río, su caudal y la información geológica y datos topográficos de la zona. La ejecución de este sistema consiste en la colocación de una línea de rocas de sobre-tamaños en dirección perpendicular a la corriente del río con la finalidad de retener el material conducido por la corriente y extraerlo con la finalidad de obtener altos réditos económicos.

6.13.1.3. Sistema de explotación mediante Diques Longitudinales

Es un sistema de explotación de menor estabilidad en el campo ingenieril en comparación al sistema de explotación mediante diques transversales, debido a una marcada diferencia originada por un mayor impacto ambiental al seguir el largo del río.

La construcción de los diques implica la ejecución de una obra muy conocida en el campo de la explotación de materiales de arrastre que permite una buena producción con su consecuente elevada recaudación económica.

En el diseño de los diques, así como en su construcción se toman en cuenta las características topográficas del sector y se busca el uso de materiales que característicamente deben poseer una resistencia elevada debido a las condiciones de construcción según las cuales, estos



materiales deben resistir la carga fuerte del río en donde se emplace y el peso de la maquinaria que ingresara para poder llevar a cabo el arranque del material, creando de esta forma pozos que se irán rellenando en concordancia a la capacidad de arrastre que posea el río y con ello lograr una recuperación constante del material.

6.13.2. Análisis multicriterio entre los sistemas de explotación

Para poder seleccionar la mejor alternativa como sistema de explotación se efectuó un “análisis multicriterio” entre las tres opciones: “Sistema de explotación mediante extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador”, “Sistema de explotación mediante diques Transversales”, “Sistema de explotación mediante diques longitudinales”, mediante una comparación de ventajas y desventajas (Ver Tabla 34) en conformidad al siguiente grupo de criterios ambientales, económicos y técnicos:

- Compatibilidad con la topografía del depósito
- Rentabilidad en relación a los costos de inversión inicial
- Perturbación de la superficie
- Impactos en el ambiente

Tabla 34. Análisis Multicriterio de los sistemas de explotación

Sistema de Explotación	Ventajas	Desventajas
Sistema de explotación mediante extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador	<p>Sistema óptimo para condiciones de planicie del depósito y ríos caudalosos.</p> <p>Beneficioso dado que permite la extracción por capas alcanzando el fondo previsto.</p> <p>Elevada eficiencia debido a la simplificación de operaciones en el arranque y carguío.</p> <p>Alta rentabilidad y bajos costos de implementación o inversión inicial.</p>	<p>Dificultad en la mitigación de los impactos.</p> <p>Modificación de la pendiente longitudinal del lecho, causando el fenómeno conocido como erosión regresiva.</p> <p>Acumulación de material de descarte en el lecho del río.</p> <p>Generación de polvo.</p>
Sistema de explotación mediante Diques Transversales	<p>Mayor producción del material de arrastre (gravas, cantos y arena).</p> <p>Reducción significativa de los costos de implementación.</p> <p>Mitigación de los impactos ambientales generados por la minería.</p> <p>Aprovechamiento temprano de los materiales.</p> <p>Mantenimiento del cauce natural, evitando el deterioro de las riberas y</p>	<p>Perturbación de la superficie debido a la obtención de grandes volúmenes de material.</p> <p>Eventuales incrementos en los costos de implementación cuando se precisa una construcción para caudales normarles a extraordinarios.</p>



	eventuales desbordamientos del río en épocas invernales.	
Sistema de explotación mediante Diques Longitudinales	Adecuado para áreas reducidas o encajonadas y yacimientos horizontales. Alta producción y mejor recuperación de material explotable. Altas tasas de rentabilidad económica por la obtención de elevados volúmenes de material.	Impacto ambiental elevado por la construcción de los diques y contaminación de áridos por arcillas o limos. Alta susceptibilidad de erosión de los márgenes del río. Poca precaución en el cuidado ambiental de los bordes del río.

Elaborado por: El autor, (2022)

A partir de la consideración de los criterios de diseño, ventajas y desventajas expuestos para cada sistema, se establece que el sistema de explotación que permitirá un mejor aprovechamiento de los áridos es el “**Sistema de explotación mediante Diques Transversales**”, el cual se constituye como un sistema acoplable a las características topográficas del sector y además de ello, es un sistema accesible desde el punto de vista económico y técnico aplicable al área minera de “Vialzachin E.P.”

La elección del mejor sistema se debe, además, a un menor número de desventajas en comparación a los otros dos sistemas considerados. Iniciando con el “**Sistema de explotación mediante extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavador**” como desventajas presenta la modificación de la pendiente del río propiciando las condiciones para originar el fenómeno de erosión regresiva, lo cual representaría un serio problema para la infraestructura de la empresa y las zonas de cultivos cercanas, además de acumular grandes cantidades de material de descarte en los frentes de explotación o lecho del río y que posteriormente deben ser removidos elevando los costos de implementación.

Por otro lado, el “**Sistema de explotación mediante diques longitudinales**” como desventaja más notoria presenta la posibilidad de que las cargas generadas por los caudales sobrepasen las cargas de diseño de los diques debido a que los frentes de explotación (1 y 2) se localizan en la cercanía a la zona de unión de dos ríos sumamente caudalosos. Una segunda desventaja se relaciona al ámbito económico, ya que se debería realizar un encausamiento de gran longitud de los ríos, lo cual representará un incremento en los costos de implementación.

Al final el sistema escogido, denominado “**Sistema de explotación mediante Diques Transversales**” presenta una desventaja relacionada a la perturbación de la superficie por la producción de grandes volúmenes de material, y en cuanto a la erosión y las fuerzas de los caudales, en este sistema no adquieren relevancia ya que en el diseño de los diques se establece la protección de las riveras a través de los caudales ecológicos.



Desde el punto de vista técnico, los diques transversales alteran mínimamente las condiciones geométricas del río en el sitio de explotación, es decir, restituye de forma temporal la geometría del cauce, concentrando el flujo a un margen y reduciendo el riesgo de inundaciones o de desborde durante eventos de crecidas.

Considerando el punto de vista ambiental, el componente ambiental no está exento de sufrir impactos debido a la extracción de los materiales de lecho mediante diques transversales, sin embargo, con este sistema los impactos se reducen notablemente sobre el territorio intervenido, ya que los frentes de explotación están bien demarcados y con ello, el grado de alteración de los suelos es bajo. De hecho, con ese sistema se logra un impacto ambiental positivo relacionado con elevar la capacidad de transporte del río aguas abajo debido a la retención del material sedimentario transportado por el río, logrando reducir la magnitud del régimen sedimentológico del cauce a lo largo de la zona de extracción, además de proteger los márgenes del río y caudales ecológico de los frentes de explotación.

En relación al punto de vista económico, la conformación de diques transversales resulta en un sistema de extracción altamente económico por dos razones bien definidas. La primera de ellas se vincula a los trabajos iniciales o de construcción de los diques, los cuales son mínimos o bajos por el hecho de usar el propio material del río en la conformación de los diques. La segunda se relaciona por su parte con la obtención de elevadas ganancias económicas en el menor plazo posible gracias al poder aprovechar tempranamente los materiales explotados al mismo tiempo que se culminan los trabajos de preparación de los diques para la explotación del material de interés.

Con respecto al punto de vista productivo, la principal finalidad de los diques transversales como sistema de explotación es lograr un incremento significativo en la producción de material de arrastre depositado por el río en tiempos o plazos cortos. Para llevar a efecto el incremento de la producción, el sistema se caracteriza por contar con maquinaria (excavadora, retroexcavadora, cargadora frontal y volquetes) que ejercen las labores de arranque, carga y transporte interno del material hacia el sistema de clasificación, trituración y almacenamiento en tiempos relativamente cortos logrando la acumulación de grandes volúmenes de material para su posterior distribución, incluso una fracción del material extraído directamente desde los frentes se posiciona en stock para su distribución inmediata.



6.13.3. Descripción del nuevo sistema de explotación

El método de explotación de áridos y/o pétreos será a cielo abierto, utilizando el sistema “Explotación por diques transversales”, consiste en la colocación de rocas de sobretamaños, bloques de concreto o cajones de madera (en dependencia del tipo de caudal), en sentido perpendicular al río con el objetivo de retener el material arrastrado por el flujo hídrico y poder llevar a cabo una extracción del mismo. Este método ha sido implementado numerosos veces en la extracción de materiales de construcción en los principales ríos del país, ya que ayuda de manera notoria en la prevención y mitigación de los impactos que genera la minería, logrando beneficios entre los que se puede destacar la obtención de una mayor producción, corrección del cauce o la reducción del impacto visual.

La maquinaria requerida por este sistema, es la típica usada en cualquier explotación vinculada a la minería a cielo abierto y que de forma resumida la integran: la excavadora para realizar el arranque y la carga, los volquetes empleados en el transporte del material y la cargadora frontal empleada en el acopio del material. Estos equipos mineros se benefician a su vez por las condiciones de trabajo y de accesibilidad al material que se extrae.

La construcción de los diques se efectuará en dos frentes de explotación, y acorde a la delimitación de los mismos sus dimensiones se detallan en la tabla 35. La extracción del material se llevará a cabo de forma continua, a lo largo y ancho de todo el frente, y en dirección corriente arriba para propiciar las condiciones de recarga de los frentes explotados (Ver Anexo 13).

Tabla 35. Dimensiones de los frentes de Explotación

Frente de Explotación	Ancho (m)	Longitud (m)	Coordenada (X)	Coordenada (Y)	Área (ha)	Dirección de Trabajo
1	44.05	171.08	740181.62	9566729.28	1.17	Noreste - Sureste
2	192.57	192.57	740439.14	9566717.05	2.26	Noreste - Sureste

Elaborado por: El autor, (2022)

6.13.4. Operaciones mineras

6.13.4.1. Destape y Preparación

La preparación implica el lograr que los frentes de explotación se encuentren totalmente accesibles y listos para realizar las operaciones de extracción, es decir, consisten en el retiro de la cobertura vegetal y sobretamaños, la construcción o el mejoramiento de los caminos de acceso a los sitios de aprovechamiento y la nivelación del terreno. Debido a que el sistema de



explotación está considerado en dos frentes de trabajo, detallando sus dimensiones geométricas en la tabla 35 y destacando de los mismos sus áreas, correspondiéndole al frente N° 1 una superficie de 1.17 hectáreas y al frente N° 2 una superficie de 2.26 hectáreas; la preparación para la explotación se realizará primeramente en el frente de trabajo N° 1 y luego en el frente N° 2 tras haberse culminado las operaciones de extracción en el frente N° 1.

El retiro de la cobertura vegetal y estériles es una operación que se lleva a cabo de forma limitada, ya que tanto los ríos Yacuambi y Zamora, al ser caudalosas redes hidrográficas producen la limpieza natural del material aluvial, propiciando unas excelentes condiciones de deposición de los materiales áridos, particularmente en el frente N° 2.

Del trabajo de campo en relación al levantamiento geológico de la concesión, se obtuvo una potencia de 0.30 centímetros del estrato dominado por material orgánico en el frente N° 1, el cual ocupa una superficie de 0.44 hectáreas (3439.93 m²) en relación al trabajo topográfico y las operaciones de extracción en las condiciones actuales estimando finalmente la remoción de un volumen aproximado de 1031.7 m³ mediante el uso de la cargadora frontal y el volquete de 12 m³, además de ocupar herramientas manuales (pico, pala, machete) para efectuar el corte y desenraizar los arbustos y malezas con la finalidad de no contaminar el material aprovechable. El material removido será trasladado por el volquete a un espacio de 3575 m² para la posterior reutilización en las actividades de rehabilitación de los sitios explotados. Finalmente, las oquedades dejadas por la remoción de las raíces serán escarificadas logrando nivelar todo el frente de explotación mediante el uso de un tractor de oruga (Buldócer CAT – D5) acorde a la maquinaria disponible en el área minera.

Las mismas operaciones de destape y preparación se efectuarán en el frente N° 2 con una diferencia notable en relación a la cantidad de materia orgánica y vegetal a remover dada la gran extensión transversal del frente de trabajo. La característica topográfica del frente propicia las inundaciones recurrentes de las zonas central y occidental del frente, por lo que la cantidad de materia orgánica a remover se centra en la zona oriental, donde la potencia de la capa de materia orgánica varía de los 0.30 a 0.45 metros en una superficie aproximada de 0.91 hectáreas (9198.69 m²) estableciendo un volumen final de 3092.307 m³ a remover hacia un sitio continuo al frente, el cual posee una superficie acondicionada de 0.125 hectáreas para acumular el material removido para las posteriores tareas de rehabilitación del frente explotado.

Las operaciones de preparación implicarán dejar un espacio de 5 metros paralelo a los ríos, donde se dispondrá los materiales con sobretamaños con la finalidad de conformar una barrera



que permita separar las actividades de explotación del cauce natural, conllevando una mejora en las condiciones de trabajo para continuar a la siguiente operación de arranque o extracción.

De igual manera, continuos a los frentes se dejará un espacio sin explotar en cada frente de 6 metros, ubicado en el margen izquierdo del río Yacuambi con respecto al Frente N° 1 y el otro situado al margen derecho del río Zamora con respecto al Frente N° 2, los cuales tendrán como principales funciones evitar el socavamiento horizontal y permitir el acceso del volquete hacia los frentes para poder realizar las operaciones de acarreo del material.

En la fase de preparación se toman en consideración aspectos vinculados a la infraestructura necesaria, las vías internas, la maquinaria con su respectiva esquematización en el plano de diseño del sistema óptimo de explotación.

6.13.4.2. Infraestructura necesaria

La infraestructura actual en torno a sus materiales constructivos y estado de conservación presentan un buen estado (Ver Anexo 13) siendo un factor favorable en el área minera “Vialzachin E.P”.

En relación a la infraestructura necesaria que se necesita implementar con la finalidad de incrementar la productividad conforme al sistema de explotación optimizado se detalla a continuación:

El depósito de combustibles localizado en el sector este de la concesión se debe reubicar a una distancia de 40 metros con la finalidad de poder llevar a cabo la reapertura de un tramo de 75 metros de la vía de acceso al frente de explotación N° 1 conforme se presenta en el plano de diseño (Ver Figura 19) y que permitirá reducir la distancia de recorrido de la maquinaria de acarreo hacia la zona de cribado, además de contar con cunetas como trampas de aceites acorde a la norma INEN 2251:2013 en donde se estipula los requerimientos para tanques con capacidad superior a los 700 galones y cuyas dimensiones de la losa de hormigón son de 10 metros x 7 metros y un altura de 3 metros, ocupando una superficie final de 70 metros cuadrado.

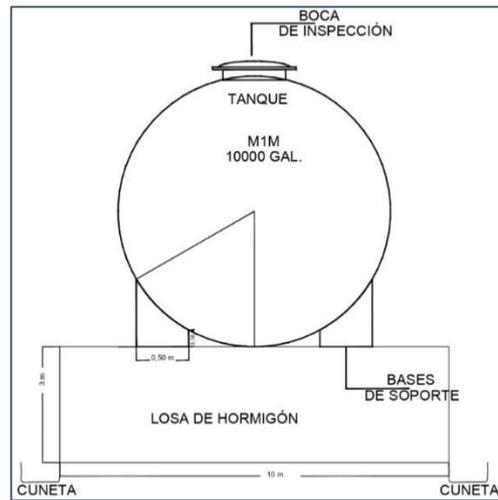


Figura 19. Diseño del depósito de Combustible)

Fuente: Autor, (2022)

En el frente de explotación N° 2 se considera la implementación de un área para efectuar el stock temporal de los materiales de extracción, cuyas dimensiones son 60 metros de ancho por 70 metros de largo alcanzando una superficie total de 4200 metros cuadrados situado al este de la concesión en una zona separada del frente de trabajo logrando que no se ocupe superficie que se pueda aprovechar. Al igual se necesita de la apertura de vías de acceso al frente de explotación con dimensiones adecuadas que conecta con la zona de stock temporal y el tránsito hacia la zona de producción.

Dentro de la infraestructura necesaria se precisa de dos sitios continuos a los frentes de trabajo donde se dispondrá el material resultante del destape y preparación. La superficie correspondiente a estos sitios es de 0.36 hectáreas (3575 m²) en el frente N° 1 y de 0.91 hectáreas (1350 m²).

En el frente N° 2 con la finalidad de evitar el contacto directo entre la maquinaria empleada en el arranque y acarreo con el agua que fluirá por el canal de descarga tras efectuar el relleno de los bloques explotados se dispondrá troncos de madera conformando un puente provisional de 4 metros para facilitar el acarreo del material desde los frentes hasta la zona de producción o al stock temporal del material explotado. El tipo de madera empleado es el denominado “Cafecillo” con un tiempo de vida útil expuestos a las condiciones de intemperie de 5 años y un diámetro promedio de 100 cm.

6.13.4.3. Vías de acarreo del material

Las vías que se usan habitualmente en el acarreo del material presentan un estado regular, pero al desarrollar un proceso de optimización se precisan labores o medidas de mantenimiento y ampliación sobre las mismas en concordancia al diseño de explotación de cada frente de

trabajo. La ampliación y reapertura de las vías es necesaria para aumentar el rendimiento y por ende la producción, para ello se consideró las características de la maquinaria, los espacios disponibles, la accesibilidad a los frentes, la topografía del sector y la viabilidad de la superficie que se ocupará para el acarreo del material. Las vías de acceso a los frentes de explotación tendrán un carácter permanente y sus medidas se detallan a continuación.

6.13.4.3.1. Vía de acarreo de material y acceso al frente de explotación N° 1

La vía de acceso no ocupa superficie que se puede aprovechar por lo tanto cumple con los criterios de diseño desde el punto de vista de la optimización y posterior a la reubicación del depósito se considera reaperturar un tramo deshabilitado logrando dos aspectos positivos: el primero es reducir la distancia de recorrido hacia la zona de producción, específicamente al trabajar los bloques 3,4,5,7,8 y 9 (Ver Anexo 14); mientras que el segundo es tener un doble acceso a la zona de extracción facilitando y optimizando las operaciones de acarreo del material conforme se avance en los trabajos de extracción.

La vía de acceso tendrá un carácter permanente y posee una longitud 330 metros y un ancho de 6 metros conforme al ancho del equipo de acarreo dividido en 2 carriles: uno de ida a la zona de extracción y otro de regreso a la zona de producción, con sus respectivas bermas de seguridad a cada lado de la vía (Ver Figura 20).

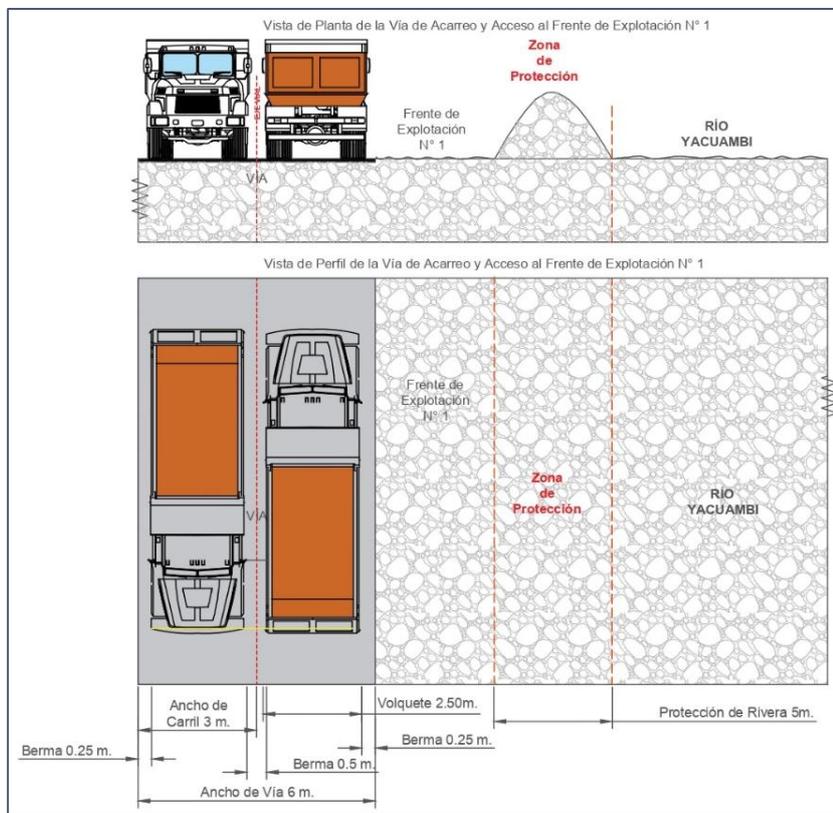


Figura 20. Diseño de vías de Acceso al frente de Explotación N° 1
Fuente: Autor, (2022)

6.13.4.3.2. Vía de acarreo de material y acceso al frente de explotación N° 2

La habilitación de la vía de acceso al frente N°2 se considera como una infraestructura vital para las actividades de acarreo y transporte del material dentro del sistema de explotación optimizado. La ubicación de la vía se determinó en base a la accesibilidad al frente de trabajo, la topografía del sector y las consideraciones técnicas en relación a la implementación del canal de descarga que permitirá el relleno del frente explotado.

La vía de acceso tendrá un carácter permanente y su longitud se extiende más allá de la superficie concesionada, debido al hecho de que el frente está situado al otro lado del río Zamora y por ende el tránsito de la maquinaria se da por una vía de segundo orden y luego por la troncal amazónica; el ancho de la vía dentro de la concesión como ruta de acceso a los frentes tendrá un longitud de 160 metros y un ancho de 6 metros divididos en dos carriles hacia la zona de stock temporal: uno de ellos de ida a la zona de extracción y otro de regreso a la zona de producción. Las vías cuentan con sus respectivas bermas de seguridad a los costados; la implementación de la vía posibilitará desarrollar las operaciones mineras de forma ordenada (Ver Figura 21).

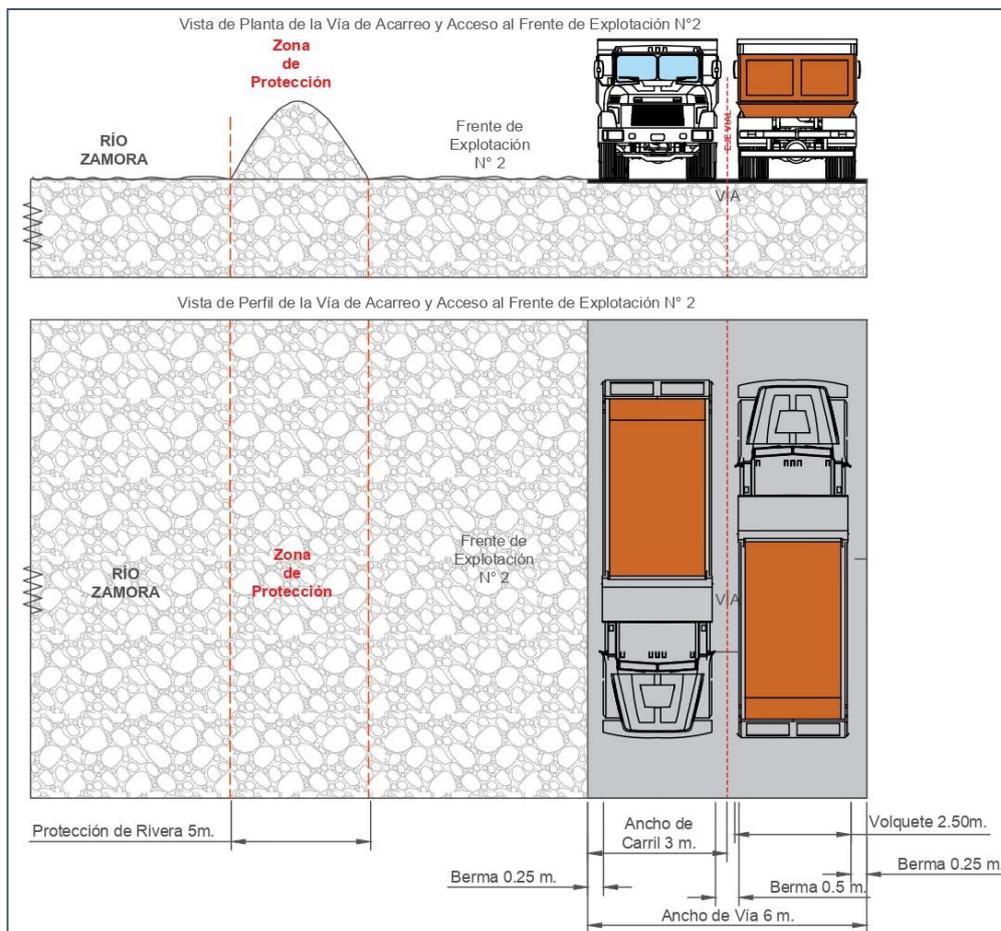


Figura 21. Diseño de vías de Acceso al frente de Explotación N° 2
Fuente: Autor, (2022)



En cuanto a las vías disponibles para quienes llegan con vehículos y equipos particulares para el traslado del material dentro y fuera de la concesión, presentan dos carriles y no se requiere efectuar ningún proceso de ampliación ya que, al tener dos carriles se prevé las situaciones de tener un intenso tráfico dentro de los predios de la empresa o cruce de maquinaria.

6.13.4.4. Optimización de la Extracción o Arranque

Cuando las operaciones de preparación hayan concluido, se contará con un depósito listo para efectuar la extracción del material pétreo a través de un sistema de diques o franjas perpendiculares a la corriente con un sentido de explotación contrario a la dirección del cauce en los dos frentes de trabajo considerados, específicamente en dirección Noreste-Suroeste.

La excavadora KOMATSU PC200LC-8 es la responsable de dar inicio al proceso en las condiciones actuales al encargarse de la extracción y carga del material. Con la finalidad de optimizar los procesos se considera el aumento de la capacidad de la maquina en conformidad a las características técnicas detalladas en la tabla 14, en donde se da constancia de la capacidad máxima del cucharón en un valor de 1.2 m³, la cual se tomará en consideración para efectuar las determinaciones de rendimiento óptimo que logren un incremento de la producción.

En los diques y barreras de protección de las riberas se dispondrán fragmentos rocosos con diámetro variable entre 30 a 60 cm, que por su gran tamaño no pueden ser objeto de aprovechamiento, así como tampoco se puede efectuar un acondicionamiento mecánico (trituration) de los mismos. En cuanto a las dimensiones de los diques, estos poseen un ancho de 4 metros, una profundidad de excavación de 2 metros con la finalidad de no provocar una sobre excavación causando la alteración de los niveles de profundidad, además de otorgar una mejor estabilidad a la maquinaria y una longitud variable en función de la extensión transversal de los frentes.

Los trabajos de extracción se desarrollarán de forma ordenada y sistemática, mediante la excavación de los frentes en un estricto sentido aguas arriba alcanzando bloques de 30 metros de longitud y 20 metros de ancho (Ver figura 22) donde las labores de extracción del bloque finalizarán y se continuara al siguiente bloque a una distancia marcada por el ancho del dique y donde la barrera provisional de 5 metros paralela al cauce se apertura para producir el relleno natural de los bloques explotados; estas operaciones se repiten en cada uno de los bloques de explotación.

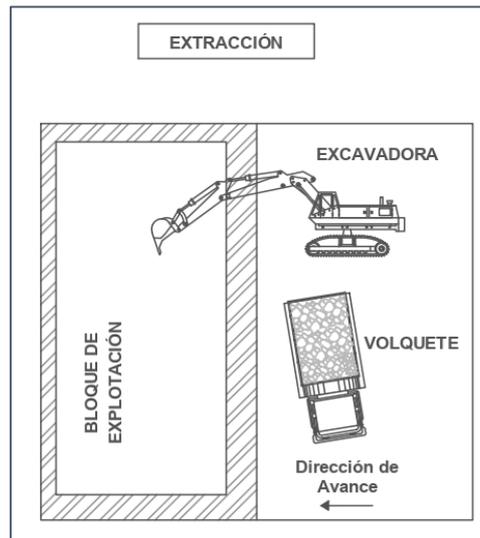


Figura 22. Operación de Extracción

Fuente: Autor, (2022)

6.13.4.4.1. Rendimiento óptimo de la maquinaria de arranque y carga

Con base en las determinaciones del rendimiento real de la maquinaria de arranque y carga actual, establecida en un valor de 99.77 m³/h se considera el valor correspondiente a la capacidad aumentada del cucharón en las determinaciones del rendimiento teórico (RT) y real (RR) de la excavadora mediante el empleo de las ecuaciones 4 y 5 respectivamente, considerando los datos de la tabla 36.

Tabla 36. Datos y coeficiente para el cálculo del rendimiento óptimo de la excavadora

Símbolo	Descripción	Rango	Valor
Vc	Capacidad del cucharón de la excavadora	1.20 m ³	1.20 m ³
Fe	Factor de Eficacia de la máquina	70 – 80 %	0.75
Fe'	Factor de Eficacia del cucharón	80 – 90 %	0.85
Ct	Coefficiente de transformación según el material	1.10 esponjado - 0.95 compactado	1.10
Tc	Tiempo de ciclo de la carga	21 segundos	21 s
Eg	Eficiencia de la operación en general	50 min/hora	0.833

*Fuente: Komatsu Latin-America Corp., 2006

Elaborado por: El autor, (2022)

$$R_T = \frac{Vc * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{Tc} = m^3/h \quad (24)$$

$$R_T = \frac{1.2 * 3600 * 0.75 * 0.85 * 1.10}{21}$$

$$R_T = \frac{1.20 * 3600 * 0.75 * 0.85 * 1.10}{21} = \frac{3029.4}{21} = 144.26 m^3/h$$



▪ **Rendimiento real óptimo de la excavadora (RT)**

A razón de que no se trabaja efectivamente los 60 minutos por hora, se debe ajustar el valor anterior con el coeficiente o factor de la eficiencia de la operación en general, y con ello se obtiene el rendimiento real mediante la ecuación 5:

$$R_R = R_T * E_g ; m^3/h \quad (25)$$

$$R_R = 144.26 m^3/h * 0.83$$

$$R_R = 119.73 m^3/h$$

Los cálculos efectuados con la capacidad del cucharon aumentada denotan un incremento de la producción, ya que en las condiciones actuales la producción es de 99.77 m³/h. En cambio, con el sistema optimizado el rendimiento real nos da un valor de 119.73 m³/h de la máquina de extracción y carga lo cual denota un cambio significativo correspondiente al incremento de la producción en un 20 % al logrado actualmente.

▪ **Numero de paladas necesarias para cargar el equipo de transporte (Np)**

Al considerar un incremento de la capacidad de la maquinaria responsable de realizar la extracción y carga, se debe establecer nuevamente el número de paladas necesarias para el llenado del volquete utilizando los datos de la tabla 37 y reemplazándolos en la ecuación 8:

Tabla 37. Numero de paladas necesarias para cargar el equipo de transporte

Símbolo	Descripción	Rango	Valor
Qv	Capacidad de la volqueta	1.20 m ³	1.20 m ³
Qc	Capacidad del cucharon cargador	12 m ³	12 m ³
Ec	Eficiencia cucharon	90 - 100%	0.95

Fuente: Komatsu Latin-America Corp., (2006); Grupo Mavesa Ecuador., (2016)

Elaborado por: El autor, (2022)

$$N_p = \frac{Q_v}{Q_c * E_c} \quad (8)$$

$$N_p = \frac{12m^3}{1.20 m^3 * 0.95}$$

$$N_p = 10.53 \approx 11$$

El número de paladas para el llenado de un equipo minero de 12 m³ de capacidad, es 11 acorde a la nueva capacidad del cucharón de la excavadora en el sistema optimizado correspondiente a 1.20 m³; disminuyendo el número de paladas en 2.



6.13.4.4.2. Optimización de los tiempos de producción

A. Tiempos Fijos

Corresponden a los tiempos que se emplean en la carga del equipo de transporte y las maniobras que efectúa la maquinaria en los momentos de carga y descarga. La optimización del tiempo de carga se estimó mediante la ecuación 12:

▪ Tiempo de Carga

$$TC = \frac{N_p * T_c}{60}; \text{ min} \quad (12)$$

$$TC = \frac{10.53 * 21}{60}; \text{ min}$$

$$TC = 3.69 \text{ min}$$

Al efectuar un cambio en la capacidad del cucharón de la excavadora, pasando de una capacidad inicial de 1m³ a una mayor de 1.20 m³, se modifica el tiempo de ciclo de carga, logrando positivamente la reducción del tiempo en 0.42 minutos, reducción que se considera influyente y significativa en el ciclo de producción.

B. Optimización de los tiempos de Maniobra

Los tiempos con respecto al giro, posicionamiento y descarga como el tiempo de posicionamiento en el punto de carguío, y su influencia en el ciclo productivo es poco significativa ya que dependen de la experiencia y capacidad del personal que opera la maquinaria, por ende, son tiempos que se mantendrán.

Los tiempos variables se consideran a partir de parámetros como la distancia existente a los frentes de explotación y la velocidad promedio a la que transitan los equipos de transporte para acarrear el material tanto en el viaje de ida (cargado), así como en el viaje de regreso (sin carga); se debe tomar en cuenta, además que la condición de la maquinaria es buena y un estado óptimo de las vías para realizar las operaciones de transporte. En la tabla 38 se muestran los datos considerados en el cálculo de los tiempos óptimos de ida y regreso del equipo de transporte:

Tabla 38. Cálculo de tiempos óptimos de ida y vuelta del equipo de transporte

DATOS	Rango		Valor
	Frente N° 1	Frente N° 2	Promedio
Frentes de Explotación	Frente N° 1	Frente N° 2	Promedio
Distancia máxima (Km)	0.820	----	0.45
Velocidad viaje de ida cargado (Km/h)	10	----	10
Velocidad viaje de regreso vacío (Km/h)	18 - 19	----	18.5

* La distancia y velocidades promedios del frente N°2 no se registraron debido a que el frente es nuevo dentro del sistema optimizado.

Elaborado Por: El Autor, 2022



▪ **Tiempo óptimo: Viaje de ida cargado (Tvc)**

$$T_{vc} = \frac{\text{Distancia (Km)}}{\text{Velocidad (Km/h)}} * 60 \quad (13)$$

$$T_{vc} = \frac{0.820 \text{ Km}}{10 \text{ Km/h}} * 60$$

$$T_{vc} = 4.92 \text{ min}$$

▪ **Tiempo óptimo: Viaje de regreso descargado (Tvd)**

$$T_{vd} = \frac{\text{Distancia (Km)}}{\text{Velocidad (Km/h)}} * 60 \quad (14)$$

$$T_{vd} = \frac{0.820 \text{ Km}}{18.5 \text{ Km/h}} * 60$$

$$T_{vd} = 2.65 \text{ min}$$

C. Ciclo optimizado de carga y acarreo

En conformidad a los cálculos efectuados sobre los cambios de optimización propuestos para la maquinaria, se pudo establecer el tiempo del ciclo óptimo de producción cuyo valor se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 39. Tiempo de Ciclo óptimo de producción

Símbolo	Descripción (Parámetro)	Valor Tiempo (min)
TC	Tiempo de Carga	3.69
Tvc	Tiempo de Viaje IDA (Cargado)	4.92
Tpd	Tiempo de giro, posicionamiento y descarga	1.90
Tvd	Tiempo de Viaje REGRESO (Vacío)	2.65
Tpe	Tiempo Posicionamiento para la carga	0.42
Top	Tiempo Óptimo de Producción	13.38

Elaborado por: El autor, (2022)

Estableciendo una relación comparativa entre el tiempo de producción en el ciclo actual de 18.09 minutos y el ciclo óptimo de producción en un tiempo de 13.38 minutos, se obtuvo una diferencia de 4.71 minutos, el cual corresponde a un tiempo ajustado a los cambios de optimización propuestos para lograr el incremento de la productividad.

▪ **Número de ciclos óptimos por hora**

El número de ciclos óptimos por hora de trabajo se obtuvo a partir de la ecuación (15):

$$\text{Ciclos óptimos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{\text{Top (tiempo óptimo de producción)}} \quad (15)$$

$$\text{Ciclos óptimos por hora} = \frac{60 \text{ min}}{13.38 \text{ min}}$$
$$\text{Ciclos óptimos por hora} = 4.485 \approx 4 \text{ ciclos/hora}$$

6.13.4.5. Carga y Acarreo

Posterior a la extracción del material en cada frente de trabajo, se procede a efectuar las operaciones de carga y acarreo (Ver Figura 23), para lo cual se cuenta con un volquete de 12 m³ de capacidad. El material es cargado de forma directa por la excavadora (KOMATS - PC200LC 8) al volquete (HINO - 4041 – ZS1EPVA), siendo este último el responsable de acarrear el material hacia la zona de producción, descargándolo en la zona temporal de stock o en la criba fija para producir su clasificación y posteriormente su procesamiento mecánico en la planta de trituración.

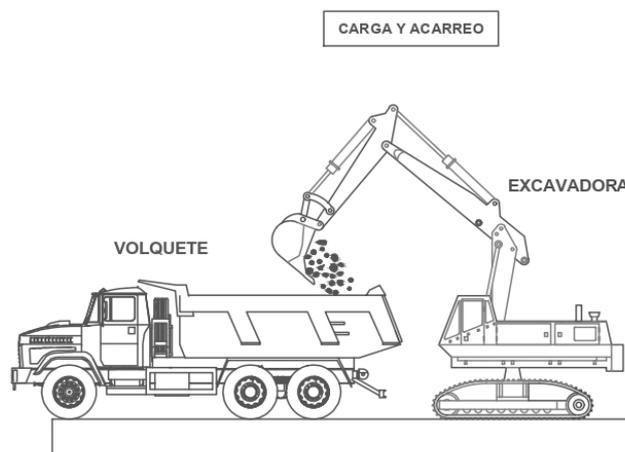


Figura 23. Operación de Carga y Acarreo

Fuente: Autor, (2022)

6.13.4.5.1. Rendimiento óptimo de la maquinaria de acarreo

Dada las buenas características de trabajo y el excelente desempeño en las actividades diarias de producción en las condiciones actuales se mantendrá la maquinaria de acarreo HINO (Modelo ZS1EPVA) la cual posee un volumen de carga de 8 m³. A pesar de contar con maquinaria adicional para incrementar el número de unidades que realicen el acarreo del material, desde el punto de vista productivo el emplear más de 1 volqueta conllevaría una sobreutilización de la maquinaria, ya que la tasa de producción diaria estaría sobrepasada por la cantidad de material acarreado a partir del uso de dos volquetas en adelante. A partir de las nuevas determinaciones que se llevaron a cabo sobre el equipo de arranque y carga, se procedió a determinar el rendimiento teórico (R_T) y el rendimiento real (R_R) del equipo de acarreo con las ecuaciones (9) y (10), tomando en cuenta los datos de la tabla 40.



Tabla 40. Datos para el cálculo de rendimiento teórico y real del equipo de acarreo

Símbolo	Descripción	Rango	Valor
Vc	Capacidad de la caja	12 m ³	12 m ³
Fe	Factor de Eficacia de la máquina	70 – 80 %	0.75
Top	Tiempo de duración del ciclo (Tiempo óptimo de producción)	13.38 minutos	13.38 min
Ct	Coefficiente de transformación según el material	1.10 esponjado - 0.95 compactado	1.10
Eg	Eficiencia de la operación en general	50 min/hora	0.833

* Fuente: Grupo MAVESA E.C.

Elaborado por: El autor, (2022)

▪ Rendimiento teórico del equipo de acarreo (R_T)

A partir del tiempo del ciclo de transporte y la capacidad del equipo se estimó el rendimiento de la maquinaria que corresponde al volumen producido por hora de trabajo mediante la ecuación (9):

$$R_T = \frac{Vc * 60 * Fe}{Top * Ec} = m^3/h \quad (9)$$

$$R_T = \frac{12 * 60 * 0.75}{13.38 * 1.10}$$

$$R_T = 36.68 \text{ m}^3/h$$

La volqueta de 12m³ posee un rendimiento teórico de 36.68 metros cúbicos por hora de trabajo en las condiciones de optimización.

▪ Rendimiento real de los volquetes (R_R)

El rendimiento real corresponde a un ajuste debido al hecho de que no se trabaja los 60 minutos por hora ($Eg = 0.83$ Horas) por el acontecer de retrasos en la operación y por ello se estimó el valor del rendimiento real mediante la ecuación (5).

$$R_R = R_T * Eg ; m^3/h \quad (5)$$

$$R_R = 36.68 \text{ m}^3/h * 0.83$$

$$R_R = 30.45 \text{ m}^3/h$$

La volqueta HINO modelo 4041 – ZS1EPVA con una capacidad de 12 m³ presenta un rendimiento real óptimo de 30.45 m³ por hora de trabajo.

6.13.4.5.2. Productividad óptima promedio/jornada de trabajo

En todo sistema de explotación en general, la productividad está condicionada o depende en gran medida de la maquinaria usada y en conformidad a un análisis efectuado sobre las



determinaciones realizadas tomando en cuenta el rendimiento del equipo de transporte por su influencia y participación en todo el ciclo productivo, se puede estimar la producción total promedio durante la jornada de trabajo en base a los datos presentados en la tabla 41 que denotan las características óptimas y con ello emplear de la ecuación (10) para determinar:

Tabla 41. Datos para el cálculo de producción promedio por jornada de trabajo

Símbolo	Descripción	Valor
N _v	Número de Volquetes	1
R _R	Rendimiento real óptimo del equipo de transporte	30.45 m ³ /hora
J _T	Duración de la jornada de trabajo	8 horas/día

Elaborado por: El autor, (2022)

▪ **Productividad óptima promedio/jornada de trabajo**

$$P_p = R_R * N_v * J_t \text{ ;m}^3/\text{día} \quad (10)$$

$$P_p = 30.45 \text{ m}^3/\text{h} * 1 * 8 \text{ h/día}$$

$$P_p = 243.6 \text{ m}^3/\text{día}$$

El resultado obtenido de 243.6 m³/día nos muestra un incremento de forma significativa en la producción total promedio por jornada de trabajo en concordancia a las condiciones de optimización, ya que al comparar con la tasa de producción actual de 180.21 m³/día, la diferencia es marcada, aumentado la producción en un 63.39 m³/día, es decir, un 35.16% con respecto a la producción actual.

6.13.4.5.3. Rendimiento óptimo de la maquinaria de acopio

La cargadora frontal **JCB 436ZX** es la responsable de realizar esta operación y cuenta actualmente con una capacidad del cucharón de 2.3 m³ y al acontecer un aumento de la producción por los cambios de optimización, se considera que la capacidad actual corresponde a un volumen adecuado para trabajar en las condiciones de optimización propuestos, estableciendo con ello el cálculo del rendimiento teórico (RT) y real (RR):

Tabla 42. Datos para el cálculo de rendimiento de la cargadora frontal

Símbolo	Descripción	Rango	Valor
V _c	Capacidad del cucharón	2.3 m ³	2.3 m ³
Fe	Factor de Eficacia de la máquina	70 – 80 %	0.75
Fe'	Factor de Eficacia del cucharón	0.90 – 1.0	0.95
C _t	Coefficiente de transformación según el material	1.10 esponjado - 0.95 compactado	1.10
T _c	Tiempo de ciclo de la carga	0.40 segundos	40 s
E _g	Eficiencia de la operación en general	50 min/hora	0.833

* Fuente: JCB Chile, (2017)

Elaborado por: El autor, (2022)



▪ **Rendimiento teórico de la cargadora frontal**

Integrando los valores anteriores a la ecuación (4), se estableció el rendimiento teórico de la cargadora frontal.

$$R_T = \frac{V_c * 3600 * Fe * Fe' * Ct}{T_c} = m^3/h \quad (4)$$

$$R_T = \frac{2.3 * 3600 * 0.75 * 0.95 * 1.10}{40}$$

$$R_T = \frac{2.3 * 3600 * 0.75 * 0.95 * 1.10}{40} = 162.24 \text{ m}^3/h$$

La cargadora frontal **JCB 436ZX** presenta un rendimiento teórico óptimo de 162.24 metros cúbicos por hora de trabajo.

▪ **Rendimiento real de la cargadora frontal**

El rendimiento teórico del equipo de acopio se ajusta al valor real mediante la consideración de un coeficiente que denota que no se trabaja la hora completa, sino que se trabaja 50 minutos ($E_g = 0.833$) y con ello se estimó el rendimiento real de la cargadora frontal en las condiciones de optimización mediante la ecuación (5):

$$R_R = R_T * E_g ; m^3/h \quad (5)$$

$$R_R = 162.24 \text{ m}^3/h * 0.83$$

$$R_R = 134.66 \text{ m}^3/h$$

La cargadora frontal JCB modelo 436ZX con una capacidad de cucharón de 2.3 m³ presenta un rendimiento real de 134.66 m³ por hora de trabajo, logrando con ello eficiencia en el proceso de acopio. Este rendimiento se considera el adecuado para trabajar en las condiciones de optimización ya que es un valor superior al rendimiento de la maquinaria de arranque y carga. Esto se debe a la gran capacidad del cucharón y al empleo de la maquinaria convencional en la operación de acopio, lo cual permite no requerir ajustes técnicos relacionados a incrementar la capacidad del cucharón por ejemplo y con ello incurrir en gastos innecesarios por la compra de nuevos equipos para la maquinaria.

En la tabla 43 se muestra un resumen de los rendimientos teórico y real de la maquinaria empelada en las operaciones de carga, transporte y acopio en el sistema optimizado.

Tabla 43. Rendimientos teóricos y reales de la maquinaria en el sistema optimizado

Tipo de Maquinaria	Marca	Modelo	Capacidad	Rendimiento Teórico	Rendimiento Teórico
Excavadora	KOMATSU	PC200LC-8	1.20m ³	144.26 m ³ /h	119.73 m ³ /h

Cargadora Frontal	JCB	436ZX	2.3m ³	162.24 m ³ /h	134.66 m ³ /h
Volquete	HINO	4041 – ZS1EPVA	12m ³	36.68 m ³ /h	30.45 m ³ /h

Elaborado por: El autor, (2022)

6.13.4.6. Cribado

En la zona de cribado, el material es descargado o vertido a la criba (Ver Figura 26), en donde se produce una clasificación del material por vía seca. La clasificación consiste en la separación de tamaños por gravedad a través de una malla conformada a su vez, por varillas de acero logrando la obtención de dos clases de tamaños.

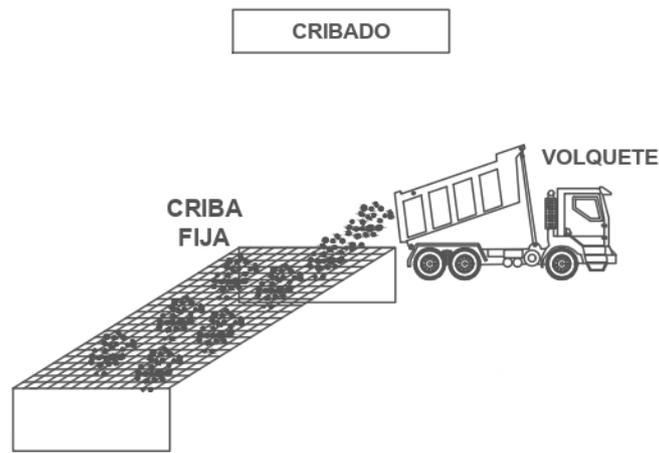


Figura 24. Operación de Cribado

Fuente: Autor, (2022)

El material pasante corresponde al material denominado “grava muy gruesa” cuya granulometría respectiva es menor a 2 pulgadas ($< 2''$), por lo que se considera un producto inicial. El segundo material obtenido se denomina “grava gruesa” y corresponde al material retenido en la criba con un tamaño mayor a 2 pulgadas ($> 2''$); parte del material retenido en la criba será utilizado en el proceso de trituración.

6.13.4.7. Trituración

El material clasificado en la zona de cribado, específicamente el material retenido se emplea como material de alimentación para el proceso de trituración siendo transportado por medio de la cargadora frontal (JCB - 436ZX) a la planta de trituración (INCOMAQ - 2008). El proceso consiste en una doble etapa de trituración mediante el empleo de una trituradora de mandíbulas en la trituración primaria y una trituradora de conos en la trituración secundaria.

En el proceso de trituración se obtiene dos productos. El primero corresponde a los agregados con un tamaño de 3/4" (pulg.) denominados “gravas” y el segundo producto obtenido son los agregados de 3/8" (pulg.) denominados “gravas medias”.

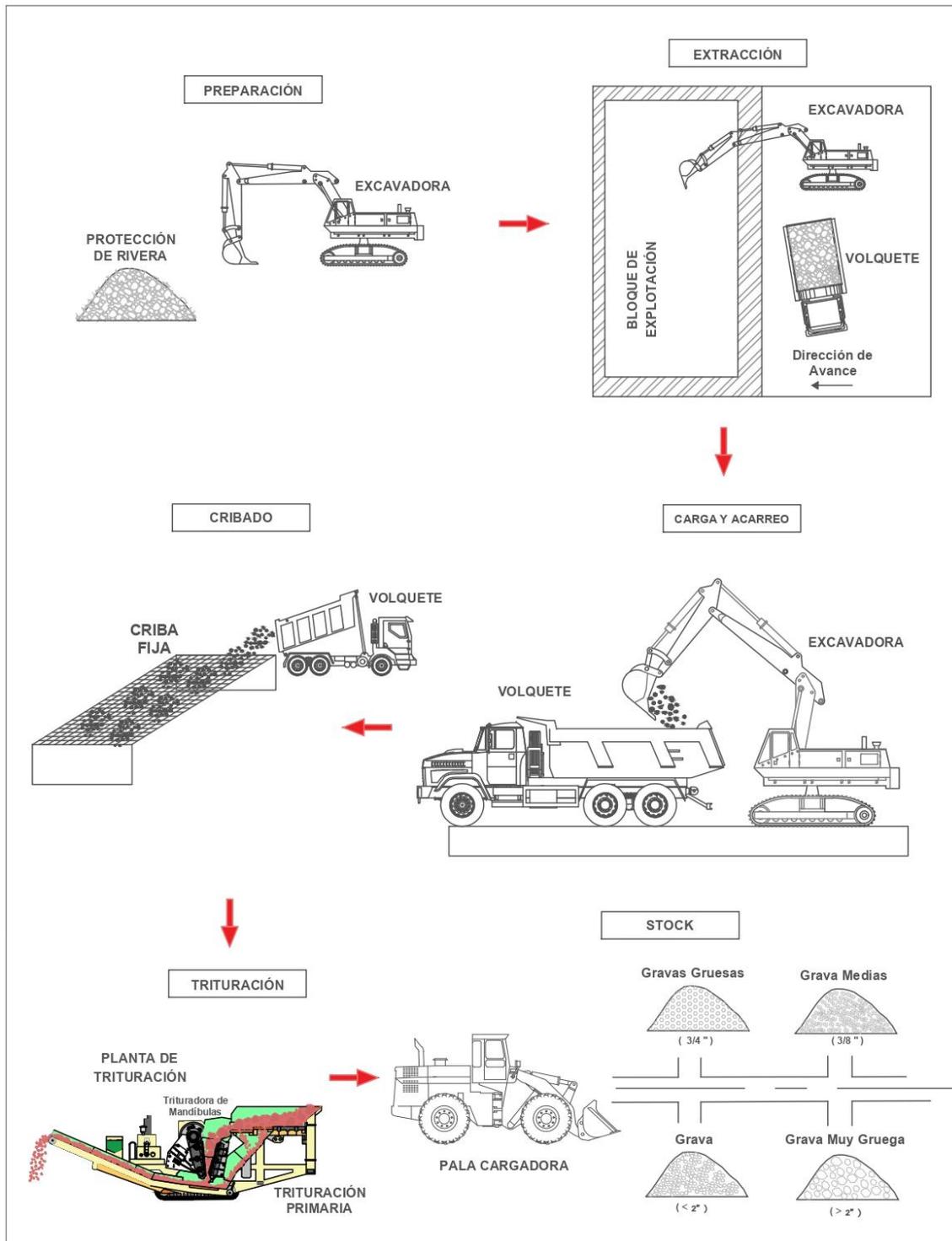


Figura 26. Diagrama de flujo optimizado del área minera "Vialzachin E.P."

Fuente: Tamayo Jaramillo, (2016); Chavarria, (2021); Flores Vélez, (2018)

Elaborado por: El autor, (2022)

6.13.4.9. Maquinaria y Equipo requerido

La maquinaria que se puede emplear en el sistema de explotación optimizado se determinó en relación a las capacidades y características operativas que posee la maquinaria disponible en el área minera, las cuales se presentan en la siguiente tabla:



Tabla 44. Maquinaria requerida en el sistema de explotación optimizado

MAQUINARIA				
Operación	Tipo de Maquinaria	Marca	Modelo	Capacidad
Extracción y Carga	Excavadora	KOMATSU	PC200LC-8	1.20 m ³
Acarreo	Volquete	HINO	4041 – ZS1EPVA	12 m ³
Acopio	Cargadora Frontal	JCB	436ZX	2.3 m ³

Elaborado por: El autor, (2022)

En relación a la maquinaria que actualmente se emplea, esta tiene un buen desempeño en general, pero al hablar de optimización se busca lograr el incremento de la productividad a través de adecuados ajustes que brinden la posibilidad de establecer mejoras en el ciclo de producción con la misma maquinaria y equipos, por lo que el principal ajuste se relaciona al incremento de la capacidad del cucharón del equipo de extracción y carga.

6.13.4.10. Características de los equipos requeridos

Tras culminar los cálculos y logrado obtener el rendimiento de los equipos en función de establecer una producción óptima, se debe establecer el tipo de cucharón que se deberá adquirir en función de los siguientes parámetros:

- Capacidad
- Tipo de material
- Desgaste y fatiga de la máquina y el cucharón
- Durabilidad
- Disponibilidad en el mercado local o nacional
- Precio

En relación a los parámetros anteriores se debe optar por la adquisición de un cucharón de la misma marca cuyas características de diseño permitan maximizar el rendimiento de la excavadora en relación al tipo de material que se trabajará y que corresponde a gravas y arenas donde sus características cambian debido a su diverso origen geológico. La principal razón de incurrir en la adquisición del cucharón de la misma marca es el agilizar al máximo los trabajos de instalación y puesta en marcha de la máquina.

De los tipos de cucharón a seleccionar, la categoría “cucharón para tareas pesadas (HD)” corresponde al diseño cuyas tareas específicas se vinculan con el trabajo en materiales considerados generalmente como abrasivos, al igual que en roca, arcilla, en labores de penetración y la carga de tierra, arena y grava. Entre sus principales ventajas se puede destacar:

- Elevado rendimiento del vehículo y bajos costes de operación.

- Mayor durabilidad por un mayor grosor en las planchas de desgaste inferiores y laterales evitando el desgaste prematuro del cucharón.
- Un gran campo de aplicaciones.

El cucharón para servicio pesado es el óptimo para aplicaciones como la excavación de material abrasivo con un diseño que permite lograr la reducción de la abrasión y acopladas con puntas muy resistentes ya que entran en contacto directo con el material de excavación y por ende son las herramientas de mayor desgaste.

Una selección técnica y adecuada de las puntas de cuchara de igual manera, aumentará la productividad y reducirá el costo de las herramientas de corte, además le otorga una durabilidad prolongada al cucharón. En la siguiente figura (Ver Figura 27) se muestra la diversidad de puntas a elegir en concordancia a las necesidades requeridas y propiedades específicas de los materiales en torno a la abrasión y la resistencia a la penetración.

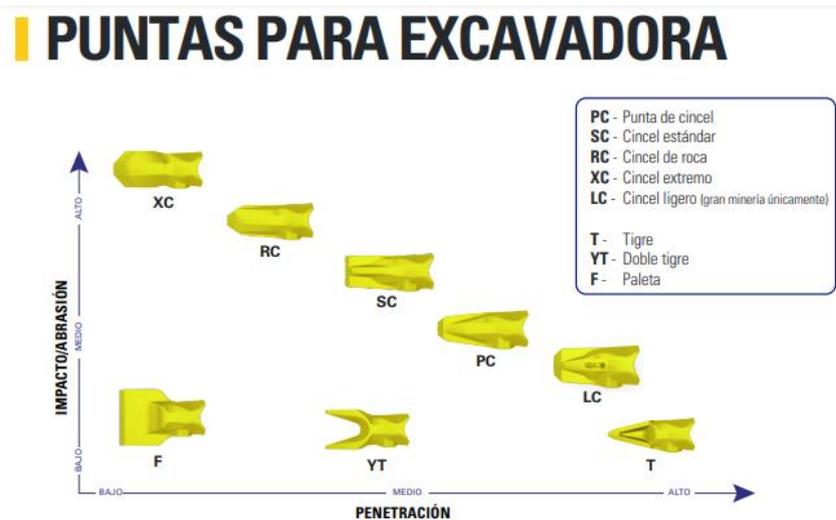


Figura 27. Tipos de Puntas – Kprime KOMATSU

Fuente: Cohidrex S.L., (2021)

Cuando se trata de efectuar excavaciones sobre materiales con una tendencia de abrasión moderada a abrasiva, el tipo de puntas adaptables al cucharón corresponde a la categoría “Cincel de Roca”; este tipo de punta ha mostrado grandes resultados de durabilidad en la extracción de material aluvial, siendo ampliamente usada en trabajos en arena y grava.

6.13.5. Producción actual vs producción óptima

En la tabla N° 45 se presenta un resumen correspondiente a los valores obtenidos en los diferentes cálculos de rendimiento y productividad:



Tabla 45. Producción Actual vs Producción Óptima

DESCRIPCIÓN	ACTUAL	ÓPTIMO
Ciclo de Producción	18.09 min	13.38 min.
N° Ciclos por Hora	3.3167 \approx 3	4.485 \approx 4
Excavadora: extracción y carga (capacidad)	1 m ³	1.20 m ³
Rendimiento teórico excavadora	120.21 m ³ /h	144.26 m ³ /h
Rendimiento real excavadora	99.77 m ³ /h	119.73 m ³ /h
N° de palas cargar volqueta (12m³)	13	11
Volqueta: acarreo material	12 m ³	12 m ³
Rendimiento teórico Volqueta	27.14 m ³ /h	36.68 m ³ /h
Rendimiento Real Volqueta	22.53 m ³ /h	30.45 m ³ /h
Acopio material (Capacidad)	2.3 m ³	2.3 m ³
Rendimiento teórico	162.23 m ³ /h	162.24 m ³ /h
Rendimiento real	134.23 m ³ /h	134.66 m ³ /h
Producción Total Promedio por Jornada de Trabajo	180.2 m³/día	243.6 m³/día

Elaborado por: El autor, (2022)

Al llevar a cabo una comparación de los valores de la tabla anterior se evidencia un incremento de la producción a raíz de la optimización de los equipos y operaciones a través de un ajuste técnico óptimo relacionado al aumento de la capacidad de la máquina empleada en la extracción y carga dentro del ciclo productivo.

Dentro de los datos más relevantes, está el tiempo del ciclo de producción en el sistema optimizado correspondiéndole un tiempo de 13.38 minutos. De igual manera se logra grandes cambios en la maquinaria empleada en la extracción y arranque al incrementar su capacidad en 0.2 metros cúbicos lo cual reduce el número de paladas necesarias para cargar el equipo de acarreo a un valor de 11 paladas. El número de unidades de transporte en el sistema optimizado no es necesario modificarlo y se considera el mantenimiento de una unidad de transporte con la finalidad de evitar la sobreexplotación de los materiales pétreos fijada en un rendimiento de 30.45 m³/h. La maquinaria de acopio conserva la capacidad de cucharón a pesar de aumentar la capacidad de la maquinaria de extracción, dado que la capacidad de la cuchara de la cargadora continúa superando la capacidad de producción de la excavadora en las condiciones de optimización.

6.13.6. Diseño de los Bloques de Explotación

El diseño de explotación contempla la conformación de bloques en la zona de extracción, los cuales se irán confeccionando por si solos a medida que las operaciones de extracción se desarrollan alcanzando unas medidas especificadas en el diseño de 30 metros de longitud, un ancho de 20 metros y una profundidad de 2 metros, logrando desarrollar un aprovechamiento óptimo del depósito en sus las distintas áreas de explotación y que en el caso particular del área se determinó dos frentes de trabajo.

El diseño de los diques comprende un trabajo de cierta complejidad, ya que la implementación de estos en los frentes de explotación, determinará la factibilidad de considerar el sistema como el óptimo acorde a las condiciones del área. Los diques serán construidos de manera simultánea a la explotación, en sentido perpendicular al flujo de la corriente.

En los diques transversales además se dispondrá los fragmentos de rocas con sobretamaños entre 30 y 60 cm en base a las características granulométricas del material que no se puede clasificar ni acondicionar en el proceso de trituración con la finalidad de producir el acomodo uniforme de los fragmentos rocoso que forman parte de los diques (Ver Figura 28).

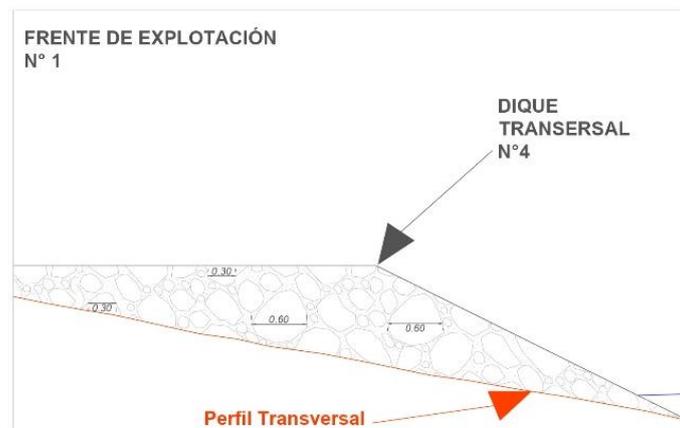


Figura 28. Perfil transversal del frente de explotación N° 1

Fuente: Autor, (2022)

La determinación del ancho de los diques depende en gran medida de la maquinaria empleada en la explotación de los materiales áridos, tratándose de una excavadora el ancho del dique está en función del ancho que abarca los bordes externos de las orugas de la maquinaria.

El modelo de la excavadora empleada es la Komatsu PC200LC-8, la misma que posee un ancho de 3.40 m entre los bordes de sus orugas, por lo que la determinación del ancho del dique se obtiene a través de la siguiente expresión:

$$\text{Ancho de Dique} = \text{Ancho de excavadora} + (2 * \text{Margen de Seguridad}) \quad (26)$$

Donde:

Ancho de excavadora = 3.38 m.

Margen de Seguridad = 0.30

Ancho de Dique = 3.40 m + (2 * 0.30)

Ancho de Dique = 4 m

Al valor de 4 metros (Ver Figura 29) se considera una medida que facilita el diseño y la construcción, por lo que no es necesario el extender los márgenes de seguridad y con ello perder superficie que se puede aprovechar.

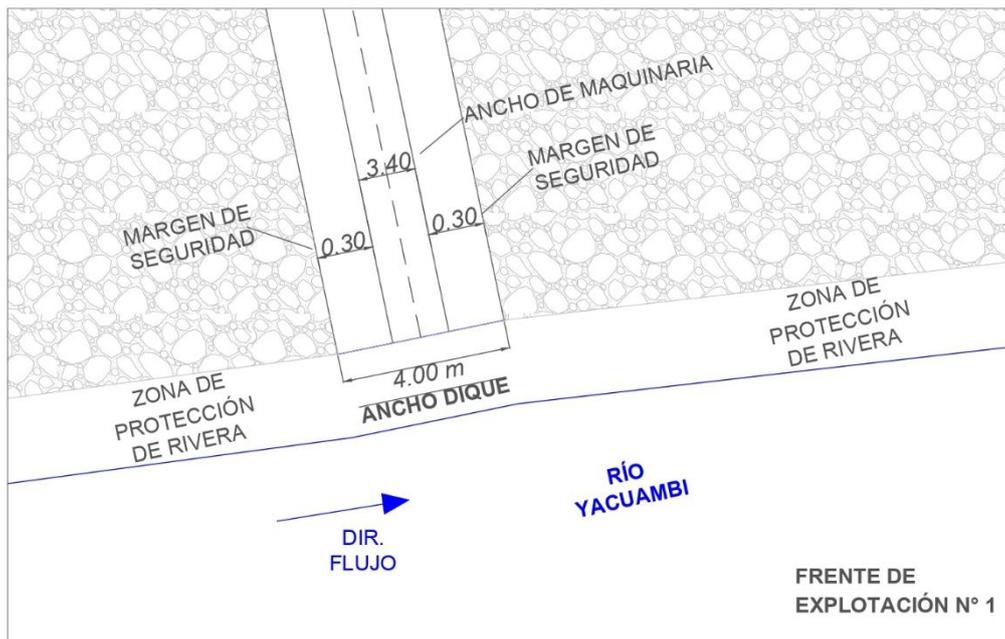


Figura 29. Ancho de los diques transversales (Frente de trabajo N° 1)

Fuente: Autor, (2022)

En relación a la longitud de los diques transversales, el valor varía en dependencia de superficie de explotación, por lo que la longitud de los mismos se ira confeccionando a medida que las operaciones de excavación avancen en cada uno de los bloques de explotación. Del mapa de diseño del sistema optimizado (Ver Anexo 14) se puede obtener un valor referencial sobre longitud que alcanzara los diques transversales en los dos frentes de explotación que se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 46. Longitud de los diques en los frentes de explotación N° 1 y N° 2

LONGITUD DE LOS DIQUES TRANSVERSALES	
FRENTE DE EXPLOTACIÓN N° 1	
DIQUE N°1	40.13 m.
DIQUE N° 2	44.13 m.
DIQUE N° 3	33.44 m.
DIQUE N° 4	34.81 m.
FRENTE DE EXPLOTACIÓN N° 2	

DIQUE N°1	116.05 m.
DIQUE N° 2	137.22 m.
DIQUE N° 3	64.01 m.
DIQUE N° 4	55.03 m.

Elaborado por: El autor, (2022)

Un parámetro de importancia en el diseño de los diques transversales corresponde al ángulo de reposo natural del material, el cual se analiza conforme a la siguiente tabla:

Tabla 47. Ángulo de reposo natural de arenas y gravas

TIPO DE MATERIAL	Ángulo de Reposo Natural
Grava suelta y seca	30° – 45°
Grava natural con arena	25° – 30°
Arena seca	34°
Arena Húmeda	45°

* El valor subrayado es el rango a utilizar en el diseño de los diques

Fuente: Pocket, Thomas; Littleton, (2008)

Elaborado por: El autor, (2022)

En base a la tabla anterior, el ángulo de reposo natural del material oscila entre 25 y 30 grados de acuerdo al tipo de material, el cual corresponde a “Grava natural con arena”, pero por cuestiones de diseño se opta por tomar un valor medio de 27 grados como ángulo de reposo natural del material (Ver Figura 30).

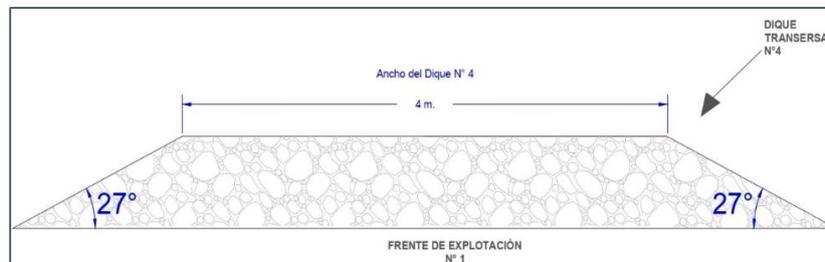


Figura 30. Dique transversal con el ángulo de reposo natural

Fuente: Autor, (2022)

6.13.6.1. Frente de Explotación N° 1

El frente de explotación se encuentra situado en el sector oeste de la concesión, caracterizándose como el frente más próximo a la zona producción. El frente dispone de una superficie de 1.16 ha, sobre la cual se han distribuidos los bloques de explotación y a partir de la consideración que la concesión no cubre toda el área de inundación, se optó por implementar una franja de protección alrededor del frente, siendo la zona de protección en el margen izquierdo una vía de acceso al frente y la zona de protección al margen derecho la responsable de separar las actividades extractivas del cauce natural.

De acuerdo a los parámetros de diseño los bloques están separados por diques transversales en sentido perpendicular a la dirección de la corriente del río Yacuambi, que permitirán el desarrollo de las actividades extractivas, además de propiciar las condiciones de recarga de los bloques. El frente N° 1 se ha subdividido en 9 bloques con una longitud de 30 metros y un ancho de 20 metros, variando en ciertos puntos debido a la geometría del margen izquierdo del río Yacuambi. Las actividades extractivas tendrán un sentido de avance aguas arriba en dirección Noreste – Suroeste con respecto a la concesión, empezando la excavación en el bloque 1 hasta culminar con la explotación del bloque 9 (Ver Figura 31).

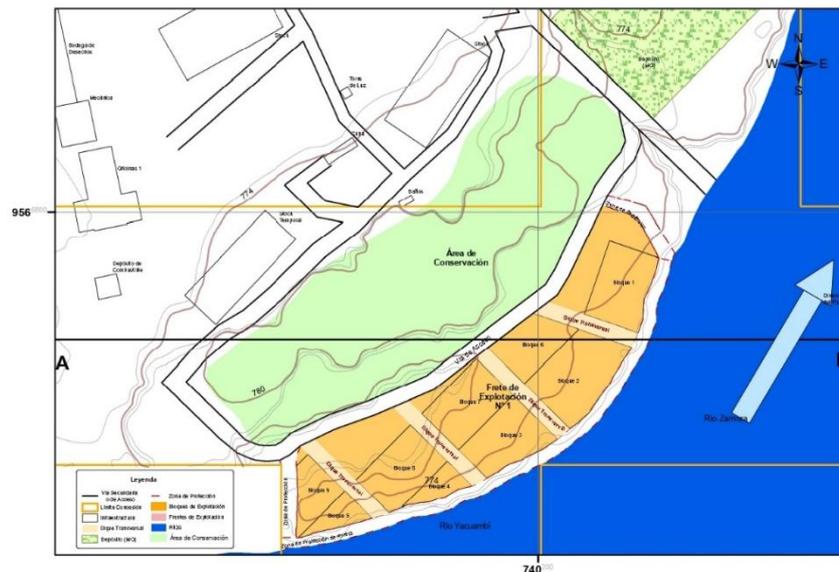


Figura 31. Diseño de los bloques en el frente de explotación N° 1

Fuente: Autor, (2022)

6.13.6.2. Frente de Explotación N° 2

El frente de explotación N° 2 es considerado un nuevo frente de trabajo dentro del sistema optimizado situándose en el sector este de la concesión. Desde el punto de vista topográfico el frente se extiende transversalmente al río de forma importante por lo que se considera el área de inundación como una gran planicie aluvial, donde la concesión no cubre toda la superficie que se puede aprovechar por lo que se consideró un margen de protección de 5 metros en los sectores norte, sur y oeste alrededor del frente, mientras que en el sector oeste del frente el margen de protección es de 5 metros.

El frente posee una superficie de 2.26 ha localizado al margen derecho del río Zamora, en donde se extienden los bloques de explotación en un total de 21 distribuidos en sentido transversal al río por su gran extensión en la misma dirección. Si bien los bloques se van trabajando de forma transversal, al comparar el sentido de trabajo con la dirección de la corriente, estas se realizan aguas arriba para propiciar el relleno de los bloques explotados.

Dentro de los trabajos de preparación en el frente N° 2 se tiene la apertura de la vía de acceso de 5 metros a todo el frente, además de la instalación de un canal de descarga para retorno al cauce normal de las aguas que efectúan el relleno y el encauzamiento del río a través de un canal de descarga que permite el relleno de los bloques del N° 24 al N° 29 tras efectuarse su explotación. La recarga de los bloques explotados se realizará mediante la apertura provisional de la zona de protección de la rivera, al igual que para su descarga se deberá abrir el margen de protección de 4 metros al otro lado del frente y se lo cerrará cuando se consideren recargados los bloques.

De acuerdo a los criterios de diseño, el frente N° 2 se encuentra subdividido en 21 bloques de explotación (Ver Figura 32), cada uno con unas dimensiones de 30 metros de longitud y 20 metros de ancho, con ciertas variaciones debido a la geometría del frente y del río Zamora, empezando las actividades extractivas en el bloque 1 y culminado las mismas en el bloque 20, desarrollando de igual manera la recarga del material a través de los canales de recarga y descarga.

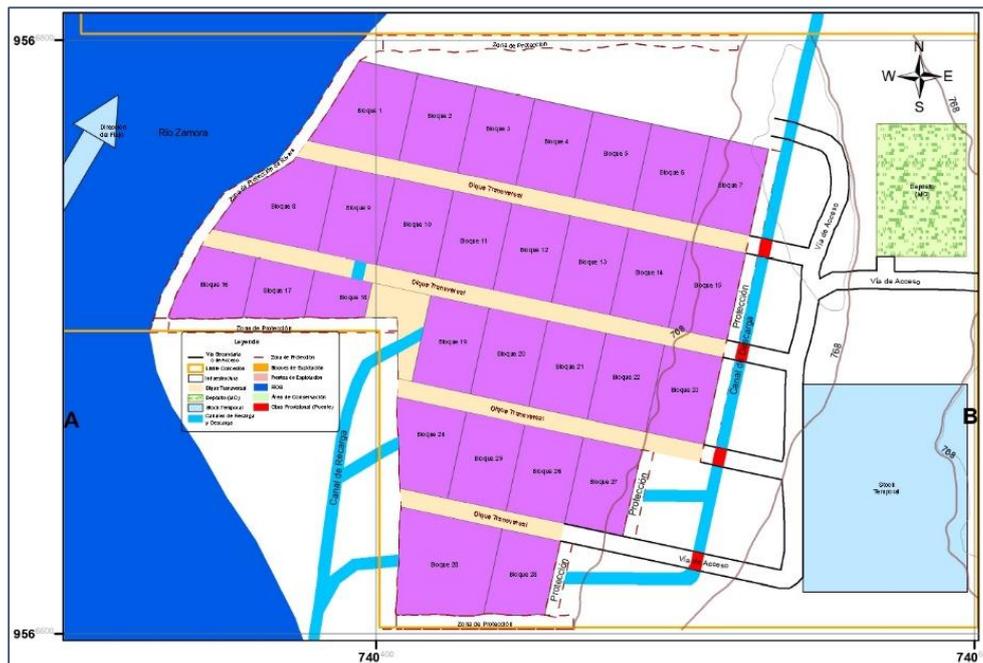
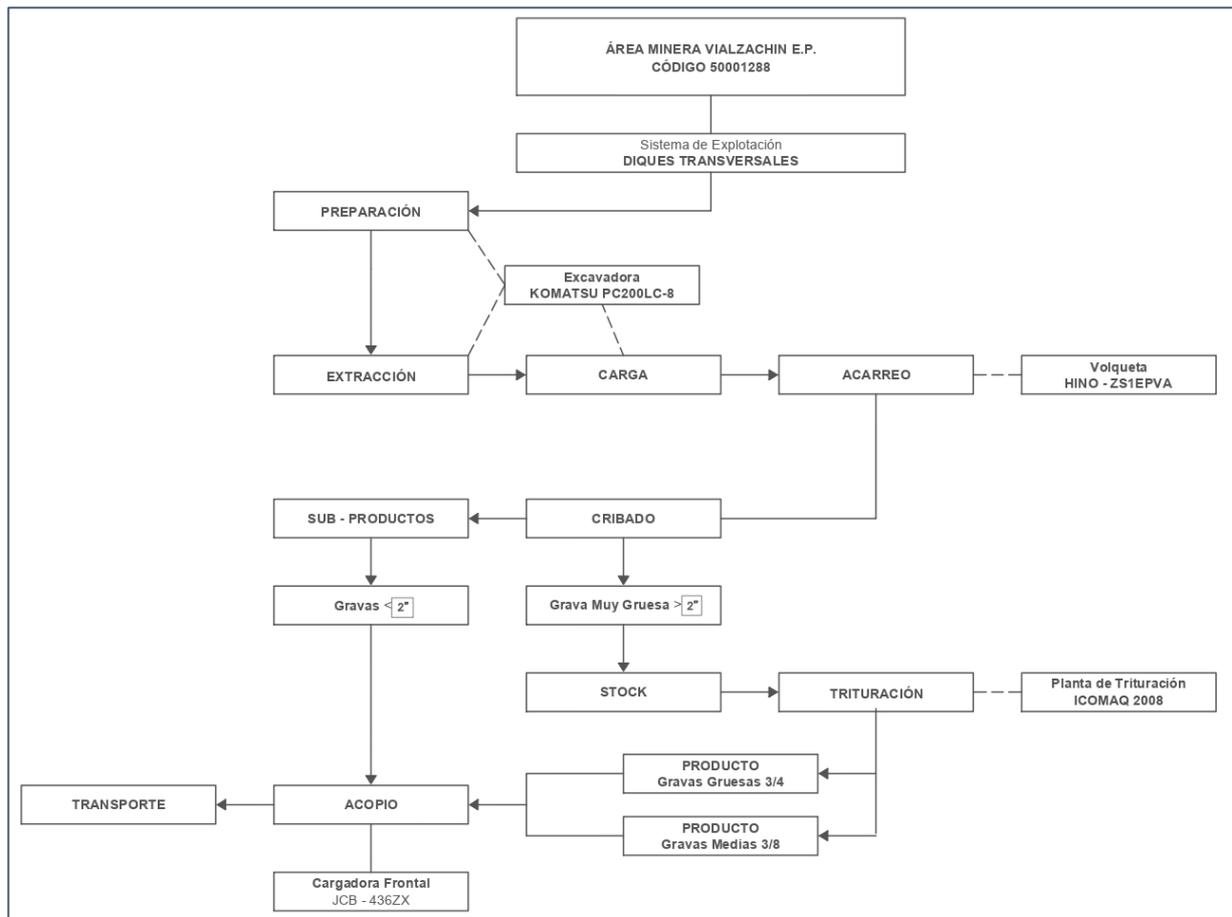


Figura 32. Diseño de los bloques en el frente de explotación N° 2

Fuente: Autor, (2022)

• **Esquema óptimo de producción**



Esquema 4. Operaciones del sistema de explotación optimizado

Fuente: Autor, (2022)

6.13.7. Análisis general de la producción

A partir de un análisis efectuado sobre los parámetros de la producción, se evidencia un incremento en todos y cada uno de las procesos y operaciones desde la etapa inicial hasta la etapa final.

Con respecto a las operaciones en las condiciones actuales de producción se relacionan costos en torno al personal, la maquinaria, los insumos de combustibles y lubricantes, así como el mantenimiento de los mismos, conllevando a un costo aproximado de producción de un metro cubico a los 5.60 \$. El diseño del sistema optimizado regula los costos en relación a la mano de obra y los insumos de la maquinaria, lo cual depende de la efectividad operativa que se logre en los trabajos, logrando entonces que el valor relativo actual de producción se reduzca aproximadamente entre un 20% a 35%.

6.13.8. Aplicación de los ajustes y medidas del sistema Optimizado

En conformidad a la infraestructura y equipos requeridos en el sistema optimizado, en el área minera en una etapa inicial se llevó a efecto la aplicación de las siguientes actividades que no precisaban de una gran inversión de recursos económicos y permitieron por el contrario incrementar la productividad y un mayor aprovechamiento del material aluvial (Ver Anexo 22). Las medidas aplicadas fueron:

Reubicación del depósito de combustible y reapertura de un tramo de 60 metros del camino de acceso al frente de explotación N° 1

Esta actividad implicó primeramente la limpieza de la maleza con machete, luego la excavadora y la cargadora frontal efectuaron el desbroce, la ampliación y terraplenado de la vía en un tramo aproximado de 60 metros desde el frente de explotación hacía de la zona de stock temporal. Se efectuaron medidas del ciclo de producción donde se determinó una reducción del tiempo de 2 minutos en comparación con el tiempo empleado en el sistema de explotación actual, pasando de 18.03 a los 16 minutos aproximadamente.

Incremento de la capacidad de la cuchara de la maquinaria de extracción y carga

Se empleó el cambio o incremento de la capacidad de la cuchara de 1.00 metro cubico a 1.20 metros cúbicos, lo cual conllevó a una reducción del número de paladas necesarias para cargar la unidad de transporte cuya capacidad del balde es de 12 metros cúbicos. El número de paladas se redujo en 2, pasando de 13 paladas anteriormente a 11, conllevando a una reducción del ciclo de cargado superior a los 30 segundos en el sistema actual.



Figura 33. Cucharón de Capacidad de 1.20 m³

Fuente: Autor, (2022)

Extracción de los materiales en sentido contrario al cauce natural de los ríos Zamora y Yacuambi

En el sistema mediante “Diques Transversales” el sentido de la extracción es contraria a la dirección de la corriente de los ríos con la finalidad de propiciar e incrementar la capacidad de recarga de los frentes de trabajo. En el área minera se optó por cambiar el sentido de avance de la extracción y desarrollarlo corriente arriba.



Figura 34. Extracción de áridos y pétreos en dirección corriente arriba al cauce natural

Fuente: Autor, (2022)

6.14. Análisis económico

El análisis económico del proyecto tiene como finalidad el determinar los costos de producción actuales y a partir de ello desarrollar una comparación con los costos de producción del sistema optimizado, para poder establecer si es viable poner en marcha la alternativa al sistema de explotación actual.

Al constituirse un área de libre aprovechamiento perteneciente a la empresa pública de vialidad Vialzachin E.P., en términos económicos no se generan ingresos, sino por el contrario los egresos son superiores y constantes en relación al personal, la maquinaria, el mantenimiento y el consumo de combustible. Los costos al relacionarse con los materiales de construcción se expresan en dólares por metro cúbico (USD/m³). Con la finalidad de poder llevar a cabo un análisis efectivo y confiable se han agrupado los costos tanto para el sistema actual como los costos para el sistema optimizado.



6.14.1. Análisis económico por metro cúbico explotado en el sistema actual

Para poder llevar a cabo el análisis económico por metro cubico se toman en consideración los costos relacionados al personal, la maquinaria, los equipos, al igual que los insumos de combustibles y reparaciones o repuestos detallando el número de unidades o cantidad por cada parámetro considerado. El análisis se proyecta en relación a los días laborables, que para el caso particular del área corresponden a 20 días, debido a que los fines de semana no se trabaja, además de la información obtenida en campo y los reportes semanales y mensuales que se manejan en la empresa. A partir de ello, se enlisto los valores correspondientes a los costos con sus respectivos parámetros de cantidad y descripción detallados en la siguiente tabla:

Tabla 48. Costos del actual sistema de explotación por día

Personal				
N°	Descripción	Cantidad	Costo Total Mes	Costo/Día
1	Oficina	2	1607	80.36
2	Operador Excavadora	1	614	30.68
3	Operador Cargadora	1	614	30.68
4	Chofer Profesional	1	504	25.22
5	Ayudante	1	483	24.13
6	Operador de planta de trituración	1	509	25.45
Costo Total Personal			3822	216.52
Maquinaria y Equipos				
N°	Descripción	Cantidad	Costo Total Mes	Costo/Día
1	Excavadora 1m ³	1	5600	280
2	Cargadora Frontal 2.3 m ³	1	3200	160
3	Volqueta 12 m ³	1	3000	150
Costo Total Maquinaria y Equipos			11800	590
Insumos de Combustibles				
N°	Descripción	Cantidad	Costo Total Mes	Costo/Día
1	Diésel	1210	1914	95.7
2	Lubricantes		486	24.31
Costo Total Insumos			2400	120.01
Insumos de Repuestos/Mantenimiento				
N°	Descripción	Cantidad	Costo Total Mes	Costo/Día
1	Repuestos		1053	52.63
2	Cambios de Aceite		486	24.31
Costo Total Repuestos			1539	76.94
Costo Total al mes \$				19561



Costo Total Diario \$	978.05
Metros Cúbicos explotados por día	180.2
Costo por 1 m³	5.43

Fuente: Guamán Inga, (2021)

Elaborado por: El autor, (2022)

El costo diario que tiene la concesión por la producción de 180.2 m³ es de 978.05 \$ en las condiciones actuales estableciendo un costo por la explotación de un metro cubico en 5.43 \$.

6.14.2. Costo de producción comparado con el mercado local

A partir del costo de producción de 1 m³ fijado en 5.43 \$, establecemos una comparativa de los costos con respecto al mercado local y según el cual se puede establecer que la producción en el área minera presenta costos menores en relación a los rubros económicos que presentan y ofertan las áreas mineras circundantes; en forma de ejemplo el material pasante de la criba (<2 pulgadas) empleado como sub-rasante en el mercado local tiene un costo de producción de 5.56\$ al que se debe agregar el costo de transporte del material, el cual está definido en 0.58 m³/Km, obteniendo como resultado final un costo por metro cubico de 6.14 \$.

6.14.3. Análisis económico por metro cúbico explotado en el sistema optimizado

Para llevar a efecto el análisis económico a partir del sistema de explotación optimizado, se toma en cuenta los ajustes técnicos y de capacidad efectuados en la maquinaria, específicamente en el aumento de la capacidad de la cuchara de la excavadora (Komatsu – PC200LC) conllevando cambios positivos, mejoras e incrementos en el rendimiento de la maquinaria y la cantidad de material producido cuyos valores se presentan en la siguiente tabla:

Tabla 49. Costos del sistema de explotación optimizado por día

Personal				
N°	Descripción	Cantidad	Costo Total Mes	Costo/Día
1	Oficina	2	1607	80.36
2	Operador Excavadora	1	614	30.68
3	Operador Cargadora	1	614	30.68
4	Chofer Profesional	1	504	25.22
5	Ayudante	1	483	24.13
6	Operador de planta de trituración	1	509	25.45
Costo Total Personal			3822	216.52
Maquinaria y Equipos				
N°	Descripción	Cantidad	Costo Total Mes	Costo/Día



1	Excavadora 1.2 m ³	1	4800	240
2	Cargadora Frontal 2.3 m ³	1	3200	160
3	Volqueta 12 m ³	1	3000	150
Costo Total Maquinaria y Equipos			11000	550

Insumos de Combustibles

N°	Descripción	Cantidad	Costo Total Mes	Costo/Día
1	Diésel	1210	1740	87
2	Lubricantes		486	24.31
Costo Total Insumos			2226	111.31

Insumos de Repuestos/Mantenimiento

N°	Descripción	Cantidad	Costo Total Mes	Costo/Día
1	Repuestos		1053	52.63
2	Cambios de Aceite		486	24.31
Costo Total Repuestos			1539	76.94
Costo Total al mes \$				18587
Costo Total Diario \$				929.35
Metros Cúbicos explotados por día				243.6
Costo por 1 m³				3.81

Fuente: Guamán Inga, (2021)

Elaborado por: El autor, (2022)

A través de la optimización del sistema de explotación se logra disminuir el costo de producción diaria a 929.35 \$, estableciendo una marcada diferencia de costos en 49 \$ aproximadamente. De igual manera el costo por la producción de un metro cúbico es de 3.81 \$ con el sistema óptimo, representando una reducción considerable de 1.62 \$ al compararlo con el costo que se tiene actualmente logrando cumplir una de las metas trazadas.

6.14.3.1. Rubro económico de la operación de preparación y destape en el sistema optimizado

Dentro de las operaciones vinculadas al sistema optimizado, el destape y preparación se constituye como una actividad trascendental en la consecución de un depósito listo y accesible para desarrollar las operaciones de extracción con la finalidad de evitar contratiempos en el ciclo productivo que al final podría repercutir en el factor económico de la implementación del sistema optimizado. A partir de ello, se establece un análisis económico de los costos relacionados a la implementación de infraestructura necesaria, la adecuación de espacios, la apertura y rehabilitación de las vías de acceso y la maquinaria, equipos y mano de obra empleada en los mismos en base a los “Índices de Precios de Materiales, Equipo y Maquinaria de la Construcción - IPCO” del INEC y los precios unitarios de los materiales de construcción



establecidos por la cámara de la industria de la construcción (CAMICON) detallados en la siguiente tabla:

Tabla 50. Costos de la operación de destape y preparación

Depósito de Combustible				
N°	Actividad	Área (m ²) Volumen (m ³)	Precio Unitario (m ² /USD)	Precio Total
1	Desbroce y Limpieza con cargado del material	70 m ²	0.72	50.4
2	Transporte del Material Removido	17.05 m ³	1.02	17.39
3	Construcción de la Losa de Hormigón (7 x 10 x 3)	70 m ²	86.31	6041.7
4	Protección contra incendios	2	62	124
5	Obras Adicionales	70 m ²		150
Costo Total			150.05	6383.491
Área de Stock Temporal en el Frente N° 2				
N°	Descripción	Área (m ²) Volumen (m ³)	Precio Unitario (m ² /USD)	Precio Total
1	Desbroce y Limpieza con carga del Material	4200 m ²	0.72	3024
2	Transporte	1050 m ³	1.02	1071
3	Nivelación	4200 m ²	0.73	3066
Costo Total			2.47	7161
Depósitos de Material Orgánico				
N°	Descripción	Área (m ²)	Precio Unitario (m ² /USD)	Precio Total
1	Desbroce, Limpieza y del Depósito en el frente N° 1	3575 m ²	1.45	5183
2	Desbroce, Limpieza y del Depósito en el frente N° 2	1350 m ²	1.45	1957.5
Costo Total			2.9	7140.5
Destape y Preparación del Frente N° 1				
N°	Descripción	Área (m ²) Volumen (m ³)	Precio Unitario (m ² /USD)	Precio Total
1	Desbroce y Limpieza con carga del Material	3439.99 m ²	0.72	2476.79
2	Transporte	1031 m ³	1.02	1051.62
3	Nivelación	3439.99 m ²	0.73	2511.19
Costo Total			2.47	6038.98
Destape y Preparación del Frente N° 2				
N°	Descripción	Área (m ²) Volumen (m ³)	Precio Unitario (m ² /USD)	Precio Total
1	Desbroce y Limpieza con carga del Material	9198.69 m ²	0.72	6623.05



2	Transporte	3092.307 m ³	1.02	3154.15
3	Nivelación	9198.69 m ²	0.73	5795.17
Costo Total			2.47	15572.37

Canal de Recarga y Descarga

N°	Descripción	Longitud (m)	Precio	
			Unitario (m/USD)	Precio Total
1	Canal de Recarga	98	8.03	786.94
2	Canal de Descarga	224	8.03	1798.72
Costo Total			16.03	2585.66

Puente Provisional de Madera

N°	Descripción	Cantidad	Precio	
			Unitario (m ² /USD)	Precio Total
1	Tronco de Madera (100 cm - Diámetro)	16	32	512
Costo Total			32	512

Costo Total del Destape y Preparación 45394.001

Fuente: Guamán Inga, (2021) INEC, (2022); CAMICON, (2021); CYPE Ingenieros S.A., (2022)

Elaborado por: El autor, (2022)

De la tabla anterior se puede resumir los costos con respecto a la operación de destape y preparación en un total de 45395.011\$ dólares americanos; esta cifra se puede constituir como una cantidad difícil de solventar si tomamos en consideración que el área minera se centra en lograr un beneficio social por encima del beneficio económico, pero a partir del ahorro logrado con el sistema optimizado mensualmente en una cifra de 975\$ al que se debe disminuir la cantidad destinada al alquiler de la maquinaria establecida en los ajustes técnicos del sistema optimizado en un valor de 770 \$, se puede optar por la inclusión de este valor dentro de la partida presupuestaria anual de la empresa.

6.14.4. Inversión

El primer aspecto destacable en la optimización del sistema de explotación es el aumento de la producción diaria hasta los 243,6 m³. Por otra parte, a partir de las determinaciones económicas en las condiciones actuales y óptimas se evidencia una reducción en el coste diario de producción por metro cubico de 1.62 \$ al pasar de 5.43 \$ en las condiciones actuales a 3.81 \$ con el sistema óptimo. Al proyectar los valores económicos más allá, específicamente en términos de costos de producción por día y mes, se lograr importantes reducciones en cerca de 49 \$ por día y 974 \$ mensualmente.

Dado el hecho de que la superficie concesionada es administrada por una entidad pública la cual tiene un mayor enfoque en el servicio social por encima de la obtención de beneficios económicos se limita en cierta forma en sus facultades de poder adquirir los insumos y equipos



que logren incrementar la producción a 243.6 m³ en el menor plazo posible. Pero al lograr ahorros significativos en relación a la producción diaria y mensual cerca de los 974 \$, se puede solventar los gastos relacionados a un eventual proceso de alquiler de maquinaria con una capacidad de 1.2 m³ acorde a la optimización y los costos de destape y preparación valuados en 45395.011\$ a fin de lograr un depósito accesible y adecuado para la extracción.

Vale destacar que la empresa cuenta con un gran y diverso grupo de personal operativo y maquinarias que permitirán llevar a cabo la implementación de la infraestructura requerida, la adecuación de los sitios de stock temporal y las operaciones de destape y preparación en general, sin la necesidad de incurrir en gastos necesarios por el alquiler de mano de obra y maquinaria del sector privado.



7. Discusión

Los resultados de la presente investigación se comparan y contrastan con los aportes técnicos e información proporcionada y disponible por otros autores cuyos fundamentos teóricos se centran en la topografía, geología y minería de materiales de construcción.

De acuerdo a la geología definida en el PDOT 2019, de la parroquia de Guadalupe perteneciente al cantón Zamora y provincia de Zamora Chinchipe se establece que la zona en un marco regional está dominada en las zonas próximas a los cuerpos de agua por depósitos aluviales conformados por bloques, gravas y arenas en matrices areno-limosa. Además, Cuenca Aguinaca y Samaniego Ordoñez (2009) establecen que en la parte alta de la zona denominada “La Saquea” predomina el material volcánico de tipo andesita con un alto grado de meteorización que está en contacto con material intrusivo de tipo granito, diorita y granodiorita a medida que se transita por la vía “Troncal de la Amazonía”; información que se corrobora con los resultados de la geología local en base a la descripción de afloramientos donde localmente se distingue el contacto entre la andesita de la unidad La Saquea con el material granodiorítico, además que los depósitos aluviales están formados bloques, arenas y gravas con un diámetro variable de 6 a 28 centímetros.

En el PDOT de Guadalupe (2019) se define que los depósitos son de poca potencia y extensión en la zona de estudio, pero a través de la descripción de las estructuras fluviales en el área de estudio se pudo establecer que los depósitos aluviales se caracterizan por una gran extensión principalmente en dirección transversal con respecto a la dirección de flujo de los ríos Zamora y Yacuambi los cuales discurren en sentido Suroeste – Noreste.

Con respecto al levantamiento topográfico efectuado por el departamento técnico de Vialzachin E.P. (2014) a escala 1:10000, en donde se señala que el área de estudio presenta cotas con una variación de 768 a los 780 m.s.n.m.; la información se valida a través del trabajo topográfico a detalle a escala 1:3000, distinguiéndose una pendiente variable de plana a casi plana con dos rangos porcentuales bien marcados; el primero correspondiente a un rango de 0 a 5% situado en el margen derecho del río Yacuambi y el segundo asociado a una variación porcentual entre 0 y 3% con un gran extensión transversal con respecto al río Zamora.

Bajo la premisa de la existencia y posibilidad de empleo de diferentes métodos para la estimación de recursos, se tomó en consideración el marco metodológico usado en las áreas mineras de “ZAMORA BOMBUSCARO CODIGO: 500681” y “ZAMORA JAMBUE, CÓDIGO: 500713”, el cual consiste en tomar la superficie de explotación definida en el trabajo



topográfico y relacionarlo geoméricamente con la profundidad media obtenida a través de la apertura de calicatas obteniendo un volumen de 59280.91 m^3 como recursos medidos.

La evaluación de los procesos y operaciones actuales que se desarrollan en el área minera permiten establecer un panorama general acerca de las actividades que se pueden mejorar y con ello poder lograr una explotación óptima de los materiales que secuencialmente coinciden con las operaciones del proyecto “*FEDERACIÓN TUNANTZA*” *CÓDIGO: 500573*” realizada a lo largo del río Zamora en el sector de Tunantza que van desde el destape y preparación, a la extracción, carga y transporte, cribado, trituración y finalmente el stock, desde donde se distribuirá el material a las diferentes zonas de trabajo. Además, mediante el registro de los tiempos de producción y la determinación del rendimiento de la maquinaria de acuerdo a los parámetros y expresiones matemáticas establecidas por Chiriboga Fernández, Pillasagua Carrera, & Baquerizo, (2010) se pudo establecer la producción diaria lograda en las condiciones actuales en un valor de 180.21 m^3 por hora.

En relación a la elección del sistema de explotación que cumpla con las condiciones de optimización, Espinosa Rodríguez (2019) y Guamán Inga (2021) emplean un análisis comparativo entre distintos sistemas ajustados a las características topográficas, técnicas, ambientales, económicas y productivas que les permitieron elegir el sistema más óptimo acorde a sus sitios de trabajo; en el presente trabajo se usó el análisis comparativo (análisis multicriterio) logrando definir el sistema denominado “Diques Transversales” con el de mayor relevancia desde el punto de vista de la optimización; sin embargo es un sistema que se contrasta con los sistemas empleados con cotidianidad a lo largo de la cuenca media del río Zamora, que corresponden al sistema mediante diques longitudinales de inundación tanto en el área “*ZAMORA BOMBUSCARO CODIGO: 500681*”, al igual que en el área “*ZAMORA JAMBUE, CÓDIGO: 500713*”; la discusión en relación a la elección del sistema optimizado se debe principalmente a la topografía del área de estudio, ya que el sistema empleado con cotidianidad se emplaza sobre sitios caracterizados como valle con una mayor variación en el rango porcentual de la pendiente a diferencia del área de estudio donde la variación de la pendiente es mínima teniendo una gran extensión transversal.

Benavides (2016) y Rojas (2021) manifiestan diferentes alternativas con la finalidad de optimizar los procesos que permitan una mayor producción y mejoras en el ciclo productivo, mediante el incremento de la capacidad de la maquinaria principalmente. En el presente trabajo investigativo se optó por considerar el incremento en la capacidad de la maquinaria en base a la disponibilidad en el mercado local y nacional y los ajustes permitidos en las especificaciones



técnicas de la maquinaria que se encuentra operativa en el área minera permitiendo a partir de ello, que el rendimiento de la maquinaria en relación al sistema de explotación se incremente y se logre pasar de una tasa de producción diaria fijada en un valor de 180.2 m^3 , un tiempo de ciclo de producción de 18.03 minutos y con un costo de producción por metro cubico de 5.43\$ en las condiciones actuales a una producción diaria de 243.6 m^3 , un tiempo de ciclo de producción de 13.05 minutos y un costo de producción por metro cubico de 3.81\$ en el sistema optimizado representando un ahorro mensual de 974 \$, pudiendo solventar el costo conjunto de la operación de destape y preparación fijada a partir de los precios establecidos por el INEC (2022) y CAMICON (2021) en un valor de 45395.011\$.

En el área se llevaron a cabo actividades iniciales relacionadas a la infraestructura necesaria y los equipos requeridos en conformidad al sistema optimizado. Las acciones realizadas fueron: la reubicación del depósito de combustible y reapertura de un tramo de 60 metros del camino de acceso al frente de explotación N° 1, así como el incremento de la capacidad de la cuchara de la maquinaria de extracción y carga. Estas dos medidas aplicadas influyeron notablemente en el ciclo de producción, principalmente en la reducción del tiempo de viaje de ida (Cargado) y en el ciclo de carga al reducir el número de paladas necesarias para el llenado del equipo de acarreo. En términos específicos el tiempo de viaje de ida (cargado) se redujo en 2 minutos pasando de 6.28 a 4.28 minutos y el ciclo de carga paso de los 4.55 minutos a los 3.85 minutos, aproximadamente. Con ello se logra una disminución del tiempo promedio del ciclo de producción establecido en 16.03 minutos con el consecuente incremento de la producción diaria superior a los 190 metros cúbicos y la producción mensual cerca de los 5700 metros cúbicos. Este último valor representa una cifra más cercana a la demanda mensual de la empresa establecida en un valor de 6363 metros cúbicos, que se lograría alcanzar e incluso superar si se lleva a cabo la aplicabilidad de todas las condiciones de optimización, incluyendo la explotación del frente N° 2, el cual posee una mayor cantidad de recursos.



8. Conclusiones

- ✓ El área minera Vialzachin E.P., posee una topografía regular con una variación altitudinal de 12 metros, específicamente las cotas van de los 768 a los 780 metros con una pendiente variable de plana a casi plana con dos rangos porcentuales bien marcados y con una gran extensión transversal con respecto al río Zamora.
- ✓ El área de estudio se encuentra conformada mayormente por depósitos aluviales y terrazas aluviales extendidas característicamente a lo largo de los ríos Yacuambi y Zamora con una notable presencia de arenas, gravas y cantos de diámetro variable de 6 a 28 centímetros y con predominancia de andesita y granodiorita en las zonas alejadas de los cursos hídricos del área.
- ✓ En estimación de los recursos se tomaron en cuenta parámetros topográficos, geológicos, hidrográficos y técnicos que permitieron cuantificar los recursos a partir del método geométrico donde se relaciona las zonas o frentes de explotación y la profundidad media obtenida a través de calicatas logrando como resultado 59280.91 m³ como recursos medidas.
- ✓ Las operaciones mineras desarrolladas en las condiciones actuales son el destape y preparación, la extracción, la carga y el transporte, el cribado, la trituración y culminan con el stock del material en los sitios de acopio empleando un tiempo de 18.03 minutos como ciclo de producción y a partir de ello se pudo establecer la producción durante una jornada laboral en un valor de 180.2 m³.
- ✓ Para la elección del sistema de explotación optimizado se propuso tres opciones y mediante un análisis multicriterio en base a parámetros topográficos, ambientales, económicos y productivos y técnicos se seleccionó el sistema mediante "Diques transversales".
- ✓ El sistema denominado "Diques transversales" consiste en la excavación de bloques o zanjas en dirección contraria al de la corriente superficial y separados por los diques con la finalidad de propiciar las condiciones de relleno de los frentes explotados y cuyos detalles de diseño se estipularon tanto el mapa de preparación como en el mapa de diseño de los bloques confeccionado a escala 1:3000.
- ✓ Referente a las condiciones de optimización del sistema de explotación, en una primera etapa se optó por aplicar ajustes relacionados a la reubicación del depósito de combustible para la reapertura de un camino de acceso desde la frente de explotación N° 1 hacia la zona de stock temporal en un tramo aproximado de 60 metros, llevar un sentido



de avance de la explotación en dirección contraria a la del cauce natural (aguas arriba) y el incremento de la capacidad del cucharón de la maquinaria logrando el incremento de la producción.

- ✓ Las operaciones mineras en las condiciones de optimización implican el incremento de la capacidad de la maquinaria de extracción y carga pasando de 1m^3 a 1.20m^3 , lo cual incrementa su rendimiento y producción de 99.77 a 119.73 metros cúbicos por día, logrando una reducción significativa en el ciclo de producción de 5 minutos y aumentando la producción diaria hasta los 243.6 metros cúbicos.
- ✓ El análisis económico establece una reducción significativa en los costos pasando de un precio de 5.43 \$ por la producción de un metro cúbico actualmente a 3.81 \$ en el sistema óptimo fijando la reducción diaria en 1.62 \$ y la mensual en 974 \$ pudiendo solventar a partir de ello el costo por el destape y preparación de los frentes de trabajo establecido en un valor total de 45395.011\$.



9. Recomendaciones

- Cumplir con las tareas de mantenimiento de la maquinaria y equipos operativos acorde a las especificaciones técnicas, principalmente en relación al cambio de neumáticos, filtros y aceites, limpieza de cabinas, revisiones de panel de control y la sustitución de los equipos de mayor desgaste como el cucharón y las puntas de corte.
- Evitar exceder las dimensiones de explotación de los bloques con la finalidad de mantener la zona de protección de la rivera y los canales de carga y descarga y con ello evitar perder las condiciones óptimas de operación cuando acontezcan periodos de intensa precipitación.
- Supervisar semanalmente los índices de reducción del material procesado en la planta de trituración tanto en la etapa de trituración primaria como en la etapa de la trituración secundaria y efectuar la limpieza del acceso a la zona de cribado en un intervalo mensual.
- Tramitar la ampliación de la superficie concesionada ya que la actual área no ocupa toda la llanura de inundación, esencialmente en el frente N°2 y con ello elevar la cantidad de material que se puede aprovechar.
- Efectuar el regado de los caminos de acceso con el tanquero de agua y reglamentar la velocidad de la maquinaria de transporte a 20Km/hora desde los frentes de explotación hasta la zona de producción con la finalidad de evitar la generación del material particulado.
- Solicitar a la autoridad pertinente la supervisión de las áreas circundantes a los frentes de explotación tanto aguas arriba como aguas abajo para evitar la contaminación de los materiales áridos y pétreos por la minería ilegal.
- Considerar el costo del destape y preparación dentro de los rubros de ingresos y gastos que maneja la empresa en su partida presupuestaria.



10. Bibliografía

- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de Carreteras*. San Vicente del Raspeig.
- Barranco López, J. L. (2008). Obtenido de <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2225/1/TGT-756.pdf>
- Bellester, F. (2014). Obtenido de <https://www.maquinariaspesadas.org/blog/1567-curso-equipos-excavacion-excavadoras-palas-componentes>
- Benavides Ochoa, D. X. (2016). Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera “El Huato”, Código 600155, ubicada en las parroquias Malacatos y San pedro de Vilcabamba, cantón y provincia de Loja”. (*Tesis de grado*). Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Blanco, E. A. (2014). Obtenido de https://ocw.unican.es/pluginfile.php/693/course/section/703/11._plantas_de_aridos.pdf
- Castillo Vilca, Y. (2018). Obtenido de http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8622/Castillo_Vilca_Yack.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chavarria, V. (2021). Obtenido de https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/trituradora-de-mandibula_89169/
- Cherné Tarilonte, J. (1993). Obtenido de https://repository.ugc.edu.co/bitstream/handle/11396/3434/Analisis_desempeño_excavadora_Cat320D.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chiriboga Fernández, M. I., Pillasagua Carrera, J. L., & Baquerizo, E. S. (2010). Obtenido de <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/15991/1/Rendimiento%20de%20Equipo%20Pesado%20para%20la%20Explotación%20de%20una%20Cantera%20de%20Cielo%20Abierto.pdf>
- Delgado Valhondo, J. (2010). *ESTUDIO SOBRE ÁRIDOS*. Madrid: EXPLORA GEOLOGÍA. Obtenido de http://www.explorageologia.com/documentos/ESTUDIO%20SOBRE%20_RIDOS%20geolog%EDA%20legislaci%F3n%20medio%20ambiente%20normativa%20explotaci%F3n%20tratamiento.pdf



- Dorado Castro, A. (2015). *Petrografía de Rocas, Ígneas y Metamórficas* (Primera ed.). Madrid: Ediciones Parainfo, SA.
- Duque Escobar, G. (2016). *Manual de Geología para Ingenieros*. Manizales: Universidad Nacional de Colombia.
- Espinosa Rodríguez, J. L. (2019). Diseño de explotación de los agregados pétreos del depósito aluvial del río Macará, ubicado en el sector “La Cruz”, perteneciente al cantón Macará, provincia de Loja. (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Ferzan, G. (2013). Obtenido de <https://gabrieluferzan.wixsite.com/geografia1/blank-j5ela>
- Flores Vélez, M. F. (2018). Obtenido de https://www.bibliocad.com/es/biblioteca/maquinas-para-la-construccion_124914/
- GAD Parroquial Guadalupe. (2019). Obtenido de <https://www.gadparroquialguadalupe.gob.ec/>
- GAD PROVINCIAL DE ZAMORA CHINCHIPE. (2014). *PLAN DE RIEGO Y DRENAJE*. Zamora: GADPZCH.
- Gárate González, J. S. (2016). Obtenido de http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/15953/1/68581_1.pdf
- Guamán Inga, L. E. (2021). Fuente: Autor, (2022). (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional de Loja, Loja.
- Guemes Corgo, A., & Martín Piris, N. (2012). *Ciencia e Ingeniería de materiales para ingenieros*. Madrid: Pearson Educación, S.A..
- Hernandez Gomez, R. H. (2012). Obtenido de https://www.academia.edu/25040736/M%C3%A9todos_c%C3%A1lculos_de_Estimaci%C3%B3n_de_reservas
- Herrera Herbert, J. (2007). *Diseño de explotaciones de Cantera*. Madrid.
- Herrera Panchi, C. A. (Junio de 2016). Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/6488/1/T-UCE-0012-11.pdf>
- Huamanvilca Ichocán, A. J. (2016). Obtenido de <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-catolica-de-santa-maria/geologia-de-minas/apuntes/apuntes-la-cubicacion-de-reservas-de-un-yacimiento/5072478/view>



- INIGEMM. (2018). <https://www.geoenergia.gob.ec/>. Obtenido de <https://www.geoenergia.gob.ec/mapas-geologicos/>
- López Jimeno, C. (2014). Obtenido de https://www.academia.edu/28831067/T%C3%89CNICAS_DE_EXPLORACION_MINERAS
- Mejía, N. (2014). Obtenido de <http://ocw.utpl.edu.ec/ingenieria-civil/topografia-elemental/unidad-1-principios-de-topografia.pdf>
- Mojica Villamizar, R., & Manrique Alfonso, J. (2002). Obtenido de http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_sogamoso/pregrado/minas/documentos/DIQUES_TRANSVERSALES_METODO_DE_EXPLORACION_MINERO_x_A_MBIENTAL.pdf
- Pachar Bravo, E. P. (2018). Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos del área minera “Yuma, código 600011”, sector Nangóra, parroquia Malacatos cantón y provincia de Loja. (*Tesis de Grado*). Universidad Nacional de Loja, (Tesis de Grado).
- Plaza Diez, O. (2008). *Geología Aplicada a la ingeniería civil*. Madrid : Universidad Politécnica de Madrid .
- R., D. R., & Wndelin, W. J. (2016). *Ciencia e Ingeniería de los materiales*. México D.F.: Cengage Learning Editores S.A.
- RETEMA. (06 de Junio de 2019). *REVISTA TÉCNICA DE MEDIO AMBIENTE*. Obtenido de *REVISTA TÉCNICA DE MEDIO AMBIENTE*: <https://www.retema.es/noticia/malaga-apuesta-firme-por-los-aridos-recicladoss-3Z0v4>
- Rodríguez Álvarez, R. (07 de Agosto de 2012). Obtenido de https://www.medellin.unal.edu.co/~rrodriguez/geologia/yacimientos/depositos_minerales.htm
- Rumaldo Torres, W. (2016). Obtenido de <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/21300/Chal%20Caja%20Micol%20Luis%20Monteza%20Rodas%20Yaneth%20del%20Rocio.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Suárez Silgado, S. S. (2015). Obtenido de <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/376709/TSSSS1de1.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Tamayo Jaramillo, Á. E. (2016). *Ángel Efrén*. Universidad Nacional de Loja, Loja.



11. Anexos

Anexo 1. Mapa Hidrográfico

Anexo 2. Mapa Topográfico Digitalizado de Vialzachin E.P.

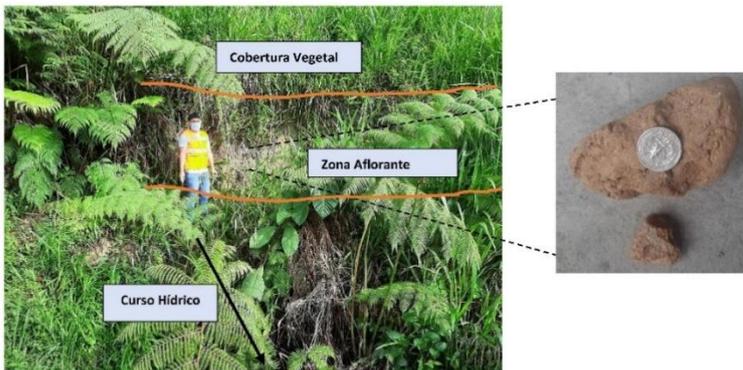
Anexo 3. Mapa Topográfico

Anexo 4. Mapa Geológico Regional

(Ubicado en el CD-R N° 1)

Anexo 5. Fichas de descripción de afloramientos y calicatas

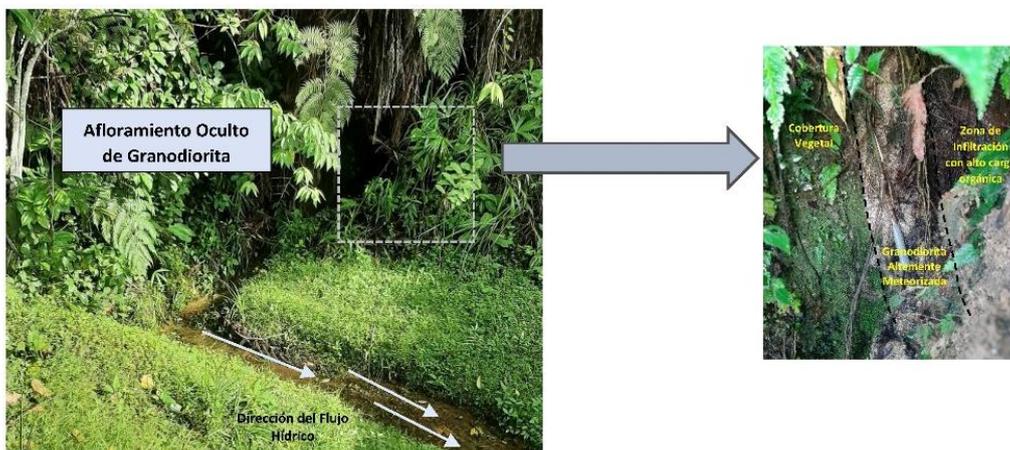
Ficha 1. Afloramiento 1

Ficha de Descripción de Afloramientos				
PROYECTO	Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa pública Vialzachin E.P, 1 Código 50001288 ubicada en el sector de la Saquea, Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.			
Nº. Afloramiento	#1			
Fecha:	04/06/2021			
Responsable:	Oscar Escobar			
Ubicación:	X	739896	Datum: UTM/WGS84	
	Y	9566646		
	Z	775		
Tipo de Afloramiento:	Natural	X	Antrópico	
Dimensiones:	Ancho:	3 m.	Altura:	6 m.
Datos Estructurales:	Rumbo:	N 27° E	Buzamiento:	
Formación Geológica:	Depósito Aluvial			
Descripción Geológica:	El primer afloramiento presenta un alto porcentaje de humedad, se aprecian pequeñas infiltraciones al pie del mismo y geológicamente está conformado por granodiorita en donde predomina feldespatos alcalinos y cuarzo. Además, el suelo residual ha ocultado gran parte del afloramiento producto de su transporte por los cursos hídricos que atraviesan la parte central del afloramiento.			
Observaciones:	Se evidencia deslizamiento del material, desencadenado quizá por la presencia de una alcantarilla al pie del afloramiento y pequeñas infiltraciones de agua en el centro del mismo.			
Registro Fotográfico				
				

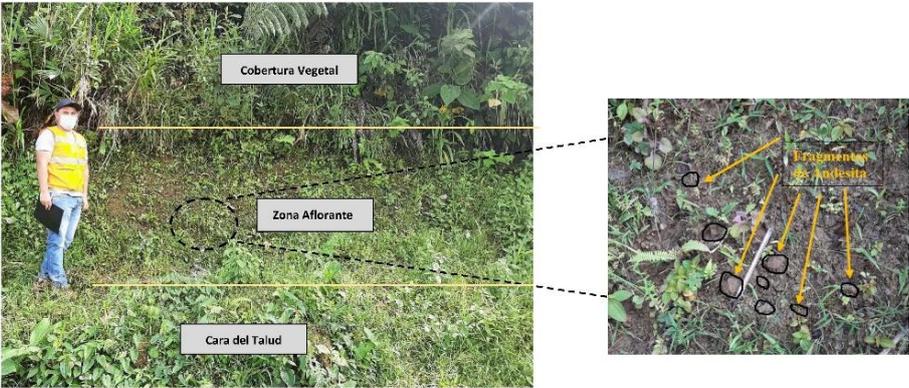
Ficha 2. Afloramiento 2

Ficha de Descripción de Afloramientos				
PROYECTO	Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa pública Vialzachin E.P,1 Código 50001288 ubicada en el sector de la Saquea, Parroquia Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.			
Nº. Afloramiento	#2			
Fecha:	04/06/2021			
Responsable:	Oscar Escobar			
Ubicación:	X	749872	Datum: UTM/WGS84	
	Y	9566633		
	Z	775		
Tipo de Afloramiento:	Natural	X	Antrópico	
Dimensiones:	Ancho:	5 m.	Altura:	2 m.
Datos Estructurales:	Rumbo:	N 73 E	Buzamiento:	
Formación Geológica:	Intrusivos – Granodiorita			
Descripción Geológica:	En el afloramiento se evidencia una elevadísima meteorización sobre el material intrusivo que corresponde a granodiorita, que a diferencia del primer afloramiento no se encuentra mezclado con el suelo residual como material cementante. La granodiorita es sumamente frágil y prueba de ello es la dificultad para disponer de muestras de mano, a lo que se suma la tonalidad blanquecina producto de su alto contenido en plagioclasas.			
Observaciones:	En este afloramiento se destaca una alta erosión hídrica sobre el material intrusivo ya que el curso hídrico transita en toda la parte central del afloramiento. De igual manera la vegetación impide una vista adecuada del afloramiento.			

Registro Fotográfico



Ficha 3. Afloramiento 3

Ficha de Descripción de Afloramientos			
PROYECTO	Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa pública Vialzachin E.P,1 Código 50001288 ubicada en el sector de la Saquea, Parroquia Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.		
Nº. Afloramiento	#3		
Fecha:	04/06/2021		
Responsable:	Oscar Escobar		
Ubicación:	X	739775	Datum: UTM/WGS84
	Y	9566579	
	Z	776	
Tipo de Afloramiento:	Natural		Antrópico
Dimensiones:	Ancho:	5 m.	Altura:
Datos Estructurales:	Rumbo:	N 51° E	Buzamiento:
Formación Geológica:	Deposito Aluvial		
Descripción Geológica:	El material geológico corresponde a fragmentos angulosos y detritos de andesitas altamente meteorizadas que se encuentra altercada con material orgánico, este último predomina mayoritariamente y se constituye como material cementante producto de la alta descomposición de la vegetación densa que cubre el afloramiento.		
Observaciones:	La referencia más precisa de su ubicación es su localización frente a la entrada del área. El origen del afloramiento deductivamente se debe a actividades relacionadas con la modificación geométrica del talud.		
Registro Fotográfico			
			

Ficha 4. Afloramiento 4

Ficha de Descripción de Afloramientos				
PROYECTO	Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa pública Vialzachin E.P,1 Código 50001288 ubicada en el sector de la Saquea, Parroquia Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.			
Nº. Afloramiento	#4			
Fecha:	04/06/2021			
Responsable:	Oscar Escobar			
Ubicación:	X	739758	Datum: UTM/WGS84	
	Y	9566569		
	Z	776		
Tipo de Afloramiento:	Natural	X	Antrópico	
Dimensiones:	Ancho:	3.5 m	Altura:	8 m.
Datos Estructurales:	Rumbo:	N 86° E	Buzamiento:	
Formación Geológica:	Unidad La Saquea			
Descripción Geológica:	En el afloramiento se presenta material típico de la unidad La Saquea, es decir que corresponde a material ígneo de tipo andesítico con un elevado contenido de óxidos lo que le otorga la coloración marrón. El material ígneo se presenta en forma de fragmentos ángulos (5 cm a 20 cm).			
Observaciones:	Afloramiento asociado a un deslizamiento con una alta concentración de materia orgánica.			

Registro Fotográfico



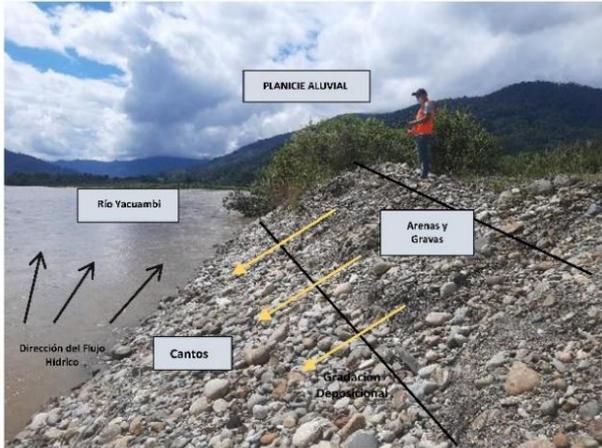
Ficha 5. Afloramiento 5

Ficha de Descripción de Afloramientos				
PROYECTO	Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa pública Vialzachin E.P,1 Código 50001288 ubicada en el sector de la Saquea, Parroquia Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.			
Nº. Afloramiento	#5			
Fecha:	04/06/2021			
Responsable:	Oscar Escobar			
Ubicación:	X	739745	Datum: UTM/WGS84	
	Y	9566561		
	Z	770		
Tipo de Afloramiento:	Natural	X	Antrópico	
Dimensiones:	Ancho:	12 m.	Altura:	8 m.
Datos Estructurales:	Rumbo:	S 54° E	Buzamiento:	84
Formación Geológica:	Unidad La Saquea			
Descripción Geológica:	En el presente afloramiento se puede apreciar claramente la tonalidad característica de la andesita de color gris, ya que se presenta como macizo y no como fragmentos angulosos intercalados con materia vegetal. De igual manera se puede apreciar el diaclasamiento del material ígneo con un buzamiento de 88 grados y con una dirección que indica la geometría de las líneas y planos de flujo magmático.			
Observaciones:	Presenta alta vegetación arbustiva que cubre el afloramiento en un 80% y que además ocasiona el desprendimiento de bloques angulares de andesitas y configura el diaclasamiento del material geológico.			
Registro Fotográfico				
 <p>The photographic record consists of three images. The left image shows a field view of the outcrop with labels for 'Cobertura Vegetal' (vegetation cover), 'Diaclasamiento' (diagenesis), and 'Vegetación al pie del Afloramiento' (vegetation at the base of the outcrop). A person is visible in the foreground. The top right image is a close-up of the rock surface with labels for 'Planos de Diaclasamiento' (diagenesis planes) and 'Andesita Altavista arenolizada' (arenolized Altavista andesite). The bottom right image shows a close-up of a rock block with a coin placed next to it for scale.</p>				

Ficha 6. Afloramiento 6

Ficha de Descripción de Afloramientos				
PROYECTO	Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa pública Vialzachin E.P,1 Código 50001288 ubicada en el sector de la Saquea, Parroquia Guadalupe, Cantón Zamora, Provincia de Zamora Chinchipe.			
Nº. Afloramiento	#6			
Fecha:	04/06/2021			
Responsable:	Oscar Escobar			
Ubicación:	X	739471	Datum: UTM/WGS84	
	Y	9566157		
	Z	770		
Tipo de Afloramiento:	Natural		Antrópico	X
Dimensiones:	Ancho:	11.5 m.	Altura:	14 m.
Datos Estructurales:	Rumbo:	N 41° E	Buzamiento:	
Formación Geológica:	Unidad La Saquea			
Descripción Geológica:	El material geológico presente en el presente afloramiento es característico de la Unidad La Saquea, por lo que el material trata de andesitas que denotan una gran meteorización y de forma particular en la zona central del afloramiento transita una quebrada que genera la demarcación de dos márgenes; el izquierdo presenta material suelto propenso a deslizamiento y el derecho presenta material andesítico de una tonalidad gris oscura.			
Observaciones:	Ampliando el contexto local, la zona circundante al presente afloramiento se considera como una zona sumamente próxima a un contacto inferido entre las unidades plan del Oso y la unidad La Saquea.			
Registro Fotográfico				
				

Ficha 7. Afloramiento 7

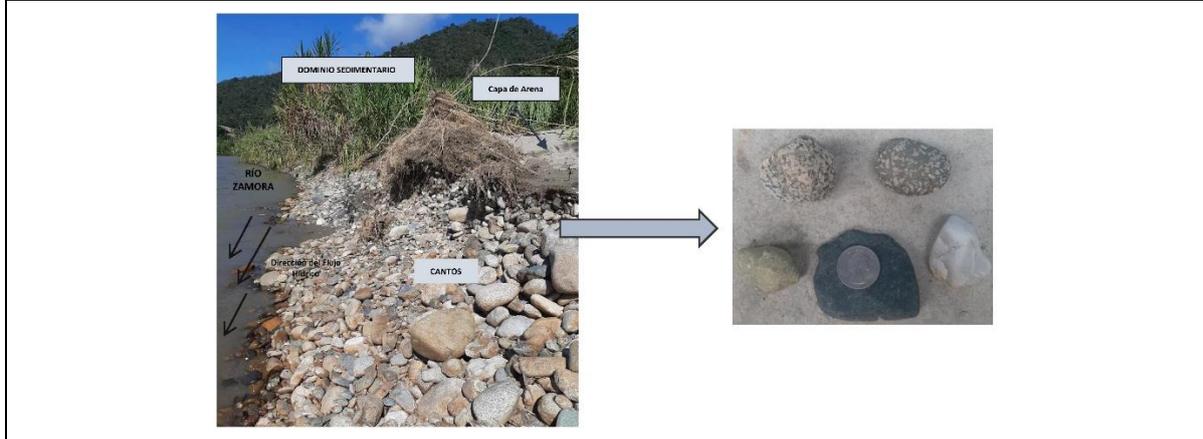
Ficha de Caracterización Geológica del Depósito de Materiales No Metálicos				
Nº. Afloramiento	#7			
Fecha:	04/06/2021			
Responsable:	Oscar Escobar			
Ubicación:	X	739907	Datum: UTM/WGS84	
	Y	9566199		
	Z	770		
Tipo de Afloramiento:	Natural		Antrópico	X
Tipo de Depósito:	Llanura de Inundación:		Terraza Aluvial:	X
Dimensiones:	Ancho:	18 m.	Altura:	6 m.
Forma Del Material:	Redondeado:			
	Sub-redondeado:			
	Angular:			
Diámetro:	Oscilación variable de hasta un máximo de 80 centímetros.			
Observaciones:	<p>Geológicamente forma parte de los depósitos aluviales y destaca su combinación de materiales metamórficos y volcánicos. Su localización referencial es anterior a la desembocadura del río Yacuambi en el río Zamora. Se distingue material conformado por arenas, gravas y bloques con matriz areno-limosa característica de los depósitos aluviales a lo largo del río Yacuambi. El afloramiento presente una geometría de talud subvertical de 6 metros.</p>			
Registro Fotográfico				
				

Ficha 8. Afloramiento 8

Ficha de Caracterización Geológica del Depósito de Materiales No Metálicos

Nº. Afloramiento	#8			
Fecha:	04/06/2021			
Responsable:	Oscar Escobar			
Ubicación:	X	740011	Datum: UTM/WGS84	
	Y	9566445		
	Z	770		
Tipo de Afloramiento:	Natural	X	Antrópico	
Tipo de Depósito:	Llanura de Inundación:		Terraza Aluvial:	X
Dimensiones:	Ancho:	10.80 m.	Altura:	1.50
Forma Del Material:	Redondeado:		X	
	Sub-redondeado:		X	
	Angular:			
Diámetro:	Material variable de 6 a 28 centímetro			
Observaciones:	<p>El afloramiento se ubica al margen izquierdo del río Zamora y característicamente presenta en su parte superior una capa de arena con una potencia variable de 60 centímetros a 120 centímetros. Litológicamente se compone de material variable entre ígneos y metamórficos (cuarcita, andesita, granito y granodiorita) posterior a la unión con el río Yacuambi y el río Zamora. En este afloramiento no se aprecia una buena gradación del material sedimentario, sino que en cambio domina exclusivamente los agregados gruesos (diámetro variable entre 6 cm y 28cm).</p>			

Registro Fotográfico





Ficha 9. Afloramiento 9

Ficha de Caracterización Geológica del Depósito de Materiales No Metálicos

Nº. Afloramiento	#9			
Fecha:	04/06/2021			
Responsable:	Oscar Escobar			
Ubicación:	X	740043	Datum: UTM/WGS84	
	Y	9566503		
	Z	770		
Tipo de Afloramiento:	Natural	X	Antrópico	
Tipo de Depósito:	Llanura de Inundación:		Terraza Aluvial:	X
Dimensiones:	Ancho:	22.7 m.	Altura:	1.90
Forma Del Material:	Redondeado:		X	
	Sub-redondeado:		X	
	Angular:			
Diámetro:	Material variable de 2 a 32 centímetros.			
Observaciones:	Aflora en el margen izquierdo del Río Zamora posterior a la unión con el río Yacuambi. En cuanto al material sedimentario de este afloramiento destaca la gradación de material fino y agregado grueso. Además, se precia con facilidad las rizaduras debido a las diferentes crecidas del río Zamora.			

Registro Fotográfico





FICHAS DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS

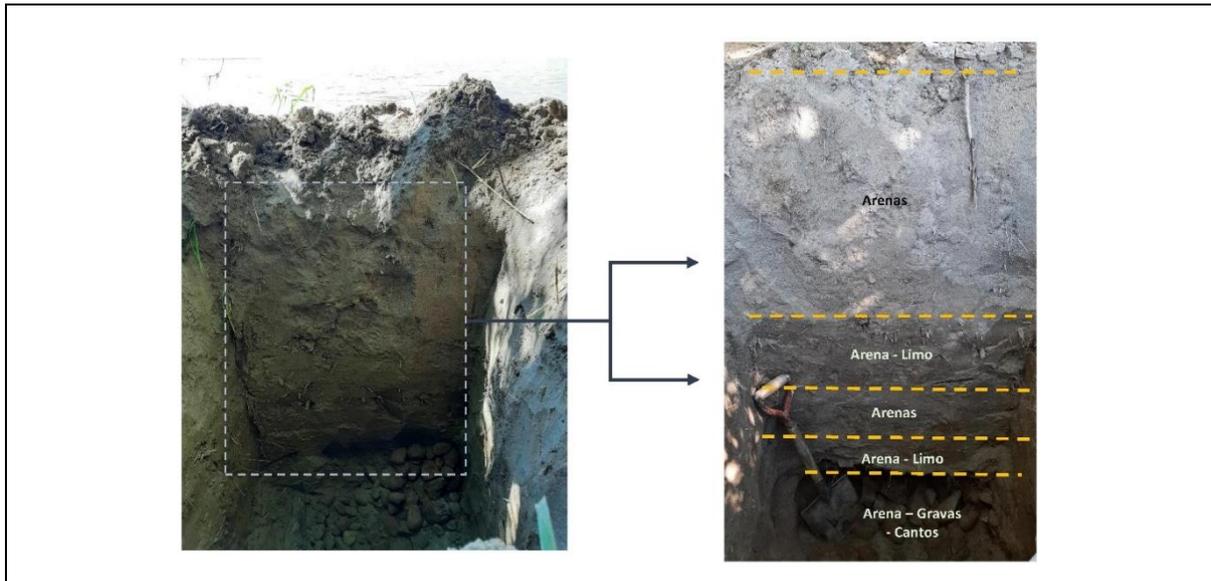
Ficha 10. Descripción de Calicata 1

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS				
N° CALICATA	1°			
Fecha:	27/Junio/2021			
Responsable	Oscar Escobar			
Coordenadas:	X:	740140	DATUM: UTM/WGS84/17S	
	Y:	9566680		
	Z:	770		
Tipo de Excavación:	Mecánica			
Dimensiones	Largo	1.30 m.	Ancho	1.20 m.
Contenido de Agua	Seco	Poco Húmedo	Muy Húmedo	Saturado
			X	
Profundidad:	1.90 m.			
Descripción:	<p>Superficialmente se localiza en los dominios de los depósitos aluviales al margen izquierdo del río Yacuambi. Desde la perspectiva estratigráfica se encontraron 3 estratos. De arriba hacia abajo:</p> <p>1er. Estrato: presenta material arenoso con baja humedad y un espesor de 90 centímetros.</p> <p>2do. Estrato: presenta una capa de arena – limo con un alto porcentaje de humedad y un espesor de 20 centímetros</p> <p>3er. Estrato: presenta un alto porcentaje de humedad y está conformado de material arenoso (arena muy gruesa), gravas de tamaño variable (rango entre 16 – 64 mm) y cantos (64 mm – 256 mm) con un grosor de 80 cm.</p>			
Registro Fotográfico				
 				



Ficha 11. Descripción de Calicata 2

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE CALICATAS				
N° CALICATA	2°			
Fecha:	27/Junio/2021			
Responsable	Oscar Escobar			
Coordenadas:	X:	740400	DATUM: UTM/WGS84/17S	
	Y:	9566739		
	Z:	769		
Tipo de Excavación:	Mecánica			
Dimensiones	Largo	1.25 m.	Ancho	1.18 m.
Contenido de Agua	Seco	Poco Húmedo	Muy Húmedo	Saturado
			X	
Profundidad:	2.10 m.			
Descripción:	<p>Su ubicación referencial es el margen derecho de río Zamora y se relaciona de igual manera con los depósitos aluviales cuaternarios, así como con la estructura fluvial (N° 2). La relación estratigráfica en esta calicata es similar a la anterior con una diferencia marcada por el aumento de las capas de arena – limo y que el estrato base presenta tonalidades variables entre café y marrón. La gradación estratigráfica (Ver Figura 15) de arriba hacia abajo:</p> <p>1er. Estrato: presenta arena (1–2 mm) de tonalidad gris y de 40 centímetros de espesor.</p> <p>2do. Estrato: presenta una capa de arena – limo con un alto porcentaje de humedad y un espesor de 20 centímetros.</p> <p>3er. Estrato: una nueva capa de arena, pero con mayor contenido de humedad y un espesor 80 centímetros.</p> <p>4to. Estrato: presenta material areno-limoso de similares características al de estrato 2, presentando similitud en el valor del espesor de dicha capa (20 centímetros).</p> <p>5to. Estrato: presenta un grosor de 50 cm., y conforma el estrato base de la columna. Está conformado por gravas de tamaños variable, que según la determinación en campo el rango variable es de 6 a 14 cm correspondiéndose como cantos y gravas muy gruesas.</p>			
Registro Fotográfico				





Anexo 6. Mapa de Geología Local

Anexo 7. Mapa Geológico con Estructuras Fluviales

Anexo 8. Mapa de Áreas de Explotación

(Ubicado en el CD-R N° 1)



Anexo 9. Análisis y Resultados de laboratorio

Resultados de la muestra M-001



EMPRESA PUBLICA DE VIALIDAD VIALZACHIN E.P.
 LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS
 PROYECTO: Optimización del sistema de explotación en el área minera VIALZACHIN E.P.
 MUESTRA: M-001
 MATERIAL: MEJORAMIENTO



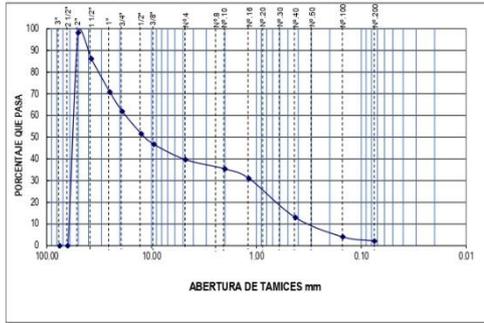
PROCEDENCIA: RIO ZAMORA
 FECHA: 02 DE AGOSTO 2021

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA
75	3"	0		
83	2 1/2"	0		
50	2"	218	2	98
37.5	1 1/2"	1684	14	86
25	1"	3540	29	71
19	3/4"	4623	38	62
12.5	1/2"	5879	48	52
8.5	3/8"	6464	53	47
4.750	Nº 4	7324	60	40
	Pasa Nº 4	4816	40	60
2.360	Nº 8			
2.000	Nº 10	54	4	35
1.180	Nº 16	109	9	31
0.850	Nº 20			
0.600	Nº 30			
0.425	Nº 40	336	27	13
0.300	Nº 50			
0.150	Nº 100	449	36	4
0.075	Nº 200	473	38	2.2
	Pasa Nº 200	27	2.2	
TOTAL		12140		
Peso Total de Lavado:			500.00	
Peso Total después de Lavado:			472.70	
Módulo de Finura:				

CAPSULA	PESO CAPSULA	PESO CAP. + SUELO H.	PESO CAP. + SUELO SECO	Nº DE GOLPES	CONTENIDO DE HUMEDAD	PROMEDIO
	18.70	204.00	190.40		HUMEDAD NATURAL	7.92

CLASIFICACIÓN	
LP. (Índice de Plasticidad)	LP. = NP
D10 (diámetro efectivo)	0.40 mm.
D30	1.20 mm.
D60	18.88 mm.
Cu (Coeficiente de Uniformidad)	43.27
Cc (Grado de Curvatura)	0.2
IG (Índice de Grupo)	
Clasificación S.U.C.S.	Grava mal graduada con arena con bloques GP
Clasificación AASHTO	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena

CURVA GRANULOMÉTRICA



Resultados de la muestra M-002



EMPRESA PUBLICA DE VIALIDAD VIALZACHIN E.P.
 LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS
 PROYECTO: Optimización del sistema de explotación en el área minera VIALZACHIN E.P.
 MUESTRA: M-002
 MATERIAL: MEJORAMIENTO



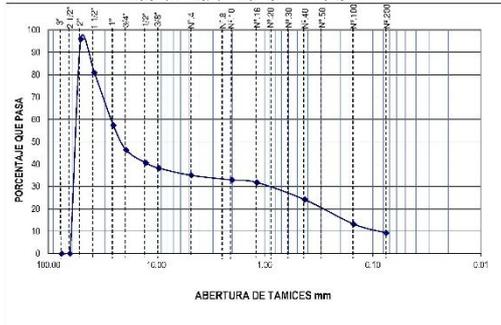
PROCEDENCIA: RIO ZAMORA
 FECHA: 02 DE AGOSTO 2021

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA
75	3"	0		
63	2 1/2"	0		
50	2"	438	4	96
37.5	1 1/2"	2088	19	81
25	1"	4811	43	57
19	3/4"	5809	54	46
12.5	1/2"	6435	60	40
9.5	3/8"	6684	62	38
4.750	Nº 4	7034	65	35
	Pasa Nº 4	3778	35	65
2.360	Nº 8			
2.000	Nº 10	29	2	33
1.180	Nº 16	45	3	32
0.850	Nº 20			
0.600	Nº 30			
0.425	Nº 40	155	11	24
0.300	Nº 50			
0.150	Nº 100	312	22	13
0.075	Nº 200	369	26	9.2
	Pasa Nº 200	131	9.2	
TOTAL		10812		
Peso Total de Lavado:			500.00	
Peso Total después de Lavado:			388.80	
Módulo de Finura:				

CAPSULA	PESO CAPSULA	PESO CAP. + SUELO H.	PESO CAP. + SUELO SECO	Nº DE GOLPES	CONTENIDO DE HUMEDAD	PROMEDIO
	21.70	200.00	188.40		8.26	8.26

CLASIFICACIÓN	
I.P. (Índice de Plasticidad)	LP. = NP
D10 (diámetro efectivo)	0.09 mm.
D30	1.02 mm.
D60	26.64 mm.
Cu (Coeficiente de Uniformidad)	286.43
Cc (Grado de Curvatura)	0.42
IG (Índice de Grupo)	
Clasificación S.U.C.S.	Grava mal graduada con arena con bloques GP
Clasificación AASHTO	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena

CURVA GRANULOMÉTRICA





Resultados del ensayo de abrasión de la muestra M-002

EMPRESA PUBLICA DE VIALIDAD VIALZACHIN E. P. LABORATORIO DE SUELOS, HORMIGONES Y ASFALTOS

Vía: Zamora-Yantzaza Km 25 1/2, Soapaca

Teléfonos: 3037910 - 3037871 - 3037887

www.vialzachin.gob.ec



DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ABRASIÓN ARIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 MM MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

Proyecto:	Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos.		
Muestra :	M-002	Procedencia:	Río Zamora
Norma:	ASTM Designation C 131	Fecha:	02 de agosto 2021

GRADACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO SEPARADA POR TAMIZADO

Tamices en mm		Masa de la muestra de ensayo en gramos			
		Gradación			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
37.5	25	1250			
25	19	1249.4			
19	12.5	1250.9			
12.5	9.5	1250.4			
9.5	6.7				
6.7	4.75				
4.75	2.36				
Total		5000.7			

Número de esferas=	12	Masa de la carga abrasiva=	5016 g
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A)=			5000.70
Masa total de la muestra después de 500 revoluciones (B)=			3853.50
Valor de la abrasión (en porcentaje) después de 500 revoluciones (V)=			22.94 %

Valor de Abrasión en porcentaje $V = (A - B)/A \times 100$	Requisito de desgaste a la Abrasión Máximo Porcentaje 50 %
---	---



Anexo 10. Mapa de Infraestructura

(Ubicado en el CD-R N° 1)



Anexo 11. Fichas de caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo

Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo			
Infraestructura:	Oficinas (Administrativo)		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:	X		
Material Constructivo:	X		
Mantenimiento:	SI:		
	NO:	X	
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:		
	Almacenamiento:		
	Otro:	X	
Observaciones:	Al culminar la construcción de la segunda planta administrativa, se readecuaron internamente los departamentos de gerencia, talento humano, equipo técnico y personal de servicio.		

Fotografía



Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo			
Infraestructura:	Laboratorio de Suelos		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:		X	
Material Constructivo:	X		
Mantenimiento:	SI:		
	NO:	X	
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:		
	Almacenamiento:		
	Otro:	X	



Observaciones:	Instalado en la planta baja de las oficinas administrativas, también en los trabajos de adecuación de las oficinas se procedió a la terminación de la fachada exterior.
-----------------------	---

Fotografía



Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo

Infraestructura:	Bodega de Desechos Peligrosos		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:		X	
Material Constructivo:	X		
Mantenimiento:	SI:	X	
	NO:		
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:		
	Almacenamiento:	X	
	Otro:		
Observaciones:	La bodega ya evidencia limitación en el espacio para el almacenamiento de los desechos.		

Fotografía





Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo			
Infraestructura:	Baños		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:	X		
Material Constructivo:	X		
Mantenimiento:	SI:		
	NO:	X	
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:		
	Almacenamiento:	X	
	Otro:		
Observaciones:	Se ubica cerca de la zona de cribado, por lo que se sitúa demasiado lejos de las oficinas.		
Fotografía			
			

Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo			
Infraestructura:	BODEGA 1		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:	X		
Material Constructivo:		X	
Mantenimiento:	SI:		
	NO:	X	
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:	X	
	Almacenamiento:		
	Otro:		
Observaciones:	Empleada para almacenar equipos y herramientas usadas en la planta de trituración, en el área de maquinaria e insumos de construcción.		
Fotografía			



Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo			
Infraestructura:	BODEGA 2		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:			X
Material Constructivo:		X	
Mantenimiento:	SI:	X	
	NO:		
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:		
	Almacenamiento:	X	
	Otro:		
Observaciones:	La bodega se encuentra en mal estado y total abandono, evidenciando una falta de mantenimiento que puede ocasionar serios problemas en los materiales almacenados.		

Fotografía





Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo			
Infraestructura:	Planta de Asfalto		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:	X		
Material Constructivo:	X		
Mantenimiento:	SI:		
	NO:	X	
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:		
	Almacenamiento:		
	Otro:	X	
Observaciones:	Los equipos y elementos mecánicos que conforman la planta presentan un buen estado de conservación debido a que todos los equipos se encuentran protegidos por cubiertas de distinto tipo y de forma individualizada.		
Fotografía			
			

Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo			
Infraestructura:	Planta Administrativa 2		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:		X	
Material Constructivo:	X		
Mantenimiento:	SI:	X	
	NO:		
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:	X	
	Almacenamiento:		
	Otro:		
Observaciones:	La infraestructura se encuentra en el ingreso al área minera y requiere un mantenimiento relacionado a la limpieza de la maleza en la planta baja y de la culminación de la fachada exterior.		

Fotografía



Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo

Infraestructura:	ÁREA DE TRITURACIÓN (Planta de Trituración)		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:		X	
Material Constructivo:	X		
Mantenimiento:	SI:	X	
	NO:		
Área de Trabajo:	Acopio:		
	Trituración:	X	
	Almacenamiento:		
	Otro:		
Observaciones:	La planta presenta rasgos de oxidación en gran parte de su armadura metálica ya que el área no presenta ningún tipo de cubierta, afectando a todos los equipos de trituración como lo son la tolva, la trituradora de mandíbulas y la trituradora de conos principalmente.		

Fotografía





Ficha de Caracterización de Infraestructura y Áreas de Trabajo

Infraestructura:	Área de Cribado		
	Bueno	Regular	Malo
Estado:		X	
Material Constructivo:	X		
Mantenimiento:	SI:	X	
	NO:		
Área de Trabajo:	Acopio:	X	
	Trituración:		
	Almacenamiento:		
	Otro:		
Observaciones:	La zona de descarga presenta abundante maleza por lo que se requiere efectuar de forma inmediata una limpieza de la misma. Además la malla de cribado presenta un alto grado de oxidación producto de su exposición a la intemperie.		

Fotografía





Anexo 12. Registro de Tiempos de Producción

Ficha 12. Ficha de Registro de Tiempos de Producción: JORNADA N° 1

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA											
Jornada de Trabajo N°:		1					Fecha:			30/08/2021	
N° Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga	4.03	4.15	4.15	4.03	4.13	4.05	4.11	4.07	4.18	3.31	4.021
Viaje IDA	6.28	6.16	6.3	6.16	6.13	6.12	6.1	6.28	6.46	6.46	6.245
Giro y Posicionamiento, Descarga	1.57	2.02	1.55	2.02	1.5	1.55	2.11	1.59	1.52	2.08	1.751
Viaje Regreso	5.38	5.44	5.35	5.38	5.26	5.42	5.43	5.3	5.46	5.35	5.377
Posicionamiento para Carga	0.46	0.41	0.35	0.38	0.4	0.35	0.45	0.37	0.4	0.37	0.394
TOTAL (min)	17.72	18.18	17.7	17.97	17.42	17.49	18.2	17.61	18.02	17.57	17.788
Ciclo Promedio (min)											17.788

Ficha 13. Ficha de Registro de Tiempos de Producción: JORNADA N° 2

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA											
Jornada de Trabajo N°:		2					Fecha:			31/08/2021	
N° Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga	4.15	4.15	4.12	4.14	4.14	4.09	4.2	4.19	4.21	4.19	4.158
Viaje IDA	6.47	6.25	6.36	6.45	6.37	6.18	6.33	6.27	6.35	6.14	6.317
Giro y Posicionamiento, Descarga	2.08	2.01	2.02	2.13	2.06	2.14	2.05	2.16	2.08	2.08	2.081
Viaje Regreso	5.38	5.47	5.49	5.44	5.5	5.48	5.39	5.38	5.38	5.49	5.44
Posicionamiento para Carga	0.47	0.44	0.41	0.39	0.5	0.41	0.47	0.47	0.49	0.51	0.456
TOTAL (min)	18.55	18.32	18.4	18.55	18.57	18.3	18.4	18.47	18.51	18.41	18.452
Ciclo Promedio (min)											18.452



Ficha 14. Ficha de Registro de Tiempos de Producción: JORNADA N° 3

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA											
Jornada de Trabajo N°:		3				Fecha:			01/09/2021		
N° Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga	4.17	4.15	4.1	4.23	4.12	4.06	4.09	4.09	4.11	4.12	4.124
Viaje IDA	6.25	6.44	6.16	6.43	6.17	6.14	6.48	6.45	6.43	6.21	6.316
Giro y Posicionamiento, Descarga	2.15	2.19	2.09	2.09	2.1	2.14	2.11	2.04	1.59	2.05	2.055
Viaje Regreso	5.39	5.38	5.39	5.33	5.43	5.33	5.47	5.34	5.47	5.44	5.397
Posicionamiento para Carga	0.37	0.43	0.39	0.42	0.46	0.38	0.42	0.37	0.42	0.46	0.412
TOTAL (min)	18.33	18.59	18.1	18.5	18.28	18.05	18.6	18.29	18.02	18.28	18.304
Ciclo Promedio (min)											18.304

Ficha 15. Ficha de Registro de Tiempos de Producción: JORNADA N° 4

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA											
Jornada de Trabajo N°:		4				Fecha:			06/09/2021		
N° Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga	4.1	4.06	4.06	4.1	4.15	4.21	4.21	4.06	4.17	4.08	4.12
Viaje IDA	6.35	6.23	6.3	6.33	6.32	6.42	6.36	6.43	6.13	6.36	6.323
Giro y Posicionamiento, Descarga	2.11	2.05	2.01	2.04	2.07	2.03	1.59	2.13	2.08	2.03	2.014
Viaje Regreso	5.38	5.35	5.33	5.41	5.49	5.38	5.42	5.35	5.35	5.33	5.379
Posicionamiento para Carga	0.42	0.46	0.43	0.49	0.45	0.4	0.39	0.42	0.42	0.42	0.43
TOTAL (min)	18.36	18.15	18.3	18.37	18.48	18.44	18.0	18.39	18.15	18.22	18.266
Ciclo Promedio (min)											18.266



Ficha 16. Ficha de Registro de Tiempos de Producción: JORNADA N° 5

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA											
Jornada de Trabajo N°:		5				Fecha:			07/09/2021		
N° Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga	4.17	4.03	4.15	4	4.12	4.15	4.14	4.16	4.08	4.14	4.114
Viaje IDA	6.31	6.32	6.17	6.22	6.16	6.4	6.37	6.4	6.23	6.44	6.302
Giro y Posicionamiento, Descarga	1.56	2	2.05	1.57	1.58	1.58	1.58	2	2.05	1.59	1.756
Viaje Regreso	5.38	5.42	5.44	5.46	5.34	5.46	5.45	5.36	5.35	5.31	5.397
Posicionamiento para Carga	0.36	0.42	0.42	0.42	0.4	0.42	0.42	0.36	0.47	0.46	0.415
TOTAL (min)	17.78	18.19	18.2	17.67	17.6	18.01	18.0	18.28	18.18	17.94	17.984
Ciclo Promedio (min)											17.984

Ficha 17. Ficha de Registro de Tiempos de Producción: JORNADA N° 6

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA											
Jornada de Trabajo N°:		6				Fecha:			08/09/2021		
N° Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga	4.04	4.17	4.09	4.13	4.15	4.1	4.12	4.19	4.03	4.1	4.112
Viaje IDA	6.16	6.31	6.22	6.33	6.36	6.27	6.21	6.19	6.38	6.4	6.283
Giro y Posicionamiento, Descarga	2.08	1.58	1.54	2.08	2.01	1.54	1.58	2.02	2.06	2.07	1.856
Viaje Regreso	5.34	5.33	5.43	5.42	5.31	5.35	5.31	5.41	5.44	5.41	5.375
Posicionamiento para Carga	0.45	0.38	0.4	0.4	0.42	0.35	0.37	0.37	0.37	0.39	0.39
TOTAL (min)	18.07	17.77	17.7	18.36	18.25	17.61	17.6	18.18	18.28	18.37	18.016
Ciclo Promedio (min)											18.016



Ficha 18. Ficha de Registro de Tiempos de Producción: JORNADA N° 7

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA											
Jornada de Trabajo N°:		7					Fecha:			13/09/2021	
N° Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga	4.09	4.04	4.16	4.01	4.1	4.14	4.15	4.08	4.09	4.12	4.098
Viaje IDA	6.22	6.39	6.31	6.29	6.13	6.06	6.15	6.36	6.29	6.11	6.231
Giro y Posicionamiento, Descarga	2.09	1.57	1.56	2	1.58	2.05	1.57	2.05	2.04	2.05	1.856
Viaje Regreso	5.34	5.31	5.43	5.31	5.38	5.35	5.38	5.38	5.32	5.34	5.354
Posicionamiento para Carga	0.4	0.45	0.42	0.42	0.43	0.36	0.41	0.38	0.43	0.37	0.407
TOTAL (min)	18.14	17.76	17.9	18.03	17.62	17.96	17.7	18.25	18.17	17.99	17.946
Ciclo Promedio (min)											17.946

Ficha 19. Ficha de Registro de Tiempos de Producción: JORNADA N° 8

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA											
Jornada de Trabajo N°:		8					Fecha:			14/09/2021	
N° Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga	4.1	4.03	4.18	4.07	4.15	4.18	4.02	4.16	4.08	4.02	4.099
Viaje IDA	6.22	6.33	6.18	6.26	6.21	6.41	6.44	6.09	6.29	6.11	6.254
Giro y Posicionamiento, Descarga	2.08	1.58	2.06	2.03	2.05	2	2.01	2.04	1.59	2.12	1.956
Viaje Regreso	5.31	5.35	5.42	5.32	5.35	5.4	5.32	5.31	5.37	5.36	5.351
Posicionamiento para Carga	0.38	0.47	0.45	0.49	0.39	0.46	0.4	0.47	0.41	0.42	0.434
TOTAL (min)	18.09	17.76	18.3	18.17	18.15	18.45	18.2	18.07	17.74	18.03	18.094
Ciclo Promedio (min)											18.094



Ficha 20. Ficha de Registro de Tiempos de Producción: JORNADA N° 9

REGISTRO DE PRODUCCIÓN DIARIA											
Jornada de Trabajo N°:			9			Fecha:			15/09/2021		
N° Ciclos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Promedio
Carga	4.11	4.14	4.06	4.1	4.02	4.2	4.19	4.18	4.08	4.1	4.118
Viaje IDA	6.13	6.28	6.24	6.22	6.43	6.45	6.45	6.16	6.44	6.34	6.314
Giro y Posicionamiento, Descarga	1.53	2.05	1.55	1.53	1.57	2.03	1.57	2.01	2.08	2.06	1.798
Viaje Regreso	5.44	5.4	5.43	5.45	5.32	5.29	5.4	5.39	5.43	5.41	5.396
Posicionamiento para Carga	0.42	0.41	0.35	0.38	0.34	0.38	0.42	0.42	0.42	0.39	0.393
TOTAL (min)	17.63	18.28	17.4	17.68	17.68	18.35	18.0	18.16	18.45	18.3	18.019
Ciclo Promedio (min)											18.019



Anexo 13. Mapa de Destape y Preperación

Anexo 14. Mapa del Sistema de Explotación Óptimo

(Ubicados en el CD-R N° 1)



Anexo 15. Certificado de traducción del resumen

Loja, 30 de enero de 2023

Yo, Sonia Fanny Quezada Ojeda, con cédula de identidad 1102460548, Licenciada en Ciencias de la Educación en la Especialidad del Idioma Inglés

CERTIFICO:

Que, he realizado la traducción al idioma inglés de el resumen del Trabajo de Titulación denominado **Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales áridos y pétreos en el área minera perteneciente a la empresa Vialzachin E.P. 1, código 50001288 ubicada en el sector de La Saquea, parroquia de Guadalupe, cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.**, elaborado por el Sr. Oscar Stalin Escobar Cabrera, egresado de la carrera de Ingeniería en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

Certifico en honor a la verdad, facultando al portador del presente documento, hacer el uso legal pertinente.

Atentamente:

Sonia Fanny Quezada Ojeda

Licenciada en Ciencias de la Educación en la Especialidad del Idioma Inglés

C.I: 1102460548

Registro Senescyt: 1008-10-710283