



Universidad
Nacional
de Loja

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
de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro
código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de
Zamora Chinchipe**

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

AUTOR:

Yhandry Joel Castillo Guerrero

DIRECTOR:

Ing. Hernán Luis Castillo García, Ph.D.

Loja- Ecuador
2023

Certificación

Loja, 10 de abril de 2023

Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D.

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 de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión 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 **Yhandry Joel Castillo Guerrero, con cédula de identidad N° 1104902885**, 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.

Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Autoría

Yo, **Yhandry Joel Castillo Guerrero**, declaro ser el autor del presente Trabajo de Titulación y eximo expresamente a la Universidad de Loja y a 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 Digital Institucional – Biblioteca Virtual



Firma:

Cedula de identidad: 1104902885

Fecha: Loja, 10 de abril del 2023

Correo electrónico: joel.jhandry@gmail.com

Teléfono: 0982649407

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, **Yhandry Joel Castillo Guerrero**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar al grado 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 en el Repositorio 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, a los diez días del mes de abril del dos mil veintitrés.

Firma: 

Autor: Yhandry Joel Castillo Guerrero

Cédula: 1104902885

Dirección: Loja, calle Segundo Abel Moreno y Raúl Ruiz

Correo electrónico: joel.jhandry@gmail.com

Teléfono: 0982649407

DATOS COMPLEMENTARIOS:

Director del Trabajo de Titulación: Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D.

Dedicatoria

A mis amados padres, Sr. Arcesio Javier Castillo Carreño y Sra. Betty Elizabeth Guerrero, quienes con amor y paciencia me han inculcado muchos valores, entre ellos la humildad, perseverancia y responsabilidad ante cualquier situación que se me presente en la vida.

Ellos han sido el impulso para que nunca me rinda y siga siempre adelante a pesar de cada tropezón que he tenido en este largo camino, siempre han estado ahí para apoyarme y poder levantarme con más fuerza.

A una persona muy especial, Srta. Yulissa Raquel Jiménez Rosales quien en este largo camino que he transcurrido, siempre estuvo ahí para apoyarme cuando más lo necesité, y por ser siempre la mujer que me ayudó a mejorar como persona y profesional.

A mi hermana Gina Castillo, su esposo Bolívar y sus hijos Jordán y Ohana.

A mi hermano Javier Castillo, y su esposa Rosa Loaiza.

A mi hermana Victoria Castillo.

Yhandry Joel Castillo Guerrero

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme la fuerza, el apoyo y la oportunidad de poder llegar a cumplir esta meta tan importante en mi vida.

Expreso un franco agradecimiento a la prestigiosa Universidad Nacional de Loja, quien me proporcionó la oportunidad para poder realizar mi formación profesional, por otorgarme el espacio físico donde pude tener la comodidad de recibir las cátedras.

Agradezco a la planta docente de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial y especialmente al Ing. Hernán Luis Castillo García. Ph.D, quienes, además de desarrollar las clases y las tutorías, han compartido conmigo sus experiencias profesionales lo cual me han ayudado a poder ir creciendo en este camino, como prueba del resultado de la aplicación práctica de las teorías científicas en todos los ámbitos de la Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial.

Expreso mis agradecimientos al Municipio de Zamora por haberme permitido realizar el presente Trabajo de Titulación en sus instalaciones, además de haberme proporcionado la información que disponían para lograr cumplir a cabalidad el presente trabajo.

Además, extendiendo mis agradecimientos al laboratorio de suelos y pavimentos DELTA y en especial a los Ing. German Jiménez y al Ing. Pablo Jiménez que me han extendiendo una mano para lograr aprender, complementar y poner en práctica los conocimientos adquiridos en mi vida estudiantil.

Agradezco a mi equipo de trabajo en esta etapa universitaria a la Srta. Cristina Santín, a los Sres. Stiven Espinoza y Renato Espinosa, compañeros que han sido fundamentales para alcanzar esta meta en mi vida.

Sin dejar de lado al personal administrativo, les agradezco por haber estado prestos a atender con amabilidad y cortesía los trámites que tuve que realizar.

Yhandry Joel Castillo Guerrero

Índice de Contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de figuras:	x
Índice de tablas:	xii
Índice de anexos:	xiii
1. Título	1
2. Resumen	2
2.1. Abstract	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1. Geología	6
4.1.1. Roca	6
4.1.2. Clasificación de las Rocas.	6
4.2. Ambientes Sedimentarios.....	7
4.2.1. Tipo de Ambientes Sedimentarios	7
4.3. Topografía	11
4.3.1. Tipos de levantamientos topográficos	11
4.3.2. Metodología del levantamiento Topográfico.....	13
4.3.3. Equipos de Topografía.....	13
4.4. Depósitos Minerales.....	15
4.4.1. Tipos de depósitos Minerales según su Origen.....	15

4.4.2.	Tipos de Yacimientos Minerales según el uso de su contenido.....	17
4.4.3.	Recursos Minerales	18
4.4.4.	Reservas Minerales	19
4.4.5.	Cálculo de Reservas.....	20
4.5.	Explotación de Yacimientos.....	22
4.5.1.	Métodos de Explotaciones Mineras.....	22
4.5.2.	Sistemas de Explotación a Cielo Abierto.....	23
4.6.	Explotación de Áridos y Pétreos	24
4.6.1.	Características de los áridos y pétreos	25
4.7.	Parámetros para la explotación de áridos y pétreos.	27
4.8.	Características para la explotación de áridos y pétreos.....	27
4.9.	Maquinaria para la extracción de materiales Áridos y Pétreos	28
4.9.1.	Equipos de arranque y carga	28
4.9.2.	Equipos de transporte.....	29
4.9.3.	Equipos de preparación mecánica de áridos y pétreos.....	29
4.9.4.	Sistemas y equipos para la protección del medio ambiente.....	30
4.10.	Optimización de un sistema de explotación.....	30
4.11.	Marco Legal	31
5.	Metodología.....	34
5.1.	Área De Estudio.....	34
5.1.1.	Acceso.....	35
5.1.2.	Geología Regional	35
5.1.3.	Geomorfología	36
5.1.4.	Geología Estructural	37
5.1.5.	Hidrografía.....	37
5.1.6.	Clima.....	37
5.2.	Métodos.....	39

5.2.1.	Método Experimental.....	39
5.2.2.	Método No Experimental.....	39
5.3.	Materiales y Equipos	39
5.4.	Procedimiento.....	1
5.4.1.	Recopilación de Información Secundaria	1
5.5.	Metodología para el primer objetivo.....	41
5.5.1.	Etapa de Campo.....	41
5.5.2.	Etapa de Gabinete	42
5.6.	Metodología para el segundo objetivo	50
5.6.1.	Etapa de Campo	50
5.7.	Metodología para el tercer objetivo	53
6.	Resultados.....	54
6.1.	Resultados del primer objetivo.....	54
6.2.	Resultados del segundo objetivo	74
6.3.	Resultados del tercer objetivo	85
7.	Discusión	100
8.	Conclusiones.....	102
9.	Recomendaciones.....	104
10.	Bibliografía.....	105
11.	Anexos.....	111

Índice de figuras:

Figura 1. Mapa de Ubicación	34
Figura 2. Mapa de Acceso	35
Figura 3. Procedimiento de elaboración de mapa topográfico	43
Figura 4. Model Builder Mapa de Pendientes	45
Figura 5. Mapa Topográfico Área de Libre Aprovechamiento GADMZ Bombuscaro	54
Figura 6. Mapa de Pendientes del Área de Libre Aprovechamiento GADMZ Bombuscaro	55
Figura 7. Fotografías Satelitales del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro	57
Figura 8. Columna Estratigráfica afloramiento 1	58
Figura 9. Afloramiento 1	59
Figura 10. Afloramiento 2	60
Figura 11. Columna estratigráfica afloramiento 2	60
Figura 12. Afloramiento 3	61
Figura 13. Columna estratigráfica afloramiento 3	61
Figura 14. Calicata 1	62
Figura 15. Columna Estratigráfica Calicata 1	62
Figura 16. Calicata 2	63
Figura 17. Columna Estratigráfica Calicata 2	63
Figura 18. Calicata 3	64
Figura 19. Columna estratigráfica calicata 3	65
Figura 20. Mapa de Geología Local del Área de Libre Aprovechamiento GADMZ Bombuscaro	66
Figura 21. Ensayo de análisis Granulométrico	68
Figura 22. Ensayo Proctor y CBR en el laboratorio de suelos y pavimentos DELTA.	69
Figura 23. Ensayo de Abrasión en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos DELTA...	70
Figura 24. Ensayo de Sulfatos en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos DELTA	71
Figura 25. Porcentaje de material del área de libre aprovechamiento	73
Figura 26. Procesos mineros del área de libre aprovechamiento	75
Figura 27. Distancia de actividades del área de libre aprovechamiento	76
Figura 28. Excavadora Caterpillar 324D-LN	79
Figura 29. Volquete Hino 700 Fs.	81

Figura 30. Propuesta de Frentes de Explotación	89
Figura 31. Cucharón para roca dura DOOSAN capacidad 2 m3	90
Figura 32. Lonas para volquetes.....	91
Figura 33. Criba Vibratoria modelo 3YA-1245	93
Figura 34. Señalética de Seguridad	96
Figura 35. Acondicionamiento de frentes de explotación	97
Figura 36. Diseño de Frentes de Explotación.....	97
Figura 37. Optimización de zona de stock	98
Figura 38. Plano Optimizado del Área de Libre Aprovechamiento GADMZ Bombuscar	99

Índice de tablas:

Tabla 1. Tipos de Sustancias Minerales	18
Tabla 2. Precipitaciones.....	38
Tabla 3. Clasificación de pendientes según Demek (1972).....	44
Tabla 4. Coordenadas de Ubicación de Calicatas UTM/17S Y WGS 1984.....	46
Tabla 5. Resultados del mapa de pendientes	55
Tabla 6. Coordenadas de Afloramientos del área de libre aprovechamiento DATUM WGS 84.....	58
Tabla 7. Análisis Granulométrico.....	67
Tabla 8. Clasificación del material según las normas SUCS y AASHTO	68
Tabla 9. Resultados de los ensayos Proctor y CBR.....	69
Tabla 10. Resultados del ensayo de abrasión	69
Tabla 11. Comparación de resultados de ensayos vs los parámetros del libro amarillo MTOPT	71
Tabla 12. Cubicación de reservas del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro	73
Tabla 13. Porcentajes de material.....	73
Tabla 14. Personal que trabaja en el área de libre aprovechamiento.....	76
Tabla 15. Instalaciones del área de libre aprovechamiento.....	76
Tabla 16. Maquinaria que trabaja en el área de libre aprovechamiento	76
Tabla 17. Ciclos de Trabajo realizados en el área de libre aprovechamiento.....	77
Tabla 18. Tiempo promedio de las actividades realizadas en el área de libre aprovechamiento.....	78
Tabla 19. Costos del Personal.....	84
Tabla 20. Costos de mantenimiento de maquinaria.....	84
Tabla 21. Análisis multicriterio de Sistemas de Explotación.....	86
Tabla 22. Frentes de explotación propuestos.....	88
Tabla 23. Características de Criba Vibratoria 3YA-1245	92
Tabla 24. Costos del Personal.....	95
Tabla 25. Costos de mantenimiento de maquinaria.....	95

Índice de anexos:

Anexo 1. Monografía del punto IGM.....	111
Anexo 2. Ficha de levantamiento de información por calicatas.....	112
Anexo 3. Ficha de descripción de afloramientos	113
Anexo 4. Entrevista al personal encargado de las áreas del libre aprovechamiento del cantón Zamora.....	114
Anexo 5. Ficha de actividades realizadas en el área de libre aprovechamiento:.....	116
Anexo 6. Ficha de Calicata #3.....	117
Anexo 7. Ficha de Calicata #2.....	118
Anexo 8. Ficha de Calicata #2.....	119
Anexo 9. Ficha de calicata 1	120
Anexo 10. Ficha de calicata 2	121
Anexo 11. Ficha de calicata 3	122
Anexo 12. Entrevista realizada al Jefe de Transporte GAD Zamora	123
Anexo 13. Entrevista realizada a la Directora de Gestión Ambiental GAD Zamora...	125
Anexo 14. Ficha de ciclos de trabajo del Área de libre aprovechamiento Gadmz Bombuscaro	127
Anexo 15. Mapa Topográfico del Área de Libre Aprovechamiento para materiales de construcción GADMZ Bombuscaro.....	128
Anexo 16. Mapa de Pendientes del Área de Libre Aprovechamiento para materiales de construcción GADMZ Bombuscaro.....	129
Anexo 17. Mapa Geológico del Área de Libre Aprovechamiento para materiales de construcción GADMZ Bombuscaro.....	130
Anexo 18. Planos de Infraestructura del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro.....	131
Anexo 19. Resultados de ensayos de laboratorio	135
Anexo 20. Certificado de traducción del resumen	145

1. Título.

Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

2. Resumen

El presente trabajo investigativo titulado “Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe”, tiene como propósito optimizar las actividades del sistema de explotación actual del área de libre aprovechamiento, mediante el levantamiento y análisis de información, se inicia con una descripción del área de estudio resaltando las particularidades de la misma como son: la topografía, geología, hidrología, precipitaciones, esto logrado mediante revisión bibliográfica y observación in situ.

El levantamiento de información de los frentes de explotación y de las actividades realizadas en la zona de estudio a través de la observación, registro y tabulación in situ, nos da los indicios del comportamiento actual de la zona de estudio, es decir, nos proporciona los parámetros a los cuales está direccionado el presente trabajo investigativo.

Las características actuales del sistema de explotación no son las óptimas, debido a que existen muchas irregularidades en los ciclos de trabajo, iniciando con poco aprovechamiento de las capacidades de la maquinaria, extracción del material desordenado, falta de clasificación del material, parámetros que han sido determinados mediante una investigación cualitativa y cuantitativa.

Para lograr el planteamiento de un sistema de explotación optimizado, se tomó en cuenta los procesos y actividades del área de libre aprovechamiento mediante cálculos de rendimientos, capacidad, ritmo de producción, además de ello mediante el cálculo de las reservas de la zona de estudio se logró determinar el ritmo de producción diario del área, mediante un análisis económico se logró calcular el valor por metro cúbico explotado, y a través de una comparativa entre el sistema de explotación actual y el propuesto se logró definir que el sistema de explotación optimizado beneficia al área de estudio siendo sustentando técnica y económicamente.

Palabras claves: sistema de explotación, optimización, rendimientos, capacidad, ritmo de producción.

2.1. Abstract

The current investigation work about "Optimization of the exploitation system for the extraction of building materials from the free-use area 'GADMZ Bombuscaro', code 50001081, 'Benjamín Carrión' area, canton of Zamora, province of Zamora Chinchipe", is intended to optimize the activities of the current exploitation system of the free-use area, in function of the information gathering and analysis. It begins with a description of the study area, highlighting its peculiarities such as: topography, geology, hydrology, and rainfall, achieved through bibliographic review and observation in place.

The collection of information from the exploitation fronts and the activities developed in the study area through observation, registration and tabulation in the place, gives us the indicators of the current behavior of the study area, in other words, it provides us with the parameters to which this research work is focused.

The current characteristics of the exploitation system are not acceptable, due to presence of many irregularities in the work cycles, starting with little utilization of machinery capabilities, extraction of unorganized material, lack of classification of the material, parameters that have been determined through qualitative and quantitative research.

To achieve the approach of an optimized exploitation system, the processes and activities in the free-use area were taken into account, in function of calculations of performance, capacity, production rate, moreover, based on the location of material in the study area, the daily production rate of the area was determined. Through an economic analysis it was possible to calculate the value per cubic meter exploited and from a comparison between the current exploitation system and the proposed one. Therefore, it was possible to define that the optimized exploitation system benefits the study area, being technically and economically sustainable.

Keywords: *exploitation system, optimization, performance, capacity, production rate.*

3. Introducción

La explotación de depósitos minerales es una actividad que se ha realizado desde tiempos de antaño en el cantón Zamora por lo que su economía se ha basado en esta actividad.

La explotación de materiales de construcción se la puede realizar con un alto grado de eficiencia implementando responsabilidad minera y buenas tecnologías, con ello se logrará una extracción de los materiales de manera sostenible y sustentable, sin embargo, la falta de un manejo técnico de esta actividad provoca impactos a nivel social, cultural, económico y sobretodo ambiental.

La explotación de los áridos y pétreos se ha convertido en una actividad con un gran potencial económico por lo que ha tenido un auge en los últimos años, este aumento en la explotación de áridos y pétreos se debe a que este material es utilizado en múltiples obras de construcción, que en conjunto son indispensables para el desarrollo de la sociedad. El cantón Zamora posee un crecimiento urbanístico e industrial en donde las obras como son vías, casas, muros de contención, requieren el material ya sea áridos o pétreos, que debido a la ubicación geográfica de Zamora y la hidrografía de la misma posee grandes reservas de este recurso.

La minería aluvial se ejecuta en los márgenes de los ríos y su explotación genera impactos directos e indirectos sobre el medioambiente y las comunidades aledañas.

El área de libre aprovechamiento GADMZ BOMBUSCARO CODIGO 50001081 ubicada en el cantón Zamora, la cual cuenta con una superficie de 15 hectáreas, no dispone de ritmo de producción óptimo, es decir, su sistema de explotación no es el adecuado, lo que se ve reflejado en una explotación desorganizada e ineficiente que, a su vez, produce problemas ambientales, sociales y económicos.

Además de poseer un sistema de explotación ineficiente, la ubicación de la concesión produce un alto impacto en el medio ambiente no solo por su proximidad al río Bombuscaro, conjuntamente con las condiciones climáticas del cantón Zamora influye en la generación de material particulado afectando al barrio Benjamín Carrión de manera directa y de manera indirecta al resto del cantón.

Objetivo General

- Optimizar el sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, ubicada en el cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe”,

Objetivos Específicos

- Levantar información topográfica y geológica para la cubicación del depósito de material de construcción que dispone la concesión.
- Describir los procesos mineros del sistema de explotación actual para la disposición de los parámetros a optimizar.
- Plantear un sistema de explotación técnicamente óptimo y económicamente rentable basado en las condiciones actuales de operación.

4. Marco Teórico.

4.1. Geología

La Geología se define como la rama de las ciencias naturales que se ocupa del estudio de la Tierra. Su dominio es el estado inorgánico de la materia. (Valera, 2014)

Según Tarbuck y Lutgens (2005) la geología es la ciencia que persigue la comprensión del planeta tierra además de ello es la ciencia que estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre.

4.1.1. Roca

Las rocas son materiales compuestos por uno o varios minerales (sustancias naturales, de naturaleza inorgánica, con estructura homogénea y una composición química definida). Aunque se trata de objetos inertes, las rocas no son inmutables ni mucho menos, sufren constantes alteraciones y se transforman, dando lugar a otros tipos de rocas distintos a lo largo de miles de años. Este es un proceso cerrado en el que, constantemente, unas rocas se destruyen y otras se forman. (Balada, 2021, sección Ciencias Naturales, párr 1)

4.1.2. Clasificación de las Rocas.

Las rocas se clasifican en tres grandes grupos:

4.1.2.1. Rocas Ígneas. Proceden de líquidos denominados magma, que por enfriamiento solidifican en un proceso ordenado de cristalización según determinado conjunto de minerales, dependiente de la composición de ese magma. Debido a ello, a las rocas ígneas también se las suele denominar rocas magmáticas. (Valera, 2014)

4.1.2.2. Rocas Sedimentarias. El atributo distintivo de las rocas sedimentarias es su disposición en capas o estratos. Esa estructura, denominada estratificación, es la expresión de una acumulación episódica en un recipiente denominado cuenca de sedimentación. (Tarbuck & Lutgens, 2005)

La acumulación puede ocurrir en medio ambiente marino o continental, en el seno de un fluido líquido (océanos, mares, lagunas, ríos, etc.) o gaseoso (sobre la superficie, en desiertos, estepas, etc.). La materia acumulada consiste en fragmentos de materiales preexistentes (clastos), en precipitados químicos, o una mezcla de ambos. (Valera, 2014)

4.1.2.3. Rocas Metamórficas Son los productos de la transformación de rocas preexistentes bajo presión litostática (P), temperatura (T) y presión dirigida o estrés (S), obrantes

en el seno de la corteza terrestre. Esos agentes producen cambios en la mineralogía de la roca sometida a metamorfismo (sea ígnea, sedimentaria y aún metamórfica preexistente). Hay minerales que al variar las condiciones de su ambiente dejan de ser estables y desaparecen, con aparición de nuevas especies. Al mismo tiempo se produce un nuevo arreglo de texturas y estructuras, que tiene relación con el campo de esfuerzos durante el metamorfismo. (Valera, 2014)

4.2. Ambientes Sedimentarios.

Un ambiente de depositación o ambiente sedimentario es simplemente un punto geográfico donde se acumulan los sedimentos. Cada lugar se caracteriza por una combinación particular de procesos geológicos (procesos sedimentarios) y condiciones ambientales (físicas, químicas y biológicas) que las diferencian de zonas adyacentes. Algunos sedimentos químicos que precipitan en cuerpos acuáticos son únicamente el producto de su ambiente sedimentario. Es decir, los minerales que los componen se originaron y se depositaron en el mismo lugar. Otros sedimentos se forman lejos del lugar donde se acumulan, así, estos materiales son transportados a grandes distancias de su origen por una combinación de gravedad, agua, viento y hielo. La situación geográfica y las condiciones ambientales de un ambiente sedimentario determinan, en cualquier momento, la naturaleza de los sedimentos que se acumulan. (Monreal Saavedra, s.f.)

4.2.1. Tipo de Ambientes Sedimentarios

4.2.1.1. Ambientes continentales. Los ambientes continentales están dominados por la erosión y la deposición asociada a corrientes. En algunas regiones frías, las masas de hielo glacial en movimiento sustituyen el agua corriente como proceso dominante. En las regiones áridas (así como en algunos puntos litorales) el viento asume mayor importancia. Es evidente que la naturaleza de los sedimentos depositados en los ambientes continentales recibe una fuerte influencia del clima. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 5)

- **Ambientes fluviales:** Las corrientes son el agente dominante de la alteración del paisaje, erosionando más tierra y transportando y depositando más sedimentos que cualquier otro proceso. Además de los depósitos fluviales, se depositan grandes cantidades de sedimentos cuando las crecidas periódicas inundan valles amplios y llanos, denominados llanura de inundación. Donde emergen corrientes rápidas de área montañosa hacia una superficie más llana, se forma una acumulación

sedimentaria en forma de cono inconfundible conocida como abanico aluvial. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr.6)

- Ambiente glaciar: En localizaciones frías de alta latitud o elevada altitud, los glaciares recogen y transportan grandes volúmenes de sedimentos. Los materiales depositados directamente del hielo suelen ser mezclas desordenadas de partículas con tamaños que oscilan entre las arcillas y los bloques. El agua procedente de la fusión de los glaciares transporta y deposita algunos de los sedimentos glaciares, creando acumulaciones estratigráficas, ordenadas. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 7)
- Ambientes eólicos: La obra del viento y los depósitos resultantes se llaman eólicos. A diferencia de los depósitos glaciares, los sedimentos eólicos, están bien clasificados. El viento puede levantar el polvo fino hacia la atmósfera y transportarlo a grandes distancias. Donde los vientos son fuertes y la superficie no está fijada por la vegetación, la arena es transportada más cerca del suelo, donde acumula en dunas. Los desiertos y las costas son lugares habituales de este tipo de depósitos. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 8)
- Ambientes lacustre: Presentan una gran variabilidad según la dimensión, situación climática, superficie drenada, profundidad, etc., y se pueden acumular sedimentos terrígenos relacionados con un importante transporte fluvial, incluso con desarrollo de deltas marginales, a sedimentos muy salinos, con evaporitas, en climas áridos y de escasa aportación fluvial. Por ejemplo las cuencas desérticas son lugares donde ocasionalmente se forman lagos playa poco profundos tras fuertes lluvias o periodos de fusión de la nieve en las montañas adyacentes. Se secan con rapidez, y algunas veces dejan atrás evaporitas y otros depósitos característicos. En las regiones húmedas, los lagos son estructuras más duraderas y sus aguas tranquilas son excelentes trampas para los sedimentos. Los pequeños deltas, las playas y las barras se forman a lo largo de la orilla del lago, y los sedimentos más finos acaban reposando en el fondo del lago. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 9)

4.2.1.2. Ambientes de Transición. Son ambientes situados en la zona límite continente-mar, y los sedimentos se acumulan tanto por aportación continental como marina. La fuerte intensidad de sedimentación da lugar a cambios continuos en la morfología y delimitación en la línea de costa, por lo que los ambientes sedimentarios que

aparecen, son de gran complejidad y a veces de difícil separación. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 10)

- Ambiente deltaico: Se localiza en las desembocaduras fluviales, donde descarga la mayor parte del sedimento transportado, provocando un avance de las zonas que se rellenan con sedimentos sobre el mar. Por su morfología, se pueden distinguir deltas aislados de los complejos deltaicos, según la separación e interacción entre las desembocaduras fluviales. La formación de deltas y sus características morfológicas depende de la cantidad de sedimentos aportados por el río, del grado de dispersión en la desembocadura y de los mecanismos marinos de eliminación y redistribución del sedimento. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 11)
- Ambiente de playa: En las zonas de costas no afectadas por desembocaduras fluviales, se desarrollan los ambientes de playa y de islas barreras, formadas por acumulaciones arenosas que se adosan a la costa o crecen a expensas del arrastre por deriva litoral, a cierta distancia aislando una masa de agua marina semi-cerrada un lago, o laguna litoral. Las facies asociadas a playas e islas barreras son fundamentalmente arenosas, mientras que en el interior de la laguna predominan los limos y arcillas. Si la isla barrera se corta por la influencia de mareas o tormentas, se desarrollan asociados a la apertura, pequeñas facies con geometría de deltas que se han llamado deltas maréales. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 12)
- Llanura de mareas o marismas: Corresponden a costas muy planas, donde la marea cubre alternativamente superficies extensas, y pueden presentarse también en el interior de zonas protegidas por barreras o arrecifes. Las facies corresponden a sedimentos muy finos, con gran actividad orgánica y fuerte bioturbación, y donde las amplias variaciones en morfología que se presentan durante los ciclos maréales originan grandes variaciones de facies en los sedimentos. Suelen distinguirse llanuras de mareas terrígenas, con la aportación de sedimentos finos terrígena, y llanuras de mareas carbonatadas con aportación de fangos con composición de carbonato cálcico, a veces también transportado en suspensión desde el mar, o generado en la propia marisma por actividad orgánica, fundamentalmente de algas. En climas áridos, se forman sedimentos dolomíticos incluso depósitos de yeso y anhidrita por la fuerte evaporación del agua intersticial durante los momentos de bajada de mareas. En climas húmedos puede haber un fuerte desarrollo de vegetación continental que

provocará la formación de extensos depósitos de turberas que posteriormente pueden evolucionar a carbón. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 13)

4.2.1.3. Ambientes Marinos. Corresponden a ambientes en que la energía de transporte es función de la dinámica marina, y donde los sedimentos llegan generalmente a través de los ambientes de transición, ya sea por removilización y erosión, o porque los sedimentos los atraviesan sometidos a la influencia de su mecanismo de transporte. Los ambientes marinos se dividen según su profundidad (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 14):

- Ambiente de plataforma: Se extiende por toda la plataforma continental, desde el borde de la zona submareal, y una de sus características es la fuerte dispersión a que están sometidos los sedimentos por la acción del oleaje, mareas, corrientes marinas y tormentas. La litología es muy variable, predominando las arenas en las zonas más agitadas y próximas a las zonas de aporte (costas), y limos y arcillas finas en las zonas más alejadas y en calma. En las zonas más alejadas de la costa, o de los lugares de aportación de los sedimentos, son frecuentes largos episodios de interrupción o atenuación de la sedimentación, y acusa en un endurecimiento de la superficie del sedimento, los suelos endurecidos o hard ground, generalmente acompañados por procesos de diagénesis, pudiendo estar representados, en pequeños espesores, grandes periodos de tiempo, llamándose estas delgadas sucesiones series condensadas. Las secuencias están, al igual que en la sedimentación litoral, con la que enlazan lateralmente, muy influenciadas por procesos de transgresión y regresión. En su conjunto la sucesión de una serie transgresiva y regresiva definen un ciclo sedimentario. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 15)
- Ambiente de talud: En el exterior de la plataforma continental se encuentran estos ambientes de talud y marino profundo, que por la distribución de facies depositadas y mecanismos de aportación de sedimentos son más conocidos como ambientes de abanicos submarinos o de turbiditas. Son sedimentos que por la acción de corrientes, oleaje, tormentas, etc., llegan al borde de la plataforma donde son empujados, a veces sencillamente por inestabilidad mecánica, hacia el exterior de la plataforma, abriéndose camino por los cañones submarinos, y llegan a la base del talud desde donde se extiende en forma de abanicos por el fondo marino hasta que se atenúa la corriente densa, corriente de turbidez, que los ha introducido con diversos

mecanismos de transporte en masa. (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 16)

- Ambiente abisal: En éste la sedimentación es poco intensa y hacia el interior de los océanos van desapareciendo paulatinamente los depósitos más antiguos, debido a que puede aparecer corteza oceánica de edad posterior a los sedimentos considerados. La mayor parte de los sedimentos en los fondos oceánicos son pelágicos y de composición orgánica silícea o arcillosa terrígena. Sobre los dorsales, la sedimentación es poco importante, y compuesta casi exclusivamente de restos de productos volcánicos y material muy fino arcilloso y silíceo (éste de procedencia orgánica) que llega hasta en interior del océano en suspensión (material pelágico). (Rodríguez, 2010, sección Sedimentología, párr. 17)

4.3. Topografía

La topografía es la ciencia que tiene por objeto medir extensiones de tierra, tomando los datos necesarios para poder representar sobre un plano, a escala su forma y accidentes. (Torres Nieto & Villate Bonilla, 2001)

Además de ello nos permite medir distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medir ángulos entre rectas terrestres y localizar puntos por medio de distancias y ángulos previamente determinados. (Torres Nieto & Villate Bonilla, 2001)

Según García Alcántara (2014) es una ciencia aplicada que se encarga de determinar las posiciones relativas o absolutas de los puntos sobre la Tierra, así como la representación en un plano de una porción (limitada) de la superficie terrestre; es decir, estudia los métodos y procedimientos para hacer mediciones sobre el terreno y su representación gráfica o analítica a una escala determinada. También ejecuta replanteos (trazos) sobre el terreno para la realización de diversas obras de ingeniería, a partir de las condiciones del proyecto establecidas sobre un plano. Asimismo, realiza trabajos de deslinde, división de tierras (agrodesia), catastro rural y urbano, así como levantamientos y trazos en trabajos subterráneos.

4.3.1. Tipos de levantamientos topográficos

Según Latitud-19 (2019) se distinguen tres tipos de levantamientos topográficos en función del lugar donde se los realiza:

4.3.1.1. Levantamientos hidrográficos. Determinan el relieve del fondo de un río, lago, embalse, líneas litorales así como costeras, etc. hace referencia a aquellas actividades que se requieren para conseguir planos relativos a las masas acuáticas, cantidades y flujo de agua para proyectos de generación de energías y control de inundaciones. , o, ya sea para determinar su navegabilidad, para cuantificar los recursos hídricos, para la toma y conducción de líquido, para embalses, etcétera. (Latitud-19, 2019, párr. 5)

4.3.1.2. Levantamiento Batimétrico. Una batimetría es el levantamiento del relieve de superficiales subacuático, pudiendo ser esta el fondo del mar, de los lagos o de un embalse. Para complementar esta definición podríamos decir que es la cartografía de los fondos cubiertos de agua, tal y como si se tratara de una superficie o terreno seco. (LoganX, 2019, sección Topografía, párr. 1).

Un modelo batimétrico es la fuente esencial de información para el conocimiento del medio marino, y es la base principal a tener a la hora de iniciar cualquier proyecto a partir de cartografía marina. (Campillos, 2017, párr. 1).

La batimetría, aplicada al medio marino, es la medición de las profundidades marinas para determinar la topografía del fondo del mar. Su medición implica la obtención de datos con los valores de la profundidad y la posición de cada uno de los puntos muestreado. Estos puntos de posición, al igual que ocurre con la altimetría, están formados por coordenadas de puntos X, Y, Z. (Campillos, 2017, párr. 2)

A partir de los puntos muestreados, se pueden definir líneas con el mismo valor de profundidad, estas líneas reciben el nombre de isóbatas. El conjunto de todas las isóbatas de una determinada zona daría lugar al modelo batimétrico que determinará cómo se estructura el fondo marino. (Campillos, 2017, párr 4)

Tipos de Levantamientos Batimétricos.

❖ Batimetría fotogramétrica

Limitado a aguas muy poco profundas, donde se obtiene un error muy pequeño. (LoganX, 2019, sección Topografía, párr. 7)

❖ Batimetría por procedimientos fotográficos

Consiste en estudiar la variación del espectro visible, con fotografías en diversas condiciones desde aeroplanos. Se limita a aguas poco profundas también. (LoganX, 2019, sección Topografía, párr. 8)

❖ Batimetría mediante Láser

Se trata de un sonar que funciona con láser, permitiendo determinar profundidades entre 2 y 30 metros, con errores de un 1 metro como máximo. (LoganX, 2019, , sección Topografía, párr. 9)

❖ Batimetría mediante Teledetección

Con el uso de ésta, se han determinados resultados bastante satisfactorios en mares poco profundos, haciendo uso de satélites como GEOSAT, LANDSAT MMS, SPOT o RADARSAT. (LoganX, 2019, , sección Topografía, párr. 10)

Una batimetría es un método desconocido para la mayoría de personas que no tienen ninguna relación con el mundo de la topografía o por ejemplo de la navegación marítima, pero hoy en día es algo imprescindible para por ejemplo evitar tragedias en el mar o para determinados procesos que tienen como protagonistas al mar o a un lago. (LoganX, 2019, , sección Topografía, párr. 11)

4.3.2. Metodología del levantamiento Topográfico

Existen diversas formas de realizar levantamientos:

4.3.2.1. Métodos planimétricos. En el caso de terrenos planos, suele realizarse el levantamiento planimétrico a partir de un proceso de levantamiento de poligonales, resultando en un plano horizontal. (Pymet, 2018, sección servicios, párr 8)

4.3.2.2. Métodos altimétricos. Al igual que existe el levantamiento planimétrico que comentábamos anteriormente, en el levantamiento altimétrico se realizan las mediciones oportunas para poder realizar la comparación de la altura del terreno con el plano horizontal de partida (Pymet, 2018, sección servicios, párr 9)

4.3.2.3. Métodos planialtimétricos. Este supone el estudio completo de la morfología del terreno, tanto en plano horizontal como vertical, obteniendo como resultado una completa descripción topográfica del mismo. (Pymet, 2018, sección servicios, párr 10)

4.3.3. Equipos de Topografía

Las funciones de un topógrafo son ejecutar, organizar, analizar, dirigir, supervisar y diseñar proyectos de medición y representación de la superficie terrestre de una zona en específico, ayudándose y apoyándose de superficie plana como referencia. Del mismo modo,

estos profesionales se dedican a la administración de recursos económicos y humanos requeridos en sus proyectos. (Ofiteat, 2017, párr. 2)

4.3.3.1.Cinta métrica. La cinta métrica desempeña la función de medir cortas y largas distancias. Están fabricadas en lámina de acero o de aluminio y, por lo general, las más usadas son las de 50 y 100 metros. (Ofiteat, 2017, párr. 3)

4.3.3.2.Niveles. Podríamos apostar a que has visto uno de estos en la caja de herramientas del hogar. Los niveles son utilizados para determinar si una superficie vertical, horizontal o incluso inclinada, está nivelada. ¡Exacto! Es esa herramienta que tiene una burbuja en su interior. Esta herramienta se ramifica en muchas otras, siendo los niveles de manguera, los niveles de mano, os niveles fijos, los niveles automáticos y los niveles laser los más comunes. (Ofiteat, 2017, párr. 4)

4.3.3.3.Plomada. La plomada es una pesa de metal de forma cilíndrica o cónica. Algunos topógrafos la utilizan para realizar una línea vertical y otros la utilizan para medir la profundidad del agua. (Ofiteat, 2017, párr. 5)

4.3.3.4.Estaciones. Las estaciones son lo más avanzado en tecnología topográfica. Constan de una pantalla de LCD y algunos funcionan con luz solar. Posee una calculadora, seguidor de trayectorias, un distanciómetro, etc. Su uso es esencial a la hora de calcular coordenadas y para replantear puntos y cálculos de distancia. (Ofiteat, 2017, párr. 6)

4.3.3.5.Equipos aéreos no tripulados (Dron). Los drones, equipados con cámaras fotográficas recorren el terreno que se quiere estudiar en cuestión de minutos, con niveles de precisión óptimos. Además si hay zonas poco accesibles o poco seguras para las personas son un elemento perfecto para llegar a ellas sin problemas. (GlobalMediterranea, 2018, sección Topografía, párr. 6)

Las imágenes que han captado las cámaras del dron son procesadas mediante programas y herramientas específicas. Así se obtienen nubes de millones de puntos que son un fiel reflejo de la realidad. Estas imágenes se pueden georreferenciar y escalar, además de extraer coordenadas, distancias, volúmenes, perfiles y a partir de ello realizar modelos 3D y ortofotos, por ejemplo. Con ello ya se puede empezar a trabajar en el proyecto, ya sean obras civiles, como intervenciones arqueológicas, intervenciones en minería o para gestionar cultivos, entre otras posibilidades. (GlobalMediterranea, 2018, sección Topografía, párr. 7)

4.3.3.6. Modelos digitales de elevación. Un modelo digital de elevación es una representación visual y matemática de los valores de altura con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. (INEGI Mexico, s.f.)

Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular, el cual se genera utilizando equipo de cómputo y software especializados. En los modelos digitales de elevación existen dos cualidades esenciales que son la exactitud y la resolución horizontal o grado de detalle digital de representación en formato digital, las cuales varían dependiendo del método que se emplea para generarlos y para el caso de los que son generados con tecnología LIDAR se obtienen modelos de alta resolución y gran exactitud (valores submétricos). (INEGI Mexico, s.f.)

4.4. Depósitos Minerales

Parte de la corteza terrestre, en la cual debido a procesos geológicos, ha habido una acumulación de materia prima mineral, la cual por sus características de cantidad, calidad y condiciones de depósito es redituable su explotación. Entendiendo por materias primas minerales a las sustancias que se extraen de la corteza terrestre para aprovechar sus propiedades físicas o químicas. Esta definición comprende todos los minerales y rocas utilizados por el hombre y los elementos y compuestos que se extraen de ellos. (Servicio Geológico Mexicano, 2017, sección Aplicaciones de la Geología, párr. 3)

4.4.1. Tipos de depósitos Minerales según su Origen

De acuerdo con Ingeoexpert, (2018, sección Minería, párr. 4), hay muchos procesos naturales que resultan en la concentración de minerales que contienen minerales, creando yacimientos minerales. Estos son los más habituales:

- Deposición de sales y minerales de la evaporación de lagos y agua de mar (por ejemplo, depósitos de sal, nitrato y potasa) (Ingeoexpert, 2018)
- Deposición química antigua del océano de minerales en el lecho marino. Por ejemplo, el hierro se depositó en capas en el fondo del mar hace miles de millones de años como el óxido mineral hematita. Hoy en día, estas capas de roca de hierro rica se llaman formaciones de hierro con bandas y son una fuente importante de mineral de hierro en Australia, Canadá y Brasil. (Ingeoexpert, 2018)
- El asentamiento de minerales pesados como sulfuros u óxidos de cromo en el fondo de una cámara de enfriamiento de magma fundido. Este proceso

gravitacional produce concentraciones de minerales pesados en la base de la cámara. Muchos depósitos de níquel, sulfuro de platino y cromo se forman de esta manera. (Ingeoexpert, 2018)

- La erosión simple de las rocas puede dejar un residuo de suelo oxidado de minerales metálicos concentrados. En ambientes tropicales, las rocas que no tienen suficiente metal para ser extraídas se desgastan en un suelo llamado regolito o laterita. Los óxidos de aluminio y níquel se pueden concentrar porque otros elementos se han eliminado como parte del proceso a la intemperie. Los países tropicales cosechan las recompensas de su clima al proporcionar al mundo su roca rica en aluminio erosionada llamada bauxita, la fuente mundial de aluminio. Los depósitos de laterita de níquel también se forman por la intemperie y proporcionan gran parte del níquel del mundo. (Ingeoexpert, 2018)
- Los yacimientos minerales aluviales están formados por los estragos de la intemperie en la tierra. Por ejemplo, los del Himalaya están siendo arrastrados y nivelados a un ritmo de 1 kilómetro de elevación cada millón de años. Las rocas que contienen minerales metálicos se degradan por este desgaste, se erosionan y se transportan como partículas de granito, grava y arena en arroyos y ríos. Los minerales más pesados como el oro, platino, estaño y uranio se depositan en el fondo de las corrientes y ríos donde se concentran. Esta es la razón por la que los lechos de arroyos, antiguos y actuales, son donde los buscadores buscan pepitas de oro y otros minerales de metales pesados. (Ingeoexpert, 2018)
- Los yacimientos minerales hidrotermales se forman cuando los minerales se depositan y se concentran a partir de aguas calientes (hidrotérmicas) que se sobrecalientan mediante el magma fundido y ascienden a la superficie en la primavera en la superficie de la tierra. Los minerales de sulfuro metálico que depositan las aguas termales generalmente se concentran en las grietas y fallas a lo largo de las cuales los fluidos ascienden a la superficie. La mayoría de los depósitos de metal de oro, plata, cobre, plomo, zinc y molibdeno se forman de esta manera. Los géiseres como Old Faithful en Yellowstone son la manifestación superficial de estos sistemas hidrotermales que pueden proporcionar energía geotérmica y recursos minerales. Pero los respiraderos hidrotermales no solo ocurren en tierra; pueden ventilar en el océano donde se les llama “fumadores negros”. Las fumarolas negras activas hoy depositan montones de minerales de hierro, cobre, zinc, plomo, plata y sulfuro de oro en vastas áreas del fondo del mar. Al igual que

las aguas termales geotérmicas en la tierra, son análogos modernos de depósitos minerales antiguos que se formaron de la misma manera. (Ingeoexpert, 2018)

4.4.2. Tipos de Yacimientos Minerales según el uso de su contenido

Según Herrmman y Zappettini (2014), usualmente se asocia el concepto de los yacimientos minerales con la concentración de metales, muchas otras sustancias minerales aprovechables y requeridas por la industria en general provienen de yacimientos que proveen minerales y rocas industriales, rocas ornamentales y «áridos» (sean éstos naturales o triturados con maquinarias) para la construcción.

Las sustancias minerales denominadas no metalíferas y/o industriales son aquellas que se emplean de manera directa en procesos industriales, sea como fundentes, como materia prima para elaborar cementos, cales, cerámicas, u otros. En tanto, en el caso de los depósitos metalíferos se aprovechan los elementos químicos que estos contienen.

Las rocas que por sus cualidades físicas, tales como brillo, dureza, resistencia, distribución, forma y tamaño de granos, color, etc., tienen aptitud ornamental, se utilizan para este fin sin el agregado de tratamientos químicos, sólo son pulidos y lustrados sobre piezas en general aserradas. Son las denominadas rocas ornamentales o dimensionales.

Los minerales que se aprecian por su belleza o por el desarrollo de sus cristales constituyen otro grupo de interés económico, el de las gemas y minerales de colección.

Las características propias y diferenciales que poseen los distintos tipos de yacimientos y las sustancias minerales que proveen, condicionan los diversos aspectos de la minería relacionada con ellos, tales como su exploración, explotación y tratamiento, y también el impacto que ésta genera en su interacción con el Medio Ambiente. En razón del menor valor económico relativo de estos materiales respecto de los metales, se extraen cuando sus yacimientos afloran con poca o ninguna cobertura de material no utilizable (estéril), dado que la extracción y movilización de este último afecta notoriamente la ecuación económica de su explotación.

Tabla 1. Tipos de Sustancias Minerales

EJEMPLOS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE SUSTANCIAS MINERALES Y LAS PRINCIPALES CARACTERISITICAS DE SU EXPLOTACIÓN		
Yacimiento de	Principales sustancias y elementos	Característica distintiva de su explotación
Metales	Hierro, aluminio, manganeso, cobre, níquel, zinc, plomo, plata, oro	Pequeña minería o minería artesanal: riesgo derivado de la operación con metales y compuestos químicos. Gran minería: extrae y puede acumular grandes volúmenes de roca. Moviliza metales. Es mecanizada a gran escala
Minerales y rocas industriales	Arcillas, calizas, sales, carbón, fosfatos.	Moviliza grandes volúmenes.
Minerales y rocas ornamentales	Granitos, mármoles, travertinos, gabros	Impacta el relieve y el paisaje.
Áridos	Arenas, gravas, canto rodado. Triturados de basaltos y granitos.	Posibilidad de equilibrar agradación y degradación en los depósitos de áridos naturales. Impacto al relieve en áridos de trituración
Gemas	Diamantes, zafiros, aguamarinas, jades	Diferentes técnicas según se trate de yacimientos sedimentarios (placeres) o magmáticos (en rocas).

Fuente: Herrmman & Zappettini (2014) **Modificado:** El Autor (2022)

4.4.3. Recursos Minerales

Es una concentración u ocurrencia de material de interés económico intrínseco en o sobre la corteza de la Tierra en forma y cantidad en que haya probabilidades razonables de una eventual extracción económica. La ubicación, cantidad, ley, características geológicas y continuidad de un Recurso Mineral son conocidas, estimadas o interpretadas a partir de evidencias y conocimientos geológicos específicos. Los Recursos Minerales se subdividen, en orden ascendente de la confianza geológica, en categorías de Inferidos, Indicados y Medidos. (Geoxnet, 2016, sección Yacimientos, párr. 10)

4.4.3.1. Tipos de Recursos Minerales

Recurso Mineral Inferido. Es aquella parte de un Recurso Mineral por la cual se puede estimar el tonelaje, ley y contenido de mineral con un bajo nivel de confianza. Se infiere a partir de evidencia geológica y se asume pero no se certifica la continuidad geológica ni de la ley. Se basa en información inferida mediante técnicas apropiadas de localizaciones como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, laboreos y sondajes que pueden ser limitados o de calidad y confiabilidad incierta. (Geoxnet, 2016, sección Yacimientos, párr. 11)

Recurso Mineral Indicado. Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un nivel razonable de confianza el tonelaje, densidad, forma, características físicas, ley y contenido mineral. Se basa en información sobre exploración, muestreo y pruebas reunidas mediante técnicas apropiadas en ubicaciones como pueden ser: afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están demasiado espaciadas o su espaciamiento es inapropiado para confirmar la continuidad geológica y/o de ley, pero está espaciada con suficiente cercanía para que se pueda suponer continuidad. (Geoxnet, 2016, sección Yacimientos, párr. 12)

Recurso Mineral Medido. Es aquella parte de un Recurso Mineral para el cual puede estimarse con un alto nivel de confianza el tonelaje, su densidad, forma, características físicas, ley y contenido de mineral. Se basa en la exploración detallada e información confiable sobre muestreo y pruebas obtenidas mediante técnicas apropiadas de lugares como pueden ser afloramientos, zanjas, rajos, túneles, laboreos y sondajes. Las ubicaciones están espaciadas con suficiente cercanía para confirmar continuidad geológica y/o de la ley. (Geoxnet, 2016, sección Yacimientos, párr. 13)

4.4.4. Reservas Minerales

Es aquella porción del recurso mineral Medido o del Recurso Mineral Indicado que es económicamente extraíble de acuerdo a un escenario productivo, medioambiental, económico y financiero derivado de un plan minero y en cuya evaluación se han considerado todos los factores modificantes (mineros, metalúrgicos, económicos, financieros, comerciales, legales, medioambientales, infraestructura, sociales y gubernamentales). La Reserva Mineral incluye pérdidas y diluciones con material ajeno circundante a esa porción de Recurso Mineral y que lo contamina por efectos de la extracción minera (CODELCO, 2016, pág. 4)

4.4.4.1. Tipo de Reservas Minerales

- ❖ **Reserva Mineral Probable.** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Indicado y en algunas circunstancias Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que puedan producirse cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas, que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de factores modificadores razonablemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercadeo, legales, medioambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran a la fecha en que se presenta el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente. (Geoxnet, 2016, sección Yacimientos, párr. 15)
- ❖ **Reserva Mineral Probada.** Es la parte económicamente explotable de un Recurso Mineral Medido. Incluye los materiales de dilución y tolerancias por pérdidas que se pueden producir cuando se explota el material. Se han realizado evaluaciones apropiadas que pueden incluir estudios de factibilidad, e incluyen la consideración de modificaciones por factores fehacientemente asumidos de minería, metalúrgicos, económicos, de mercados, legales, ambientales, sociales y gubernamentales. Estas evaluaciones demuestran, a la fecha en que se publica el informe, que la extracción podría justificarse razonablemente. (Geoxnet, 2016, sección Yacimientos, párr. 16)

4.4.5. *Cálculo de Reservas.*

Conforme Meza Linares (2017, pág. 6) la estimación de reservas en la industria minera es de suma importancia para la evaluación de los depósitos minerales durante todas las etapas de su desarrollo.

Una de las principales formas de toma de muestras es a partir de barrenos de exploración, para lo cual previamente se diseñó su distribución y estimó el número de barrenos óptimos que provea la información necesaria para elaborar los estudios de los recursos geológicos, estadísticos y económicos.

El propósito fundamental del cálculo de reservas de un yacimiento consiste en determinar la cantidad de mineral presente y, con esta, estimar la factibilidad de realizar la explotación comercial de los minerales sean metálicos o no, presentes en el yacimiento, usando las propiedades del macizo rocoso como la densidad, peso específico y la ley mineral.

Estos cálculos se deben realizar durante toda la vida productiva de la unidad, comenzando desde la etapa de prospección hasta el final de su actividad o hasta el agotamiento de las reservas contenidas en el depósito. Es importante señalar que una estimación de las reservas ayuda a tener una explotación eficiente y productiva; también es valioso para la planeación y desarrollo de la unidad, pues ayuda en la evaluación de nuevos proyectos, la parte financiera de costos de producción y en el control de pérdidas.

4.4.5.1. Métodos de cálculo de reservas por cubicación

Métodos tradicionales Para el cálculo de reservas es conveniente utilizar cuerpos geométricos que se asemejen al depósito mineral y con ello mejorar la interpretación visual. (Meza Linares , 2017)

Dependiendo del criterio que se emplee para sustituir o transformar el cuerpo a explorar o explorado en bloques auxiliares, y de la forma que se use para los cálculos numéricos de las variables, de acuerdo con Lopez Aburto (2003, pág. 102) los métodos convencionales de estimación de reservas pueden ser clasificados dentro de cuatro grupos, además de dos métodos más modernos que involucran el uso de computadoras, programas de cómputo especiales y personal capacitado, quienes finalmente harán la interpretación de la información obtenida en campo.

- Métodos de factores y áreas de influencia
 - Método analógico
 - Método de bloques geológicos
- Métodos de bloques minables
- Métodos de secciones transversales
 - Método estándar
 - Método lineal
 - Método de isolíneas
- Métodos analíticos (geométricos)
 - Método de triángulos
 - Método de polígonos
- Métodos computarizados
 - Métodos estadísticos
 - Métodos geo estadísticos

4.5.Explotación de Yacimientos.

De acuerdo con el Servicio Geológico Mexicano (2017). Después de que un depósito ha sido descubierto, explorado, delineado y evaluado, el siguiente paso será la selección del método de minado que física, económica y ambientalmente se adapte para la recuperación del mineral comercialmente valioso. Desde el punto de vista económico, el mejor método de explotación deberá ser aquel que proporcione la mayor tasa de retorno en la inversión. Adicionalmente, el método seleccionado deberá satisfacer condiciones de máxima seguridad y permitir un ritmo óptimo de extracción bajo las condiciones geológicas particulares del depósito. Los métodos de minado deben ser elaborados con base en la geología estructural y en la mecánica de rocas prevaleciendo el concepto fundamental de estabilidad en las obras (párr.2).

Los rasgos y características de los depósitos minerales fueron creados antes, durante o después de que la mineralización tuvo lugar. De esto dependerán las condiciones que determinen el método de minado más adecuado. Desde el punto de vista de la ingeniería geológica estructural, las siguientes características son de suma importancia en la selección de un método de explotación minera (Servicio Geológico Mexicano, 2017, párr. 3) a:

- El tamaño y la morfología del cuerpo mineral .
- El espesor y el tipo del escarpe superficial.
- La localización, rumbo y buzamiento del depósito.
- Las características físicas y resistencia del mineral.
- Las características físicas y resistencia de la roca encajonante.
- La presencia o ausencia de aguas subterráneas y sus condiciones hidráulicas relacionadas con el drenaje de las obras.
- Factores económicos involucrados con la operación, incluyendo la ley y tipo de mineral, costos comparativos de minado y ritmos de producción deseados.
- Factores ecológicos y ambientales tales como conservación del contorno topográfico original en el área de minado y prevención de sustancias nocivas que contaminen las aguas o la atmósfera. (Servicio Geológico Mexicano, 2017)

4.5.1. Métodos de Explotaciones Mineras.

Los tipos de explotaciones mineras, son las distintas técnicas empleadas a la extracción de recursos minerales, dentro del sector primario. La diferente naturaleza de los medios o entornos a explotar, así como la diversidad de recursos naturales extraídos, supone la existencia de distintos tipos de explotaciones mineras. (Sánchez Gálan, 2021, párr. 1)

Teniendo en cuenta las técnicas empleadas para la extracción de los recursos minerales, es posible clasificar los tipos de minería en los siguientes grupos:

- **Explotación subterránea**

Las condiciones físicas o geográficas no permiten realizar las labores de extracción en situación de cielo abierto. Por ello, se desarrolla en yacimientos.

Esto sucede cuando el mineral en cuestión se origina en entornos que se encuentran bajo tierra. Habitualmente, hablamos de localizaciones recónditas, en las que es necesario acondicionar el terreno con base en criterios industriales. La extracción de gas natural o petróleo serían ejemplos de esta tipología. (Sánchez Gálan, 2021, párr 8)

- **Explotación a cielo abierto**

En esta tipología, el producto a extraer se encuentra a poca profundidad y en pequeñas cantidades o concentraciones. El tratamiento minero que debemos aplicar en estas condiciones consiste en remover el terreno para acceder a los minerales buscados. (Sánchez Gálan, 2021, párr. 9)

Un ejemplo muy común es la extracción en canteras de piedra para obra pública y construcción. Alternativamente, la corteza terrestre a examinar puede encontrarse tanto en un entorno de tierra firme como uno marino. Es decir, localizaciones en lagos, mares u océanos. (Sánchez Gálan, 2021, párr. 10)

4.5.2. Sistemas de Explotación a Cielo Abierto

De acuerdo con Herrera Herbert (2006). Por las lógicas y naturales diferencias que imponen sus características estructurales y sus aplicaciones, se pueden varias clases de materiales que darán lugar a una primera selección de los submetodos clásicos de la minería a cielo abierto (MCA):

Cortas: Estos métodos son los tradicionales de la minería metálica y se adaptaron en las últimas décadas a los yacimientos de carbón, introduciendo algunas modificaciones. La extracción, en cada nivel, se realiza en un banco con uno o varios tajos. La profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegándose en algunos casos a superar los 300 m.

Descubiertas: Estos métodos se aplican en yacimientos tumbados u horizontales, con unos recubrimientos de estéril inferiores, por lo general, a los 50 m. Consiste en el avance unidireccional de un módulo con un solo banco desde el que se efectúa el

arranque del estéril y vertido de éste al hueco de las fases anteriores. El mineral es entonces extraído desde el fondo de la explotación, que coincide con el muro del depósito.

Terrazas: Este método se basa en una minería de banqueo con avance unidireccional. Se aplica en yacimientos relativamente horizontales, de uno o varios niveles mineralizados y con recubrimientos potentes, pero que permiten depositar el estéril en el hueco creado, transportándolo alrededor de la explotación.

Contorno: En yacimientos de carbón con capas tumbadas de reducida potencia y topografía generalmente desfavorable, se aplican los métodos conocidos bajo la denominación de minería de contorno. Consisten en la excavación del estéril y del mineral en sentido transversal al afloramiento, hasta alcanzar el límite económico, dejando un talud de banco único y progresión longitudinal siguiendo el citado afloramiento.

Canteras: Canteras es el término genérico que se utiliza para referirse a las explotaciones de rocas industriales, ornamentales y de materiales de construcción. Constituyen, con mucho, el sector más importante en cuanto a número, ya que desde muy antiguo se han venido explotando para la extracción y abastecimiento de materias primas con uso final en la construcción y en obras de infraestructura.

Graveras: Los materiales detríticos, como son las arenas y las gravas, albergados en los depósitos de valle y terrazas de los ríos, son objeto de una explotación intensa debido a la demanda de dichos materiales por el sector de la construcción.

4.6.Explotación de Áridos y Pétreos

Se entiende por explotación de áridos a la extracción de materiales que resultan de la disgregación de las rocas y se caracteriza por su estabilidad química, resistencia mecánica y tamaño así mismo la explotación de pétreos hace referencia a la extracción de los agregados minerales lo suficientemente resistentes a agentes atmosféricos, estos materiales provienen de rocas y derivados de rocas sean estas de naturaleza ígnea, metamórfica o sedimentaria, en general todos los materiales cuyo procesamiento no implique un proceso industrial diferente a la trituración y clasificación por su granulometría o en algunos casos tratamientos de corte y pulido entre su extracción y uso final, estas explotaciones mineras se las puede realizar en los lechos de los ríos, lagos o canteras. (Manga Castilla, 2013)

4.6.1. Características de los áridos y pétreos

Conforme a Gutiérrez de López (2003) las características de los áridos y pétreos se clasifican en tres:

4.6.1.1. Propiedades Químicas.

Los agregados conservan la composición mineralógica de la roca que les dio origen; generalmente son inertes ya que no reaccionan químicamente con los demás constituyentes. Sin embargo desde 1946 se ha venido observando una reacción química de algunos agregados con el cemento cuando se emplean dichos agregados en concretos. Algunos agregados reaccionan con los álcalis especialmente los agregados silicios y los agregados carbonatados. Los primeros cuando poseen óxidos de silicio en sus formas inestables reaccionan con los hidróxidos alcalinos del, produciéndose un gel que aumenta de volumen a medida que absorbe agua con lo que origina presiones internas. Esta reacción se conoce como Alkali-sílice. Los segundos producen una reacción similar llamada Alkali-carbonato pero es menos frecuente que la Alkali-sílice

4.6.1.2. Propiedades Físicas.

Granulometría. La granulometría o gradación se refiere al tamaño de las partículas y al porcentaje o distribución de las mismas en una masa de agregado. Se determina mediante el análisis granulométrico que consiste en hacer pasar una determinada cantidad del agregado a través de una serie de tamices standard, dispuestos de mayor a menor. Los tamices se disponen de acuerdo a la utilización. Así por ejemplo la serie de tamices que se usa para los agregados del concreto se ha escogido de tal forma que la abertura del tamiz esté en relación de 1 a 2 con la abertura del siguiente tamiz.

Dentro de la granulometría también son analizados parámetros del agregado como son la forma, redondez, esfericidad, textura, densidad.

Porosidad y absorción. La porosidad del agregado es una cualidad muy importante, directamente relacionada con la adherencia y resistencia a la compresión y flexión de las partículas, así como a su comportamiento frente a problemas de congelamiento, deshielo e intemperismo.

La porosidad está asociada a la capacidad de absorción de agua u otro líquido que tienen los agregados, capacidad que depende del número y tamaño de los poros y de la continuidad de los mismos.

Expansión o abultamiento. Conocida también como hinchamiento de la arena, consiste en un aumento de volumen, para un determinado peso de arena por la presión del agua

entre las partículas de arena cuando ésta se encuentra con agua libre. Si el agua libre aumenta de un 5 a un 8%, el abultamiento puede llegar hasta un 20 ó 30%. La expansión puede ser máximo de un 40% para arenas finas y hasta un 20% para arenas gruesas. Cuando se aumenta el contenido de agua libre la expansión disminuye y si la arena está inundada no existe hinchamiento. (Gutiérrez de Lopez, 2003)

4.6.1.3. Propiedades Mecánicas

Resistencia. Al emplear los agregados en obras de ingeniería, tal es el caso de concretos hidráulicos, la resistencia de éstas, se relaciona directamente con la resistencia del agregado, resistencia estrechamente relacionada con la estructura de los granos de la partícula, o con el proceso de trituración y explotación; algunos procedimientos inadecuados induce previamente fallas en las partículas.

Tenacidad. La tenacidad es la resistencia que ofrece el agregado al impacto, y tiene mucho que ver con el manejo de los agregados, porque si estos son débiles al impacto pueden alterar su granulometría y por consiguiente la calidad de la obra.

Adherencia. Ya sea en el concreto hidráulico o en el concreto asfáltico la adherencia del agregado es una característica importante, porque la resistencia y durabilidad de estos concretos depende en gran parte del poder de aglutinamiento del agregado con el material cementante (pasta de cemento o asfalto). La adherencia del agregado depende de la forma, textura y tamaño de las partículas. No existe un método para medir la adherencia de un agregado con el cemento, pero la adherencia de un agregado con el asfalto si puede medirse mediante una norma británica que consiste esencialmente en determinar el grado de amarre del asfalto con los agregados que se van a utilizar en el campo.

Dureza. Es la resistencia que ofrece el agregado a la acción del roce y al desgaste diario. Los agregados empleados en carreteras, y pisos, deben ser especialmente resistentes al desgaste.

Sanidad de los agregados. La sanidad de los agregados se refiere a su capacidad para soportar cambios excesivos de volumen por la acción del intemperismo. La capacidad del agregado para soportar los cambios de condiciones ambientales depende de su procedencia, granulometría, forma, textura y porosidad.

Contenido de materia orgánica. La materia orgánica es producto de la descomposición de los vegetales y sustancias carbonosas, cuya composición química es ácido tánico y sus derivados conocidos con el nombre de humus.

4.7. Parámetros para la explotación de áridos y pétreos.

Conforme López Jimeno (1998), Se considera que los yacimientos de áridos y pétreos están condicionados por los siguientes parámetros:

❖ Parámetros geométricos.

Son los que van a definir la forma y volumen del material utilizable, las variaciones del espesor y límites naturales del yacimiento. Para definir los parámetros geométricos es necesario establecer un plano topográfico del yacimiento, un plano topográfico del techo, del nivel explotable y un plano topográfico del sustrato del yacimiento. Estos datos permitirán establecer, de una manera correcta, el plan de explotación.

❖ Parámetros hidrogeológicos.

Van a condicionar la metodología y viabilidad de extracción del material, así como el desarrollo de los planes de recuperación de las explotaciones, dependiendo de ellos la existencia de acumulaciones de agua y su potencial eutrofización.

Dentro de los parámetros hidrogeológicos, se considera los estudios barimétricos, debido a que este nos permite medir las profundidades y dimensiones del cuerpo de agua, estudios necesarios para la explotación de áridos y pétreos por la proximidad de los mismos a fuentes hídricas.

❖ Parámetros del material extraíble.

El principal parámetro del material es la granulometría de los materiales, ya que el diseño de la planta de clasificación debe proyectarse a partir de la granulometría. Otro parámetro del material es la contaminación con material fino (arcillas, limos), bien por una percolación desde los suelos suprayacentes o bien por contaminación en toda la masa.

4.8. Características para la explotación de áridos y pétreos

López Jimeno (1998), menciona que los sedimentos y rocas sedimentarias detríticas poco compactadas pueden ser utilizados en la producción de áridos naturales en función de los siguientes factores:

Características intrínsecas.

- ❖ Naturaleza del afloramiento, posición con respecto a la topografía, cobertura no utilizable, nivel freático, entre otras.
- ❖ Composición mineralógica-litológica de los elementos, estabilidad química, elementos friables, materia orgánica. Forma, esfericidad, redondez y propiedades de superficie de los elementos. Distribución de tamaños.
- ❖ Características del conjunto de los elementos (dureza, fragilidad, módulo elástico).

.Características extrínsecas.

- ❖ Distancia al centro de consumo. Instalaciones de clasificación y, en su caso, de machaqueo de tamaños seleccionados.
- ❖ Impacto ambiental, suelo edificable en proximidades a áreas urbanas.

4.9. Maquinaria para la extracción de materiales Áridos y Pétreos

Acorde a Luaces (2010). El proceso de producción de áridos requiere el empleo de una maquinaria muy robusta, resistente y de grandes dimensiones, para poder manipular los grandes volúmenes de materias primas que demanda la sociedad. La obtención de áridos con las características de calidad requeridas por el mercado, es posible gracias a que los sistemas de control empleados son cada día más completos y automatizados y permiten, en todo momento, regular la producción.(párr. 17)

4.9.1. Equipos de arranque y carga

Según lo establece Luaces (2010, párr. 24) las operaciones de arranque y carga se realizan en canteras y graveras, fundamentalmente con equipos móviles como palas cargadoras sobre ruedas, excavadoras (frontales o retos) y bulldozers, además de perforadoras y dragalinas.

La perforadora realiza, en las canteras, los barrenos que se rellenan con el explosivo necesario para la voladura. La pala cargadora es un equipo de carga muy versátil por su gran movilidad y fácil maniobrabilidad, que se utiliza, sobre todo, en el movimiento de tierras, ya sea en la descubierta o en la restauración, en la carga en el frente y en la carga en el parque de áridos de dumpers, camiones y tolvas de alimentación. La excavadora hidráulica es un equipo de excavación y carga ampliamente utilizado que puede ser de arranque frontal, o retro. Se utiliza en la excavación de tierras, en el arranque de

materiales no consolidados y en la carga de materiales en dumpers, camiones y tolvas de alimentación.

La dragalina permite extraer el material cuando se encuentra por debajo del nivel del agua. Está formado por un cazo que se encuentra suspendido de una pluma por medio de cables, que permiten lanzarlo vacío y recogerlo con el material escurrido. Por último, el bulldozer o tractor se utiliza en el arranque, empuje y apilado del material para su posterior carga y transporte, en el desbroce del terreno y en el empuje y extendido de material de relleno, sin olvidar labores auxiliares como apertura, nivelación y limpieza de pistas.

4.9.2. Equipos de transporte

Las operaciones de transporte en canteras y graveras se realizan con el dumper o con el camión. El dumper, o camión volquete (rígido o articulado), es el principal medio de transporte sobre ruedas dentro de una explotación de áridos y también en la obra pública. Su utilización se centra en el transporte de material cargado en el frente hasta su punto de vertido en tolvas, acopios intermedios o escombreras. (Luaces, 2010, párr. 27)

El otro vehículo de transporte, el camión, es similar al dumper pero de menores dimensiones y capacidad de carga. Al igual que éste, se emplea en el transporte interno de material cargado en el frente hasta su punto de vertido, ya sean tolvas, acopios intermedios o escombreras, y además en el transporte externo por carretera para distribuir los productos a los usuarios finales. (Luaces, 2010, párr. 28)

4.9.3. Equipos de preparación mecánica de áridos y pétreos

Entre los equipos fijos de proceso utilizados en una planta de tratamiento de áridos cabe citar las tolvas, los alimentadores, los equipos de trituración y molienda, las cintas transportadoras, las cribas, los silos, los equipos de lavado, los motores y bombas, la instalación eléctrica y los sistemas de control. (Luaces, 2010, párr. 29)

La creciente aplicación de los criterios ligados al desarrollo sostenible en las explotaciones permite mirar al futuro, con la confianza de poder afrontar los nuevos retos que demanda la sociedad. Desde el inicio de la explotación hasta su clausura, las empresas que producen áridos deben aplicar una serie de técnicas para prevenir o minimizar los efectos de la actividad sobre el medio ambiente. (Luaces, 2010, párr. 30)

4.9.4. Sistemas y equipos para la protección del medio ambiente

De acuerdo con Luaces (2010), la creciente aplicación de los criterios ligados al desarrollo sostenible en las explotaciones permite mirar al futuro, con la confianza de poder afrontar los nuevos retos que demanda la sociedad. Desde el inicio de la explotación hasta su clausura, las empresas que producen áridos deben aplicar una serie de técnicas para prevenir o minimizar los efectos de la actividad sobre el medio ambiente.

La implantación de estas medidas dependerá de las circunstancias concretas de cada explotación, ya que es difícil hablar de actuaciones universalmente aplicables. La variedad de equipos y técnicas disponibles es muy amplia por lo que, como ejemplos, pueden citarse:

- Sistemas de control del polvo (aspiración, filtros de mangas y pulverización de agua).
- Sistemas para la protección frente al ruido (pantallas y carenados).
- Minimización de residuos, recogidos selectivamente para una correcta gestión.
- Depuración del agua de lavado, por sedimentación de sólidos en balsas o en tanques espesadores, o por filtrado.
- Apantallamiento de la explotación para reducir el impacto visual.

Además, la restauración o recuperación de los terrenos explotados, que es la última fase del proceso productivo, tiene por objetivo reacondicionar los terrenos en conformidad con unas directrices de calidad medioambiental, con el fin de devolver el área a su entorno. La legislación sobre restauración obliga a las empresas a:

- Disponer de un proyecto de restauración de los terrenos aprobado por la autoridad competente.
- Depositar un aval que garantice la realización de ese proyecto.

4.10. Optimización de un sistema de explotación

Según Infaimon (2018). La optimización de un recurso consiste en analizar los procesos de producción con vistas a reducir los costes y los desperdicios producidos, precisamente, por una falta de optimización de las operaciones en dichos procesos. En este aspecto, tiene en cuenta elementos como la sobreproducción, los tiempos de espera, el transporte, el exceso de procedimientos, la gestión del inventario, los movimientos dentro de cada fase del proceso

y los defectos. Reduce al mínimo los contratiempos presentes de forma natural en cada una de estos elementos, lo que consigue optimizar los recursos.

- **Sistemas de calidad:**

Los sistemas de calidad nacen como resultado de la implementación de un control de calidad previo en cada una de las fases de los procesos de producción. De este modo, se consigue una optimización de procesos todavía mayor ya que se eliminan los posibles defectos asociados a la producción habitual. (Infaimon, 2018)

- **Control de calidad:**

El control de calidad permite la implementación de sistemas de calidad y, a grandes rasgos, se puede entender como el conjunto de herramientas y aplicaciones que se usan a la hora de detectar fallos de producción en el proceso productivo, lo que permite solucionarlos antes de que su coste pueda verse aumentado al permanecer dentro de la cadena de producción. (Infaimon, 2018)

- **Márgenes de amortiguamiento**

El coeficiente de seguridad es el margen de seguridad que tienen las estructuras con las que se trabaja en los procesos productivos o en las construcciones. Aplicados a la optimización de recursos, permite aprovechar al máximo el potencial de la maquinaria y otros activos presentes en las compañías. (Infaimon, 2018)

La optimización de una explotación a cielo abierto puede comenzar desde su concepción, durante la planificación de la extracción de mineral y pasar por la operación en sí hasta su desmantelamiento. (Infaimon, 2018)

La selección de equipos para aplicaciones de minería no es un proceso bien definido y debido a que involucra la interacción de varios factores o criterios subjetivos, las decisiones a menudo son complicadas e incluso pueden incorporar contradicciones (Infaimon, 2018)

4.11. Marco Legal

- ***Constitución de la República del Ecuador***

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

12. Regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras. (Constitución de la República del Ecuador, 2008)

- ***Código Orgánico Ambiental (COA)***

Las disposiciones de este Código regularán los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, así como los instrumentos que fortalecen su ejercicio, los que deberán asegurar la sostenibilidad, conservación, protección y restauración del ambiente, sin perjuicio de lo que establezcan otras leyes sobre la materia que garanticen los mismos fines. (Código Orgánico del Ambiente, 2017)

- ***Ley de Minería***

Art. 142.- Concesiones para materiales de construcción.- El Estado, por intermedio del Ministerio Sectorial, podrá otorgar concesiones para el aprovechamiento de arcillas superficiales, arenas, rocas y demás materiales de empleo directo en la industria de la construcción, con excepción de los lechos de los ríos, lagos, playas de mar y canteras que se regirán a las limitaciones establecidas en el reglamento general de esta ley, que también definirá cuales son los materiales de construcción y sus volúmenes de explotación. (Ley de Minería, 2018)

- ***Reglamento Ambiental de Actividades Mineras (RAAM)***

Art. 100.- Explotación de materiales de construcción en lechos de ríos, playas fluviales y terrazas.- En la explotación de materiales pétreos, arena, grava, entre otros, en los lechos de los ríos, playas fluviales y terrazas se deberá observar lo establecido en este Reglamento para la explotación de placeres y captación de agua. (Reglamento Ambiental de Actividades Mineras, 2014)

- ***Registro Oficial N° 347***

Material árido y pétreo. - Se considera material árido aquel que resulta de la disgregación y desgaste de las rocas y se caracteriza por su estabilidad química, resistencia mecánica y tamaño; y, se consideran materiales pétreos, los agregados minerales que son suficientemente consistentes y resistentes a agentes atmosféricos, provenientes de macizos rocosos, generalmente magmáticos. Tanto los materiales áridos como los materiales pétreos pueden ser utilizados como materia prima en actividades de construcción. (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2021)

- ***Ordenanza Municipal Cantón Zamora: para regular, autorizar y controlar la explotación de materiales áridos y pétreos***

Art. 1.- La presente ordenanza tiene por objeto establecer la normativa y el procedimiento para asumir e implementar la competencia para regular, autorizar y controlar la

explotación de materiales áridos y pétreos, que se encuentren en los lechos de los ríos, lagos y canteras, dentro de la jurisdicción del Cantón y en sujeción a los planes de ordenamiento territorial y de desarrollo del cantón; desarrollar los procedimientos para la consulta previa y vigilancia ciudadana; y prever la remediación de los impactos ambientales, sociales y de la infraestructura vial, que fueren provocados por la explotación de dichos materiales áridos y pétreos. (Gobierno Autonomo Descentralizado del Cantón Zamora, 2015)

5. Metodología.

5.1. Área De Estudio.

El presente trabajo investigativo se lo desarrolló en la Provincia de Zamora Chinchipe, cantón Zamora, sector Benjamín Carrión, en el *área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 5000108*. Se encuentra bajo la administración del municipio de Zamora, además, posee una extensión de 15 hectáreas, las cuales están divididas en dos zonas; el área de extracción y el área de acopio para el material extraído de la misma concesión y de material arrancado de la concesión “El Tablón GADMZ código 592167”.

El material extraído es denominado pétreos y se lo extrae para que dicho material sea usado única y exclusivamente para regeneración urbana, colocación de carpeta asfáltica, adoquinados, construcción de bordillos para el cantón Zamora, parroquias y barrios aledaños.

El área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 5000108 no dispone de ritmo de producción óptimo, es decir, su sistema de explotación no es el adecuado, lo que se ve reflejado en una explotación desorganizada e ineficiente, desencadenando problemas ambientales, sociales y económicos.

Además de poseer un sistema de explotación ineficiente, la ubicación de la concesión produce un alto impacto en el medio ambiente no solo por su proximidad al río Bombuscaro, conjuntamente con las condiciones climáticas del cantón Zamora influye en la generación de material particulado afectando al barrio Benjamín Carrión de manera directa y de manera indirecta al resto del cantón.



Figura 1. Mapa de Ubicación
Fuente: Autor, (2022)

5.1.1. Acceso.

El Acceso al área de libre aprovechamiento se lo puede realizar por vía terrestre desde la ciudad de Quito hacia el cantón Zamora y posteriormente hacia el barrio Benjamín Carrión. Se inicia tomando la vía Panamericana hasta la ciudad de Loja y seguidamente se toma la troncal Amazónica E45.

El recorrido es de 720.1 Km con un tiempo estimado de viaje de 13 horas y 26 minutos. El área de libre aprovechamiento tiene dos accesos: por el barrio Alonso de Mercadillo y el acceso principal es por el barrio Benjamín Carrión. Figura 2

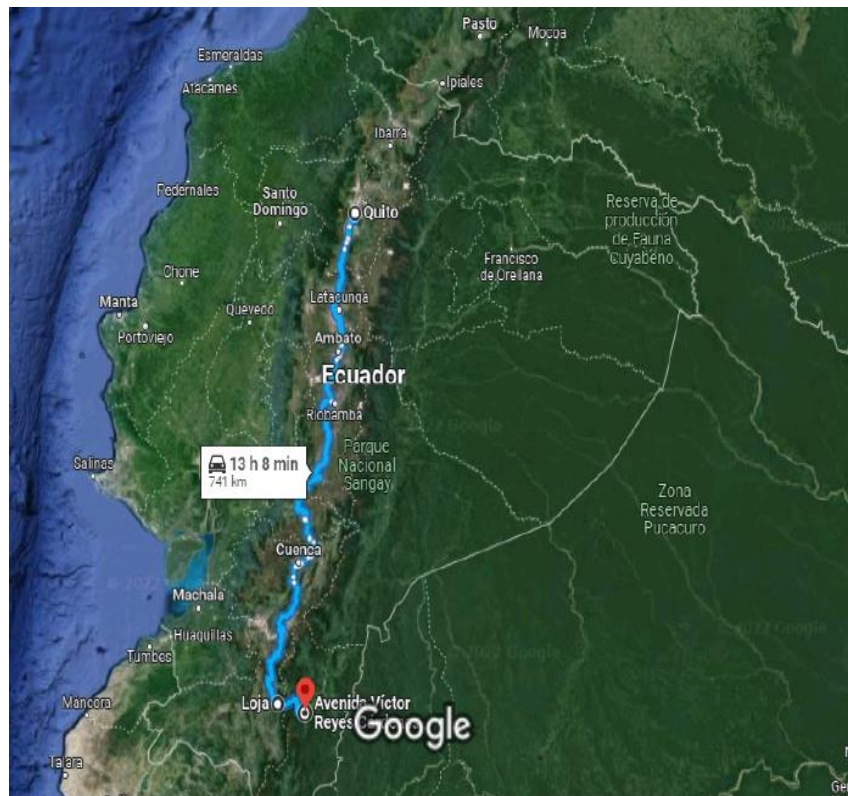


Figura 2. Mapa de acceso al área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro
Fuente: Autor, (2022)

5.1.2. Geología Regional

Según Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica CODIGEM (1996), el área de libre aprovechamiento se encuentra dentro de las Terrazas las cuales están distribuidas en amplias zonas aledañas a los ríos Zamora, Bombuscaro; se constituyen por gravas, arenas, limos, arcillas polimícticas acarreadas y depositadas en forma lenticular, ocasionalmente su espesor alcanza unos 50 metros que se hallan cubriendo las formaciones antiguas.

Conforme al GAD Zamora (2016), las formaciones geológicas presentes en el cantón Zamora son:

- Batolito de Zamora

Localizado al sur del país, en la Provincia de Zamora Chinchipe, tiene una extensión mínima de 1.800 km², este cuerpo intrusivo se extiende con una dirección norte-sur formando parte de la cordillera del cóndor que penetra al Perú.

Existen otros batolitos y plutones cercanos que probablemente están genéticamente relacionados, estos son los batolitos de Zumba y Portachuelo y el Plutón del Río Numbala. El batolito de Zamora se caracteriza por estar compuesto de leucogranodioritas y granodioritas hornbléndicas y granitos.

- Depósitos Coluviales

Formado por material meteorizado y transportado por acción de la gravedad hacia las partes bajas; se encuentra constituido por cantos angulosos de rocas intrusivas y volcánicas. Este depósito aflora en la ladera occidental de la cuenca del Bombuscaro.

- Volcánicos Indiferenciados

Se trata de coladas y tobas de composición andesíticas y dacítica de color gris. Predominan en su composición cristales de oligoclasa-andesina, con magnetita y máficos alterados en las coladas. La toba dacítica está constituida por granos de cuarzo y albita, contenidos en una matriz de grano fino, cuarzo feldespático, con biotita, anfíboles cloritizados, magnetita y óxidos secundarios de hierro como accesorios. Estas rocas están en contacto discordante con las metamórficas paleozóicas.

5.1.3. Geomorfología

Conforme lo indica (GAD Zamora, PDOT Zamora, 2021) El cantón Zamora se encuentra geográficamente ubicado en los flancos externos de la cordillera oriental de los Andes, formando parte de la hoya del río Zamora, a una altitud entre los 840 y 3382 m.s.n.m., aproximadamente, con una variación muy importante en su rango altitudinal de más de 2500 metros, con presencia de pendientes muy fuertes en su parte más alta y pendientes medias en las zonas más bajas. El tipo de materiales, su geología, el clima, y la ubicación geográfica dan a origen a las distintas geoformas del terreno, las cuales son muy representativas de las estribaciones de la cordillera oriental.

El análisis de las pendientes es un determinante que limita o no, tanto la aptitud del suelo, como su uso, pudiendo ser estos usos agropecuarios, de conservación, forestales, otros. Al analizar las pendientes del cantón Zamora, se pudo evidenciar que aproximadamente el 50% de su territorio se encuentra en una pendiente fuerte (>40 – 70%), el 35% del cantón se encuentra en una pendiente muy fuerte, y, entre otros, el 6% del territorio únicamente posee pendientes menores al 40%, lo cual limita mucho las actividades y los usos que se pueden realizar en el territorio cantonal.

5.1.4. Geología Estructural

La zona de estudio presenta una geología bastante compleja, debido principalmente a fenómenos de carácter tectónico que produjeron enormes fallamientos, acompañados de intrusivos de magma que dieron lugar a la formación del gran Batolito de Zamora, así como de fenómenos de metamorfismo de contacto y posteriores procesos de metamorfismo, generadores de intrusivos de carácter metazomático (Tres Lagunas) y zonas de skarn aurífero.

La zona correspondiente a la estructura mineralizada conocida como Skarn de Nambija, está delimitada por dos fallas de tipo regional de rumbo Norte-Sur, muy importante, ya que alinea a los sitios de explotación de Nambija, Campanilla y Campana, en sentido casi Norte-Sur (10° al Este), otra fractura de carácter regional, paralelo a la Cordillera de Tzunantza es la falla de la Quebrada de El Oro con una dirección NE-SO. También terrenos de falla inferida de Zamora en sentido Este-Oeste, que controla la litología en la parte norte con los Volcánicos de edad Jurásico - Cretácico (Chapiza-Misahualli) y en su parte de sur los jurásicos. Geológico-Minero-Metalúrgica CODIGEM (1996)

5.1.5. Hidrografía

Como resultado de la presencia de la vertiente oriental de la cordillera Real y de las montañas subandinas, en la provincia de Zamora Chinchipe se ha dado lugar a la formación de dos sistemas hidrográficos importantes caracterizados por una red fluvial muy encajada. Se trata de las cuencas de los ríos Blanco – Chinchipe y Zamora

5.1.6. Clima

5.1.6.1. Temperatura

El cantón Zamora es parte de la región natural de la Amazonía, por lo cual tiene un clima tropical húmedo, caracterizado por sus temperaturas cálidas, elevadas precipitaciones y humedad. El cantón Zamora cuenta con un clima tropical mega térmico húmedo situado en la parte baja de todas las parroquias del cantón Zamora, el clima ecuatorial de alta montaña

ubicado en sector de San Luis, Lagunas de los Compadres de la parroquia Zamora y Sabanilla y meso térmico semi-húmedo se ubica entre los climas ecuatorial de alta montaña y tropical mega térmico húmedo que tiene influencia en todas las parroquias del cantón Zamora. Las temperaturas en el cantón varían desde los 8 grados Celsius hasta los 22 grados en promedio en las zonas más calientes. Las zonas más frías se encuentran en el área referente a las Lagunas de los Compadres en la parroquia Zamora, las zonas altas de las parroquias de Sabanilla e Imbana, presentan de igual manera temperaturas bajas en referencia a todo el cantón Zamora. Las zonas bajas de Zamora como lo son las parroquias de Cumbaratza y Guadalupe presentan las temperaturas más altas en promedio, entre 21 y 22 grados Celsius. Se puede observar que existe una variación de temperatura presente en todas las parroquias. GAD Zamora, PDOT Zamora (2021)

5.1.6.2. Precipitaciones

Al analizar la precipitación media que se presenta en el cantón Zamora, se puede observar que la misma fluctúa entre 1000 milímetros de precipitación anual, hasta los 3000 milímetros. Cerca del 57% del área del cantón presenta precipitaciones medias entre los 1750 a 2500 milímetros al año. GAD Zamora, PDOT Zamora (2021)

Las épocas con mayor pluviosidad en el cantón Zamora, corresponden a los meses de febrero-marzo y junio-septiembre, los cuales se consideraron como meses de recarga de las reserva de pétreos en nuestra área de libre aprovechamiento. GAD Zamora, PDOT Zamora (2021)

Tabla 2. Precipitaciones

Precipitación (mm)	Área (ha)	Porcentaje %
1000-1250	10847,85	5,70
1250-1500	22431,07	11,79
1500-1750	27850,26	14,65
1750-2000	66307,16	34,88
2000-2500	41600,62	21,88
2500-3000	21078,36	11,09
Total	190115,32	100,00

Fuente: GAD Zamora, PDOT Zamora (2021); **Modificado:** El Autor (2022)

5.2. Métodos.

Los métodos que se utilizaron para el desarrollo del presente trabajo investigativo son el método experimental y el no experimental, los mismos que nos permitieron cumplir cada uno de los objetivos planteados en la presente investigación.

5.2.1. Método Experimental.

En la presente investigación de enfoque experimental se manipuló una o más variables de estudio, para controlar el aumento o disminución de esas variables y su efecto en las conductas observadas. (Javier Murilo, s.f.)

Dicho de otra forma, en el presente trabajo se realizó un método experimental que consistió en hacer un cambio en el valor de una variable (variable independiente) es decir se cambió las capacidades de la maquinaria y lograr observar su efecto en otra variable (variable dependiente) que en nuestro caso fueron los tiempos de trabajo de cada una de ellas.

Es decir, en la investigación experimental se estudiaron dos objetos. En el uno se estudió todas las variables independientes mientras que en el otro los elementos puestos a prueba mediante hipótesis.

5.2.2. Método No Experimental

La investigación no experimental es aquella que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, es investigación donde no hacemos variar intencionalmente las variables independientes. Lo que se hizo en la investigación no experimental fue observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. (Agudelo y Aigner, 2008)

Como señala Kerlinger (1979). La investigación no experimental o *ex post facto* es cualquier investigación en la que resulta imposible manipular variables o asignar aleatoriamente a los sujetos o a las condiciones. p116

Dicho de otra manera en el presente trabajo investigativo se aplicó el método no experimental mediante la visita en campo y análisis de cada una de las variables inmersas en la actividad que se realiza en el área de libre aprovechamiento, en donde a partir de la observación se logró identificar las deficiencias y fortalezas de la actividad, mismas que se analizaron minuciosamente para proponer los puntos a optimizar.

5.3. Materiales y Equipos

Materiales de Campo

- Dron Dji Phantom 4Pro+ V2.0
- RTK GPS Geodésico Emlid Reach Rs
- GPS de mano
- Cámara Fotográfica
- Cinta de Seguridad
- Pintura en Spray
- Libreta de Campo
- Saco de Yute
- Carta Geológica de Zamora escala 1:100000
- Cinta Métrica
- Pala y Barreta
- Fundas Herméticas
- Marcadores Permanentes
- Clavos
- Estacas de Madera

Materiales de Laboratorio

- Serie de Tamices
- Equipo de Casa Grande
- Vidrio Pulido
- Horno
- Balanza
- Equipos para ensayo CBR
- Equipos para ensayo Proctor
- Equipos para ensayo de Abrasión
- Equipo para ensayo de Sulfatos

Materiales de Oficina

- Computadora
- Calculadora
- Información Bibliográfica
- Impresora
- Excel
- Software Emlid Studio
- Software Leica Infinity
- Software ArcGis
- Google Earth
- AutoCAD
- SASPlanet
- Google Maps
- SedLog
- Pix4D Pro

5.4. Procedimiento

5.4.1. Recopilación de Información Secundaria

Esta etapa quedó definida por la recopilación de información de fuentes oficiales por revisión bibliográfica que permitieron dar cumplimiento de los objetivos planteados para la presente investigación, para el primer objetivo se obtuvo información de los informes de producción del área de estudio en los cuales se extrajo información sobre topografía, relieve, reservas, material a explotar, geología del área de estudio. Para el

segundo objetivo se obtuvo la información del registro ambiental y de los informes de producción del año 2021 del área de libre aprovechamiento en el cual se detalla las actividades realizadas en la concesión, así como la maquinaria usada y la cantidad de material explotado. Finalmente para el tercer objetivo se recolectó información de los informes presentados por el municipio de Zamora con respecto a la producción del área de libre aprovechamiento así como los estudios de impacto ambiental e informes presentados a SENAGUA para comparar que la propuesta para la optimización del sistema de explotación sea beneficioso en los ámbitos como son, explotación de recursos, impactos ambientales, seguridad ocupacional, rentabilidad.

5.5. Metodología para el primer objetivo

“Levantar información topográfica y geológica para la cubicación del depósito de material de construcción que dispone la concesión.”

La metodología que se utilizó para el cumplimiento de este objetivo es de campo y oficina, misma que se la realizó mediante visitas al área de estudio, levantamiento de información, recolección de muestras, determinación de propiedades físicas del material in situ, posterior a ello en oficina y laboratorio se realizó un procesamiento de datos y determinación de calidad del material. De la misma manera gracias a la topografía y geología levantada se logró calcular las reservas disponibles en la concesión. La escala de trabajo con la que se realizó el presente trabajo investigativo es 1:100.

Topografía

5.5.1. Etapa de Campo.

La primera parte de este objetivo que consistió en el levantamiento topográfico que se realizó mediante el uso de Dron Phantom 4 pro v2 el cual lleva incorporado un receptor GNSS RTK a bordo que recopila datos de los satélites mientras vuela y toma fotos. Además de ello se colocaron puntos GCPS para obtener una mayor precisión del levantamiento topográfico por lo cual el levantamiento realizado resulta de una combinación del método RTK y PPK.

El procedimiento empleado para el levantamiento inició con una visita previa al área de estudio, seguido de vuelos de reconocimiento, posterior a ello se instaló la base (GPS diferencial Fijo) teniendo en cuenta la altura de la base tomada desde el suelo (1.60 mts), y con coordenadas en WGS84, el GPS diferencial tarda 15 minutos en arrastrar el punto IGM en nuestro caso se utilizó el punto IGM localizado en la UTPL de la Ciudad

de Loja con el fin de obtener una mayor precisión en el levantamiento cuya monografía se detalla en el (*Anexo I. Monografía del punto IGM*)

Seguidamente se instaló el Robert denominado así al GPS diferenciales móvil, además se trazó los puntos denominados GCPs en los cuales se tomó las coordenadas con el Robert para un post-procesamiento y así lograr trazar las poligonales con la base.

A continuación, se realizó la planificación del vuelo para el caso del área de estudio se trazaron dos vuelos el primero a una altura de 60 mts y el segundo a una altura de 135 mts altura tomada desde el suelo, estos se debe a que la zona de estudio posee una zona montañosa en la zona SE, luego se inició el vuelo del dron el mismo que tomaba foto cada cierta distancia las mismas que serán procesadas para obtener la ortofoto y posteriormente las curvas de nivel.

Una vez culminado el vuelo del dron se procedió a colocar dos puntos fijos que servirán como puntos de partida para posteriores levantamientos topográficos. En cada punto fijo se plantó el Robert por un tiempo de 30 minutos para que el punto sea tomado y georreferenciado adecuadamente.

5.5.2. Etapa de Gabinete

Posterior al levantamiento topográfico se procedió a realizar un tratamiento de todas las fotografías obtenidas durante el vuelo del Dron.

Como se mencionó anteriormente como parte del método PPK es necesario realizar un post-procesamiento de los puntos GCPs para lograr georreferenciarlos conforme el punto IGM y de esta manera obtener una topografía más exacta.

Luego de obtener los puntos post-procesados se procedió a trabajar con las fotografías en crudo mediante el programa Pix4D Mapper en donde se cargan las ortofotos en crudo y se realizó el tratamiento de las mismas en donde el resultado es una ortofoto del área de estudio.

Para la elaboración del mapa topográfico se utilizó la metodología propuesta por Santamaría Peña & Sanz Méndez (2005) en la cual describen 6 fases para la elaboración del mapa como son:

- ❖ Generación del modelo digital del terreno a partir de la nube de puntos o de la ortofoto obtenida durante el levantamiento topográfico.
- ❖ Ubicar los puntos de control correspondientes al área de estudio.

- ❖ Realizar la triangulación de la superficie de estudio
- ❖ Analizar el modelado y generar las curvas de nivel conforme sea requerido
- ❖ Dibujar elementos auxiliares como son ríos, casas, vías, etc.

El procedimiento para plasmar y elaborar el mapa topográfico se detalla en la figura 3. Para la obtención de la ortofoto se inicia con un procesamiento de las fotografías aéreas capturadas por el dron mediante el programa Leica Infinity el mismo que se encarga de solapar cada una de las fotografías en nuestro caso de estudio se tomaron un total de 329 durante los dos vuelos del dron gracias a este procesamiento se obtiene una ortofoto georreferenciada en coordenadas UTM WGS84.

Seguidamente los puntos GCPs ubicados a lo largo de la zona de estudio son post procesados mediante el programa Emlid Studio convierte los puntos GCPs en datos GNSS para ser integrados a la ortofoto y de esta manera los resultados este bajo el protocolo PPK el mismo que nos da como resultado la Ortofoto georreferenciada con un punto IGM.

Luego de haber obtenido la Ortofoto final se cargó la información en software Arcgis el mismo que mediante las herramientas del ArcToolbox se logra convertir en un modelo de elevación digital para posterior a ello lograr graficar la topografía a la escala de trabajo antes mencionada.

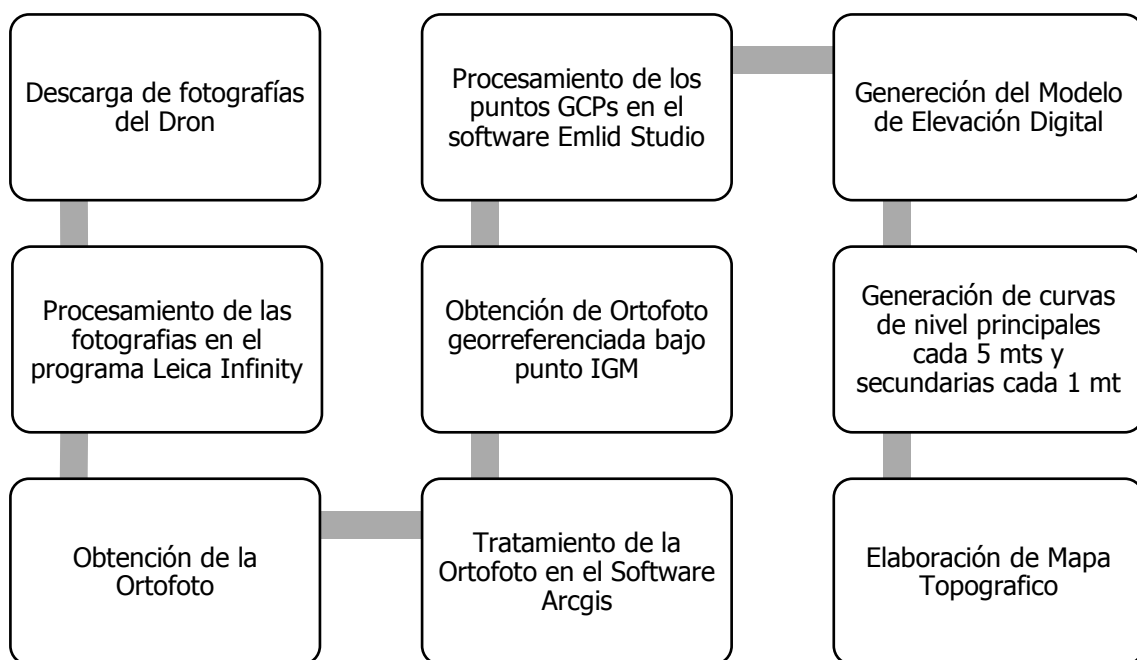


Figura 3. Procedimiento de elaboración de mapa topográfico
Elaborado: El Autor (2023)

A continuación, se plasma los resultados obtenidos en un mapa siguiendo la metodología descrita por el Instituto Geológico Militar IGM (2013), en donde se señalan los contenidos mínimos para la elaboración de mapas como son:

- Siglas o Acrónimos
- Diseño
- Proyecciones
- Simbología para infraestructura, hidrografía, Aeronautica, Toponimia
- Escala
- Leyenda
- Colores de la simbología
- Catalogo de objetivos

Como un resultado adicional ligado a la topografía de la zona de estudio se procedió a la elaboración del mapa de pendientes el mismo que se lo realizó en el programa ArcGIS y para la clasificación de las pendientes se utilizó la metodología propuesta por Demek (1972), la misma que clasifica las pendientes en 5 tipos.

- Ligeramente Inclinado
- Fuertemente Inclinado
- Muy Inclinado
- Empinado
- Vertical

Esta clasificación está con base a intervalos conforme al grado o al porcentaje de pendiente que posea el terreno como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3. Clasificación de pendientes según Demek (1972).

Termino de Pendiente	Categoría (°)	Gradiente (%)
Ligeramente inclinado	0° -5°	3.5% - 8.7%
Fuertemente inclinado	5°-15°	8.7% - 26.8%
Muy Inclinado	15° -35°	26.8% - 70%
Empinado	35°-55°	70% - 143%
Vertical	>55°	> 143%

Fuente: Demek (1972); **Modificado:** El Autor (2023)

El mapa de pendientes tomando en cuenta la metodología propuesta por Demek brindó información a detalle de las pendientes presentes en el área, con este mapa se

puede visualizar de mejor manera la distribución de los distintos procesos que se llevan a cabo en el área. Si bien la topografía en un inicio brinda esta información un mapa de pendientes nos organiza la información a detalle y clasificado de mejor manera debido a que los tramados o colores que posee permiten una mejor visualización y comprensión de la inclinación de la zona de estudio además de la mejor zona para la ubicación de zonas de stock.

Para la elaboración del mapa de pendientes se sigue el siguiente model builder

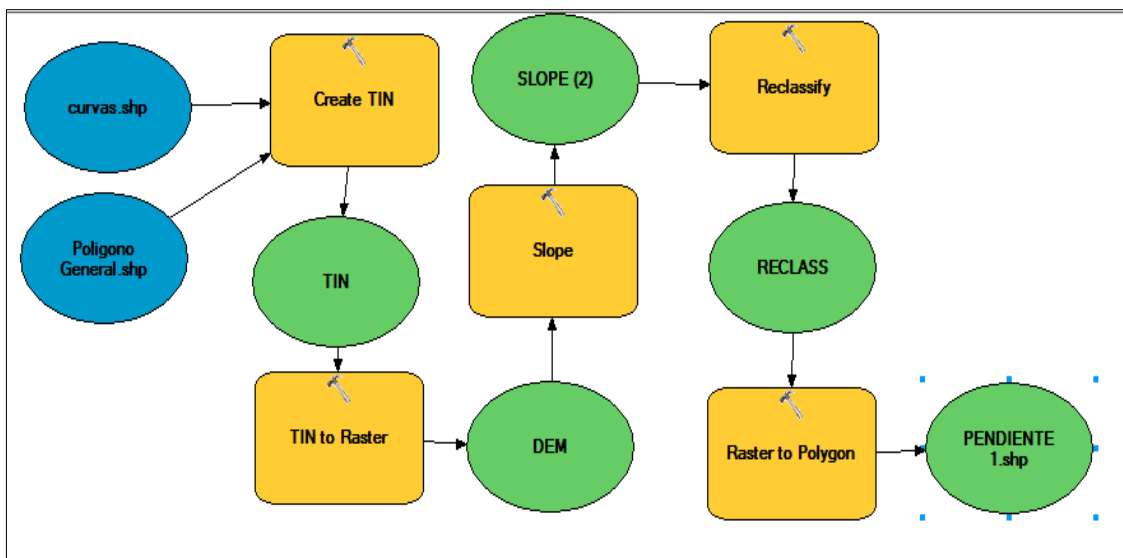


Figura 4. Model Builder Mapa de Pendientes
Elaborado: El Autor (2023)

Además de ello se realizó un análisis batimétrico fotogramétrico el mismo que se lo realizó conforme Gallardo Sancha J. (1992) el mismo que nos indica que “Con un conjunto de varias imágenes del mismo sitio, tomadas en diferentes días, bajo diversas condiciones, podemos combinar las variables temporales de las imágenes, se puede resaltar las características del área de estudio”

Este método es aplicable para aguas poco profundas y nos permite analizar las variaciones de los espectros visibles así como poder comparar los avances y retrocesos de los niveles del mar.

Para realizar el análisis se debe iniciar obteniendo imágenes aéreas de la zona de estudio de diferentes tiempos, posterior a ello se debe realizar un análisis del avance y retroceso del nivel del mar en cada uno de los años y comparar los alrededores de los cuerpos de agua, en nuestro caso los frentes de explotación.

Este análisis nos permite conocer el año que ha tenido mayor recarga los frentes de explotación y de la misma manera tener conocimiento del ciclo de recarga de los mismos.

Geología.

Para la obtención de la Geología local del área de estudio, se recopiló información de la geología regional obtenida mediante la hoja geología de Zamora (2017) a escala 1:100000, además de la geología que se encuentra en estudios previos realizados por el municipio de Zamora para la presentación de los informes de producción.

Se realizó un reconocimiento en campo en el cual se levantó información geológica mediante descripción de afloramientos, además de ello en la zona de stock se excavó una calicata de manera manual.

Adicionalmente, para la obtención del material ocupado para los posteriores ensayos de laboratorio se realizaron 2 calicatas realizadas de manera mecánica haciendo uso de una retroexcavadora Volvo BL60

Se realizaron 3 calicatas en las coordenadas que se muestran en la tabla 4.

Tabla 4. Coordenadas de Ubicación de Calicatas UTM/17S Y WGS 1984

N° de Calicata	WGS-84		Dimensiones
	X	Y	Profundidad
1	727990	9550493	1 mt
2	727972	9550513	1.5 mts
3	727979	9550543	1.2 mts

Nota: Elaborado por el autor (2022)

Con el desarrollo de las calicatas, se logró determinar el nivel freático del área de estudio, mismo que será referente al limitar la explotación del recurso mineral.

Se debe tener en cuenta que las paredes de las calicatas deben ser rectas debido a que en estas se identifica los cambios litológicos u horizontes del suelo y así elaborar un perfil del suelo in situ.

Una vez abierto el pozo se testifica el terreno identificado, se toman muestras que pueden ser alteradas, las cuales nos sirvieron para una descripción rápida en el área de estudio identificando características físicas como son color, textura, consistencia.

Las muestras inalteradas son aquellas que nos sirvieron para los posteriores análisis es decir, se llevaron a laboratorio para ser analizadas y determinar las características físico-mecánicas del material así como el tipo de litología presente en el área de estudio.

Para el manejo del material extraído específicamente con las muestras alteradas se procedió a un análisis rápido para ello se agruparon cuidadosamente en pilas separadas para evitar que se mezclen muestras diferentes y se colocó las pilas sobre láminas de material plástico u hojas de periódico, para que no se mezclen con materias tales como hojas, estiércol o grava que puedan encontrarse en el terreno, posterior a ello se examinaron y compararon.

En cambio las muestras inalteradas una vez extraído el material de las calicatas se colocaron inmediatamente en bolsas resistentes de material plástico o de lona, con revestimiento plástico posterior se atan todas las bolsas fuertemente y cuidadosamente se escribe de forma legible en el rótulo el número de identificación del lugar donde se tomó la muestra, los límites superior e inferior del horizonte muestreado y fecha.

Para el levantamiento de la información obtenida en las calicatas se utilizó la ficha del (**Anexo 2.** Ficha de levantamiento de información por calicatas) la cual nos permitió ir describiendo las características del suelo in situ, y para el levantamiento de la información de los afloramientos se utilizó la ficha de (**Anexo 3.** Ficha de descripción de afloramientos).

Además de ello, se llevó un registro fotográfico de los diferentes tipos de materiales encontrados. Una vez finalizado el levantado de la información necesaria se restituyó el terreno, vertiendo el material previamente excavado en el pozo hecho.

Con la información recolectada en campo, se procedió a realizar un tratamiento de los datos, mediante columnas estratigráficas, tabulación de datos mismos que sirvieron para la elaboración de la geología local.

Finalmente, luego de haber procesado la información levantada en campo se procedió a la elaboración del mapa geológico elaborado en el software ArcGis 10.5 en donde, se empleó el levantamiento topográfico, coordenadas de los afloramientos levantados y coordenadas de las calicatas mismas que estarán en el DATUM UTM - WGS84.

Para la elaboración del mapa geológico se siguieron los pasos:

Se inició sobreponiendo el levantamiento topográfico, los puntos de afloramientos y los puntos de las calicatas estos archivos estarán en un formato shp y serán cargados en el software ArcGis.

Posterior a ello se procedió a obtener un modelo de digitalización espacial de la topografía, esto con el fin de trazar las líneas imaginarias sobre las direcciones de las formaciones existentes en la zona de estudio.

Se correlacionó los estratos encontrados a lo largo de la zona de estudio para conocer la extensión de las capas de cada uno de los materiales, consecutivamente se interpreta gracias a la estratigrafía y geología en campo el orden de las capas es decir, cuál capa aflora en superficie en cada zona del área de estudio.

Finalmente, se dibujaron las capas de material con la interpretación de la información, seguidamente se asignó los colores y demás símbolos conforme los establece la metodología del IGM para la elaboración de los mapas geológicos.

Luego de haber obtenido el mapa geológico se procedió a realizar una corroboración en campo para verificar si la información levantada está correctamente plasmada en el mapa.

Las muestras inalteradas que fueron recolectadas en campo y llevadas al laboratorio bajo el protocolo de muestro fueron sometidas a una serie de ensayos mismos que nos sirvieron para determinar la resistencia y calidad de los materiales extraídos

7.1.2.1 Ensayos de Laboratorio.

Los ensayos se los realizó en el laboratorio Delta A+I. Ltda., de la ciudad de Yantzaza, los mismos que están basados en las normas NTE INEN y ASTM acorde lo dictamina el libro amarillo del Ministerio de Transportes y Obras Publicas del Ecuador.

Los ensayos realizados fueron los siguientes:

- Granulometría por tamizado con la Norma Técnica Ecuatoriana AASHO-T 11
- Límites de Atterberg; Limite Plástico de un suelo e índice de plasticidad de acuerdo a la norma NTE INEN 692 o ASTM D 4318 y Limite Liquido de acuerdo a la norma NTE INEN 691 o ASTM D 4318
- Contenido de Humedad de Humedad de la muestra de acuerdo a la noma NTE INEN 690 o ASTM D 2216

- California Bearing Ratio (CBR) de acuerdo a la norma ASTM 1883
- Proctor Estándar con la norma ASTM D-698
- Resistencia a la abrasión (Requisito norma INEN < 50%).
- Desgaste a los sulfatos (Requisito Norma INEN < 12%).

Cubicación de reservas

La estimación de las reservas de un yacimiento o de un bloque de explotación permite tener un mayor conocimiento de la zona de estudio, ya que define el volumen y las toneladas de mineral útil presentes, así como también la morfología del yacimiento, lo que posteriormente facilitará la elección de un método de explotación idóneo. Existen dos métodos, de manera general, para estimar las reservas de un yacimiento los cuales son: métodos clásicos o geométricos y los métodos geoestadísticos. (ALONSO, 2019)

El método elegido para realizar el cálculo de las reservas es uno de los métodos clásicos o geométricos conocido como método de los perfiles. Se ha elegido este método debido a que nos indica que posee varias ventajas como la facilidad de aplicación, comunicación y entendimiento, y facilidad de adaptación a todo tipo de mineralización.

Según Bustillo López (1997), estimar reservas por el método de los perfiles es una metodología clásica para saber la cantidad de recursos en un yacimiento metálico o no metálico. Se determinan las reservas por bloques apoyándose de cortes o perfiles verticales u horizontales delimitados por la mineralización para luego hallar el total de reservas.

El método de perfiles consiste en trazar perfiles verticales del yacimiento (calicatas) y calcular las reservas delimitados por dos perfiles para luego hallar la cantidad de reserva total

Para ejecutar la cubicación de las reservas se siguen los siguientes pasos.

- a) Construcción de perfiles
- b) Contornea el cuerpo mineral en el plano
- c) Se dibuja los perfiles a una escala dada, incluyendo en los mismos los del contorneo
- d) Se calculan las áreas en los perfiles por su semejanzas con figuras geométricas sencillas

- e) Se calcula las reservas por bloque multiplicando el volumen del bloque por la distancia del bloque
- f) Se calcula la reserva total por sumatoria de las reservas por bloques.

Según Valverde (2016) la metodología del cálculo de reservas por el método de los perfiles conlleva al siguiente cálculo:

$$Volumen\ Total = \frac{(a1 + a2) * d1}{2} + \frac{(a2 + a3) * d2}{2} + \frac{(an + an + 1) * dn}{2}$$

Se halla el cálculo de reserva mineralizada de cada sección, luego se procede a la determinación del volumen de los bloques, se obtuvo así las reservas por bloques, sumando estos bloques para tener el resultado de reservas total.

5.6. Metodología para el segundo objetivo

“Describir los procesos mineros del sistema de explotación actual para la disposición de los parámetros a optimizar.”

Para el cumplimiento de este objetivo se realizó mediante trabajo de campo y trabajo de gabinete.

5.6.1. Etapa de Campo

Al ser una área de libre aprovechamiento en donde el responsable de dicha área es el alcalde, el mismo que es reelegido cada 4 años, para la obtención de información con bases fundamentadas en registros, la descripción del área y de los procesos mineros realizados en el área de libre aprovechamiento *GADMZ Bombuscaro código 50001081* se realizó una entrevista a los encargados de la parte técnica y ambiental de las áreas de libre aprovechamiento pertenecientes al cantón Zamora. (*Anexo 4. Entrevista al personal encargado de las áreas del libre aprovechamiento del cantón Zamora*)

- Ing. Mariuxi Cabos → Directora del Dpto. de Gestión Ambiental del GAD Municipal de Zamora
- Ing. Carlota Ramírez → Analista Técnico de Áridos y Pétreos
- Ing. Neison Ordóñez → Técnico de Áridos y Pétreos.
- Ing. Darío Veintimilla → Operador del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro

Posterior a ello en el área de estudio se llenó una ficha de trabajo en donde se hace constar la descripción de las instalaciones, maquinaria y actividades, de esta manera los

datos recolectados fueron los siguientes: (*Anexo 5. Ficha de actividades realizadas en el área de libre aprovechamiento:*)

- Personal
- Turnos de Trabajo
- Instalaciones
- Maquinaria y Equipos
- Ciclos de trabajo (Tiempos de carga, acarreo, descarga, clasificación)

5.6.2. *Etapa de Gabinete.*

Una vez recopilada la información mediante la entrevista y la ficha técnica de las actividades se procedió a realizar los cálculos necesarios para obtener el ritmo de producción del área de estudio.

Dentro de los cálculos realizados se tienen los siguientes:

- **Tiempo de vida útil.**

Para el cálculo de la vida útil se tiene en cuenta que este va a depender directamente de la cantidad de reservas explotables consideradas en el pit final.

$$T = \frac{R}{RP}$$

En donde:

T= Tiempo de vida útil

R= Reservas

Rp= Ritmo de producción

- **Calculo de rendimiento de la maquinaria**

Para el cálculo del rendimiento de la maquinaria se tiene en cuenta la capacidad de la maquinaria, tiempo que demora la maquinaria en realizar un ciclo de trabajo, factor de conversión de hora a segundos, esto nos da como resultado el rendimiento teórico

$$QT = 3600 * \left(\frac{E}{Tc}\right)$$

En donde:

QT= Rendimiento Teórico

E= Capacidad

Tc= Tiempo por ciclo de trabajo

Luego de ello se calculó el rendimiento experimental o práctico, para ello se inició tomando en cuenta el rendimiento teórico, coeficiente de llenado, peso específico considerando el coeficiente de esponjamiento del material, tiempo de trabajo ininterrumpido por turno que es igual 8 Horas, tiempo de para inevitable en un turno de 8 horas.

$$QTEX = QT \times KLL \times KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right)$$

En donde:

QTex= Rendimiento experimental de la maquinaria

QT= Rendimiento teórico

KLL = **Coeficiente** de llenado

KT= Peso específico

Tt= Tiempo de trabajo ininterrumpido (8 horas)

Tp= Tiempo de pérdida (1 hora)

- **Ritmo de producción:**

El ritmo de producción es el resultado de la cantidad de material extraído en un periodo de tiempo, el ritmo de producción se lo puede calcular por hora, por día, mes o por año

$$RP = \frac{\text{Cantidad de Material Extraído}}{\text{Tiempo de trabajo}}$$

En donde:

RP= Ritmo de producción

- **Tiempo de vida útil.**

Para el cálculo de la vida útil se tiene en cuenta que este va a depender directamente de la cantidad de reservas explotables consideradas en el pit final.

$$T = \frac{R}{RP}$$

En donde:

T= Tiempo de vida útil

R= Reservas

Rp= Ritmo de producción

5.7. Metodología para el tercer objetivo

Cumplidos con los objetivos antes planteados y de haber analizado los resultados obtenidos de los mismos se procedió a plantear el sistema de explotación más idóneo para nuestra área de libre aprovechamiento el mismo que debe cumplir que parámetros técnico-económicos estén beneficio del titular minero.

Para el diseño de las graveras o de los bancos así como sus dimensiones, están basadas en el diseño propuesto por Calvo Pérez, (2017). Además de ello se consideró las características físico-mecánicas del material y se correlacionó con los propuestos por González de Vallejo (2002) estos datos nos sirvieron para la elección de la mejor maquinaria para la extracción del material así como los índices de cohesión y ángulo de fricción; valores que posteriormente sirvieron para la optimización en la zona de Stock.

Consecutivamente, se estudió las actividades que se desarrollan actualmente en el área de libre aprovechamiento, así como las instalaciones de las que dispone la misma, este estudio y análisis tomó en cuenta los parámetros, actividades e instalaciones necesarias para la optimización.

Una vez definidos todos los parámetros a optimizar en el área de libre aprovechamiento, se procedió a plantear un sistema de explotación optimizado en donde se vuelve a calcular todos los parámetros inmersos en el sistema de explotación y de esta manera obtener una estimación económica con los procesos optimizados que comparados con el sistema de explotación actual deben ser mejores, ya sea en aspectos económicos, técnicos o ambientales.

6. Resultados

6.1. Resultados del primer objetivo

“Levantar información topográfica y geológica para la cubicación del depósito de material de construcción que dispone la concesión.”

Topografía.

Luego de haber levantado la topografía y haber procesado los datos se obtuvo que el área de libre aprovechamiento para materiales de construcción GADMZ Bombuscaro ubicada en el Sector Benjamín Carrión perteneciente al cantón Zamora con una extensión de 15 hectáreas se ubica dentro de una unidad fisiográfica con cotas que van desde los 845 msnm hasta los 947 msnm. Dentro del área de estudio se tiene un ascenso del relieve de 10.51% con dirección NW – SE lo que nos indica que el relieve es moderadamente inclinado. (*Anexo 15. Mapa Topográfico del Área de Libre Aprovechamiento para materiales de construcción GADMZ Bombuscaro.*)

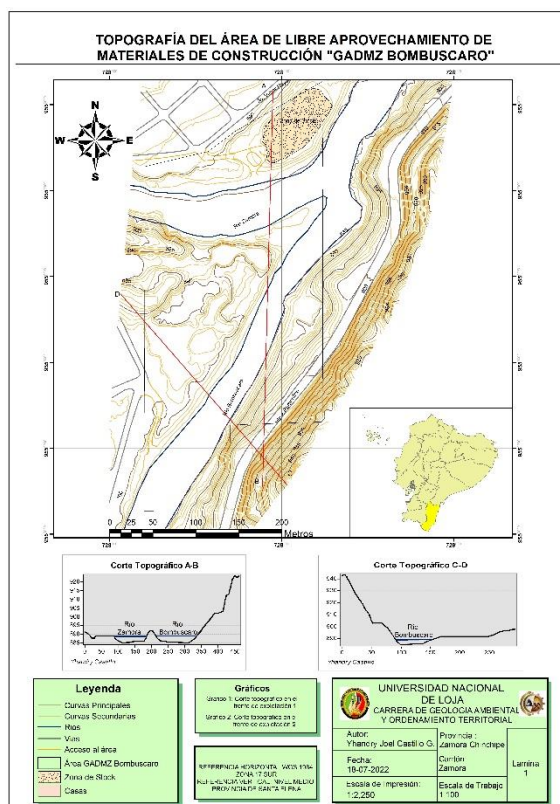


Figura 5. Mapa Topográfico Área de Libre Aprovechamiento GADMZ Bombuscaro
Elaborado: El Autor, (2022)

El levantamiento topográfico nos permitió realizar un mapa de pendientes en donde se obtuvo como resultado que la mayor parte del área de estudio posee una pendiente comprendida entre 0 a 5° ocupando el 57.86% del área total, de la misma

manera ocupando un porcentaje del 19.37% del área total se encuentran las pendientes comprendidas de 5 a 15°. En la tabla 4 se detallan los resultados obtenidos a partir del mapa de pendientes.

Tabla 5. Resultados del mapa de pendientes

Código	Rango	Área	Perímetro	Porcentaje
1	0 - 5°	14.239536	11967.398	57.861765
2	5- 15°	4.76774	17889.6876	19.373513
3	15 - 35°	3.979494	10609.4269	16.170508
4	35 - 55°	1.600222	2820.78202	6.502435
5	> 55°	0.022586	188.632065	0.091779
Área Total		24.609578		

Nota: Elaborado por el Autor (2022)

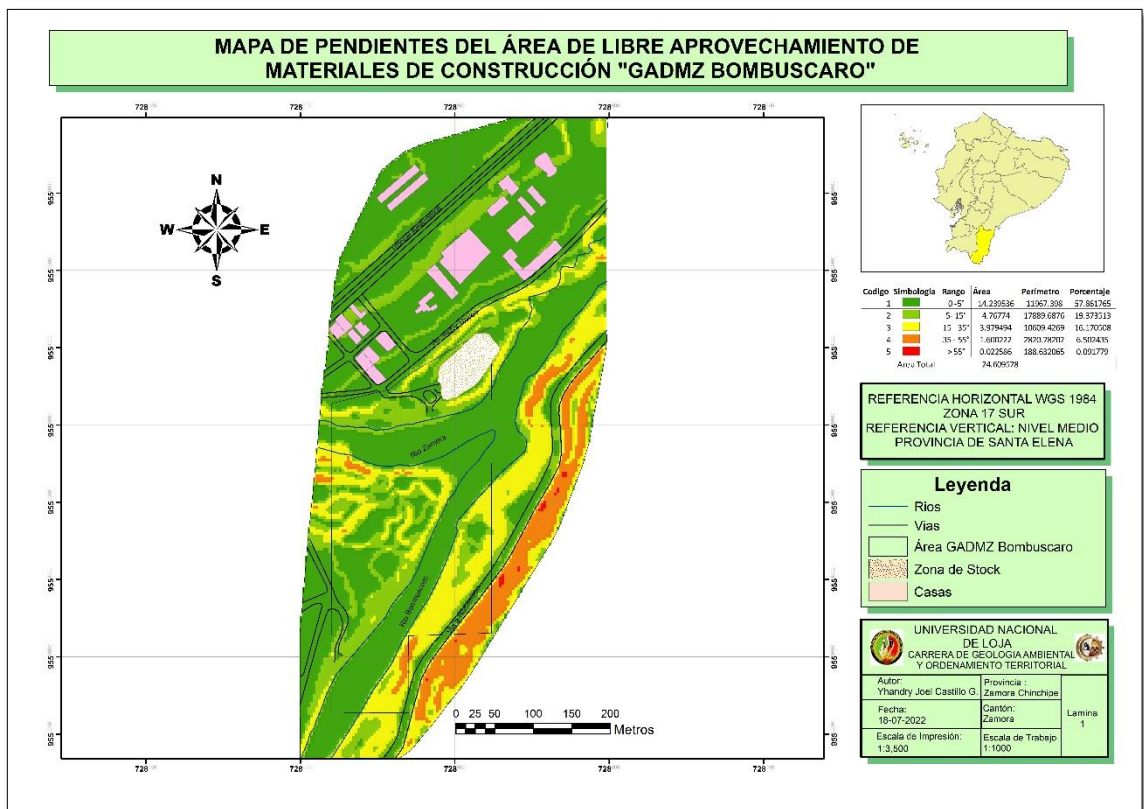


Figura 6. Mapa de Pendientes del Área de Libre Aprovechamiento GADMZ Bombuscaro
Elaborado: El Autor, (2022)

Además de ello se realizó un análisis batimétrico mediante la comparación de la ortofoto obtenida con el vuelo del dron y fotografías obtenidas de google earth en diferentes periodos de tiempo





Figura 7. Fotografías Satelitales del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro
Fuente: Autor, (2022)

Mediante la interpretación de las imágenes se logró observar la formación de las terrazas aluviales. En las orillas del río Zamora y del río Bombuscaro, las mismos que serán nuestros frentes de explotación. Esta formación ha sido progresiva con el pasar de los años lo que ha permitido tener unos recursos óptimos que nos permiten la explotación de los mismos.

Las imágenes corresponden al año 2013, 2016, 2017, 2021 y 2022, en donde se puede observar que para el año 2021 se logró la mejor explotación de los recursos debido a que los periodos de invierno y verano fueron bien definidos lo que nos permite que en invierno las reservas de la concesión sean recargadas y para la época de verano se logre la explotación del recurso.

El levantamiento topográfico nos sirvió como base para el levantamiento Geológico así como para realizar la cubicación de reservas del área de libre aprovechamiento

Geología.

Para el levantamiento geológico se inició con la caracterización de afloramientos circundantes al área de estudio.

Mediante la visita de campo se logró caracterizar 3 afloramientos los cuales se ubican en las coordenadas detalladas en la tabla # 5, mediante esta caracterización se logró levantar la geología local la cual se detalla a continuación.

Tabla 6. Coordenadas de Afloramientos del área de libre aprovechamiento DATUM WGS 84

Afloramiento	Coordenada X	Coordenada Y
Afloramiento 1	727869	9550227
Afloramiento 2	728013	9550243
Afloramiento 3	727880	9550005

Nota: Elaborado por el Autor (2022)

El afloramiento 1 presenta una altura de 2.30 metros con un ancho de 190 metros está conformado por diferentes tipos de materiales como son, arenas limosas con clastos que van desde 7 cm hasta los 15 cm y arenas limosas con clastos de tamaño que van desde los 15 cm hasta los 32 cm, lo que podemos definir como un conglomerado, este afloramiento presenta una meteorización alta debido a que se encuentre en el lecho del río, de la misma manera el afloramiento tiene una vegetación de tipo matorral.

El afloramiento ha sido catalogado como sedimentario cuyo material que lo conforma es producto del arrastre de sedimentos producto de las crecientes del río. **(Figura 8 y Figura 9)**

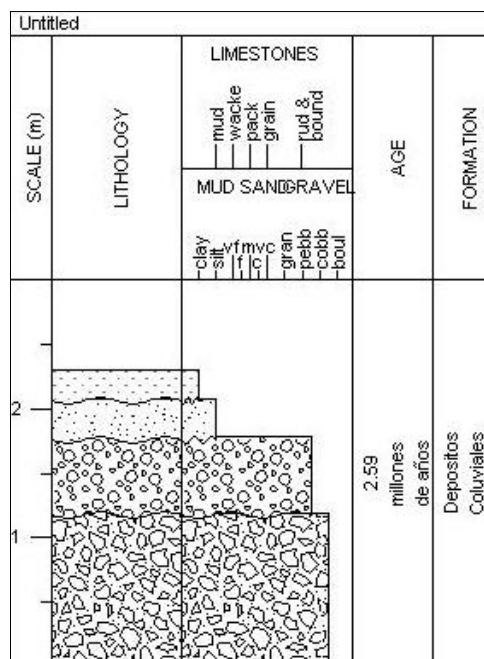


Figura 8. Columna Estratigráfica afloramiento 1
Fuente: Autor (2022)

Como se evidencia en la figura 8 (columna estratigráfica 1) diversos estratos iniciando por una capa de cubierta vegetal de 22cm de espesor, seguido por un estrato de arenas y areniscas con espesor de 30 cm consecutivamente existe un estrato de arenas limosas con clastos que van desde 7 cm a 15 cm cuyo estrato tiene un espesor de 59 cm y finalmente con por un estrato de arenas limosas con clastos de tamaño que van desde los 15 cm a 32 cm, lo que podemos definir como un conglomerado, este afloramiento presenta una meteorización alta debido a que se encuentre en el lecho del rio, de la misma manera el afloramiento tiene una vegetación de tipo matorral. Estos estratos pertenecen a la formación de depósitos coluviales cuya edad geológica es de 2.59 millones de años

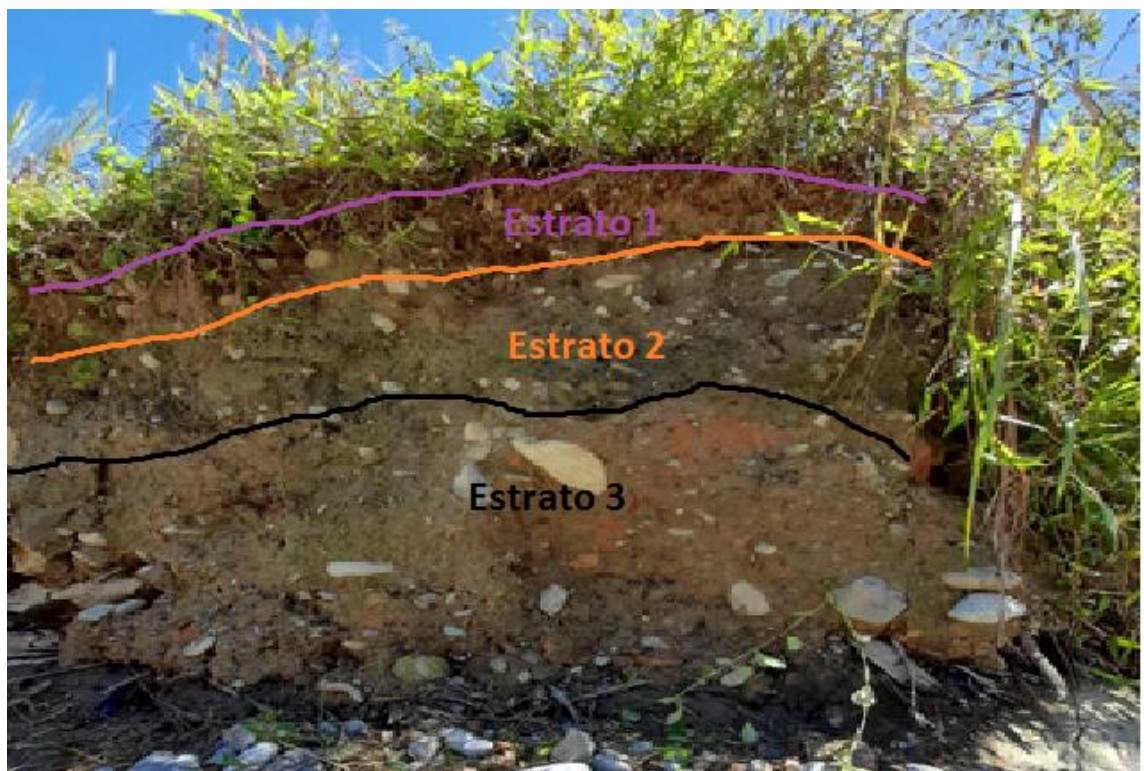


Figura 9. Afloramiento 1
Fuente: Autor (2022)

El afloramiento 2 es de tipo antrópico, posee una altura de 21 metros y un ancho de 256,5 metros presenta una meteorización alta con un tipo de cobertura vegetal arbustiva, el material es tipo ígneo específicamente se determinó que es una andesita basáltica y intruida por una brecha volcánica y volcanso sedimentaria pertenecientes a la unidad la Saquea. (**Figura 10 y Figura 11**)

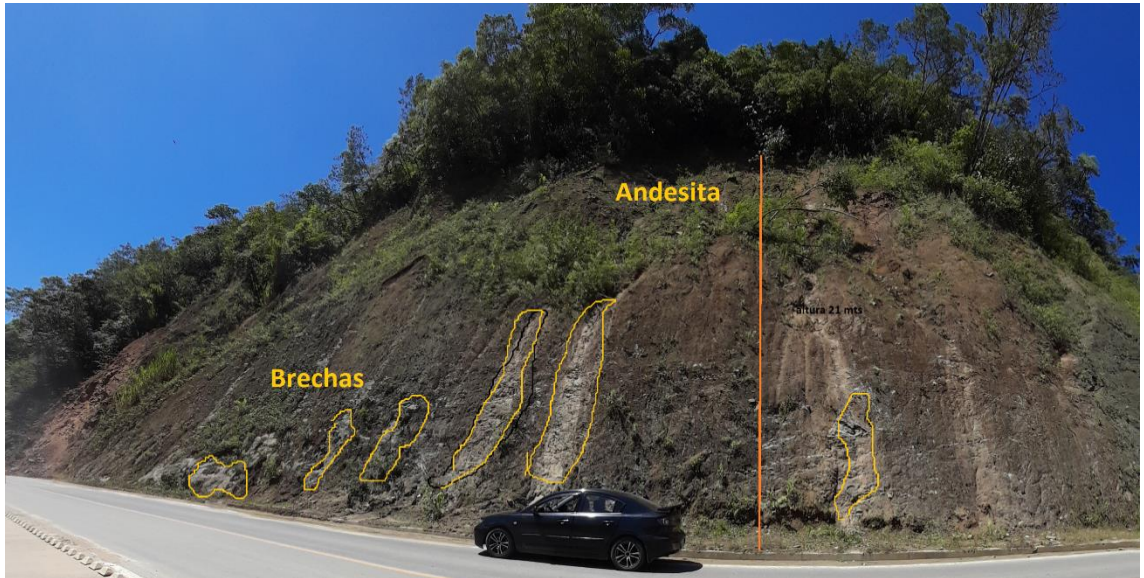


Figura 10. Afloramiento 2
Fuente: Autor (2022)

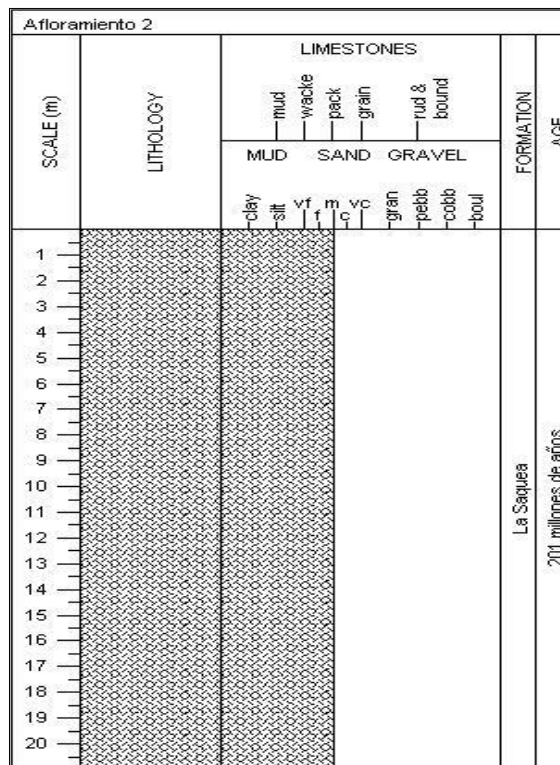


Figura 11. Columna estratigráfica afloramiento 2
Fuente: Autor (2022)

En la figura 11 (columna estratigráfica 2) se representa un afloramiento de origen antrópico el cual posee un solo tipo de material que es de tipo ígneo específicamente Andesita perteneciente a la formación la Saquea con una edad geológica de 201 millones de años. Este material es tipo masivo y presenta intrusiones de brechas volcánicas.

De la misma manera el afloramiento 3 es de tipo antrópico producto de la abertura de una vía de segundo orden, el afloramiento tiene una altura de 16 metros y un ancho de 43 metros mismos que están conformados por una brecha volcánica y volcano sedimentaria con intercalaciones de andesita basáltica, el afloramiento presenta una meteorización baja. (Figura 12 y Figura 13)



Figura 12. Afloramiento 3
Fuente: Autor (2022)

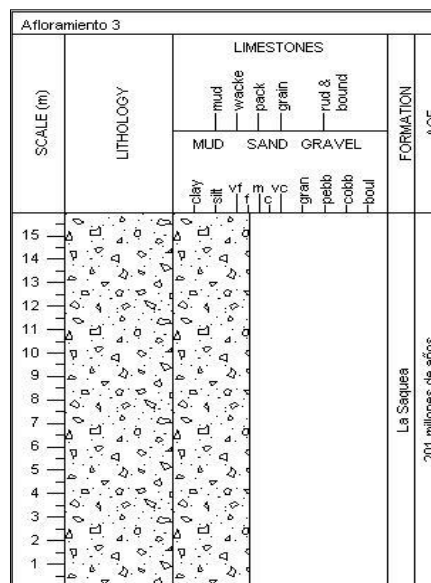


Figura 13. Columna estratigráfica afloramiento 3
Fuente: Autor (2022)

En la figura 13 (columna estratigráfica 3) se representa una capa de material Igneo identificado por brecha volcánica y volcanosedimentaria pertenecientes a la formación de la saquea con una edad geológica de 201 millones de años.

Además de ello para la obtención del material que se utilizó para los ensayos de laboratorio se lo extrajo de dos calicatas realizadas en el frente de explotación actual, mismas que se realizó mediante una retro excavadora en las coordenadas detalladas en la **Tabla 3**, a continuación, se presentan los resultados obtenidos

La calicata 1 tiene una profundidad de 1 m debido a que a esta profundidad se encontró el nivel freático lo que impidió continuar con la excavación ya que la calicata se llenaba de agua con rapidez. Seguidamente se presenta la columna estratigráfica de la calicata (**Figura 14 y Figura 15**)



Figura 14. Calicata 1
Fuente: Autor (2022)

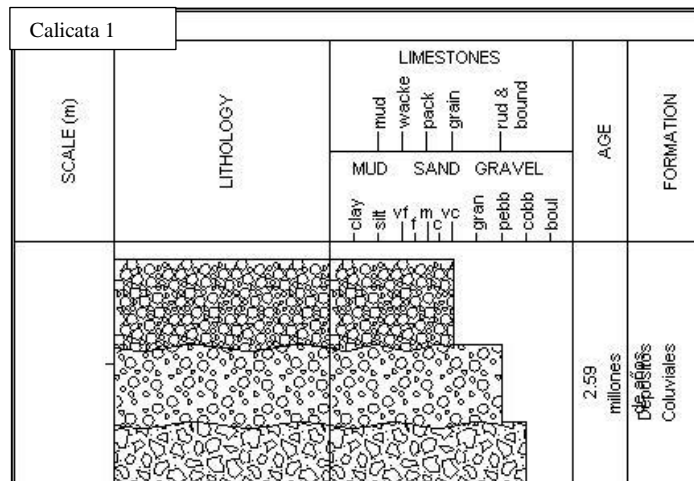


Figura 15. Columna Estratigráfica Calicata 1
Fuente: Autor (2022)

La figura 15 se representa una la columna estratigráfica de la calicata 1 la cuales está compuesta por clastos rodados (gravas) con una granulometría decreciente perteneciente a los depósitos coluviales con una edad de 259 millones de años.

El material está clasificado por su granulometría el primer estrato está conformado por gravas con una tamaño que va desde 1 cm a 5 cm, el segundo estrato conformado por clastos de 5 cm a 7cm con poca presencia de arenas y finalmente el ultimo estrato conformado por clastos de un diámetro mayor a 7cm

La calicata 2 tiene una profundidad de 1.5 m, la misma que se la realizó en el frente de explotación actual, aquí se logró identificar un solo tipo de material el cual consiste en grava, misma que es producto del arrastre de la corriente, sin embargo, se consiguió notar diferentes granulometrías en dicha calicata, los resultados se presentan en la (Figura 16 y Figura 17).



Figura 16. Calicata 2
Fuente: el Autor (2022)

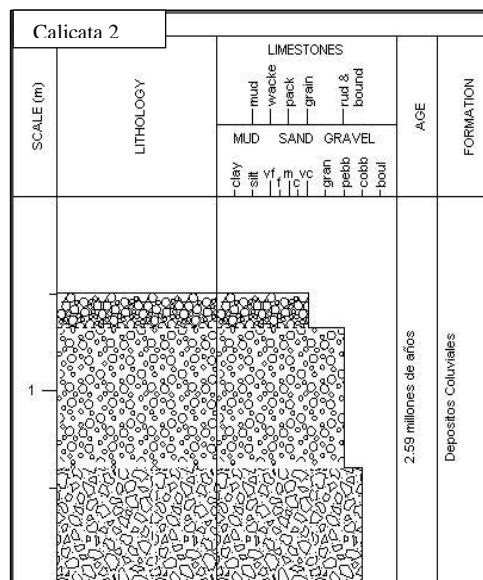


Figura 17. Columna Estratigráfica Calicata 2
Fuente: Autor (2022)

La figura 17 representa una la columna estratigráfica de la calicata 2 la cuales esta compuesta por clastos rodados (gravas) con una granulometría decreciente perteneciente a los depósitos coluviales con una edad de 259 millones de años

La calicata presenta 3 estratos clasificados por su granulometría el primer estrato está conformado por gravas con una tamaño que va desde 1 cm a 3 cm, el segundo estrato conformado por clastos de 3 cm a 9 cm con poca presencia de arenas y finalmente el ultimo estrato conformado por clastos de un diámetro mayor a 9cm

Finalmente para lograr identificar el material presente en la zona de stock se realizó una calicata de tipo manual en las coordenadas DATUM WGS85 Y: 9550543 y X: 727979, en la que se logró identificar el material del subsuelo, la calicata se la realizó con una profundidad de 1.20 metros, en la que están presentes materiales como arenas, granodiorita meteorizadas, áreas con cantos rodados de diámetros menores a 6 cm y arenas con cantos rodados con diámetros entre 7 y 25 cm, en el siguiente gráfico se presenta la columna estratigráfica de la calicata. (Figura 18 y Figura 19)



Figura 18. Calicata 3
Fuente: Autor (2022)

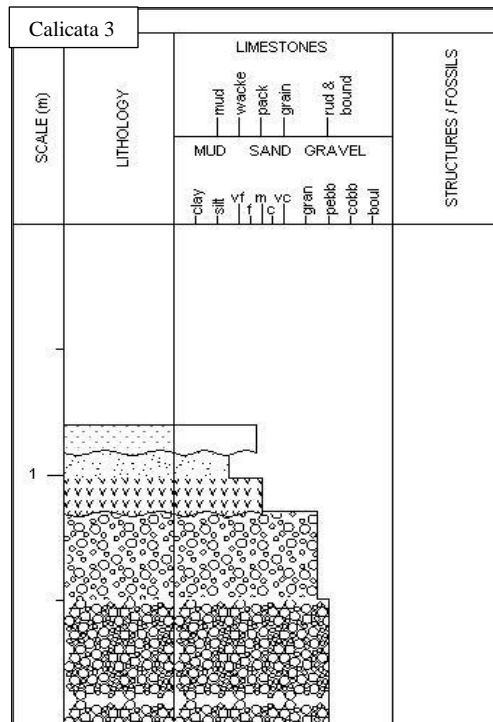


Figura 19. Columna estratigráfica calicata 3
Fuente: Autor (2022)

La figura 19 representa la columna estratigráfica de la calicata 3 la cuales está compuesta por diversos estratos iniciando por arenas con un espesor de 21 cm seguidamente de un estrato de material meteorizado conocido como toscón el cual consiste en arenas con la presencia de minerales hornblendicos como biotita, moscovita, de potencia de 13 cm, seguido de un estrato de arenas con un espesor de 35 cm y finalmente la presencia de arenas con cantos rodados con potencia de 51 cm.

Luego de haber sido levantada la geología local del área de estudio, se obtuvieron 3 tipos de materiales

Arenas y Areniscas.

Las arenas son material sedimentario con clastos de tamaño menor a 2 mm principalmente conformado por minerales como cuarzo, feldespatos y micas. Las arenas presentan una tonalidad amarillenta. Las arenas al compactarse adquieren mayor dureza y coherencia y se convierten en areniscas.

Depósitos Coluviales.

Los depósitos coluviales se han formado por fenómenos de remoción en masa en zonas de pendiente, arrastradas desde las estribaciones, microcuencas que conforman los abanicos aluviales hasta las orillas, conformado por cantos angulosos y redondeados

dependiendo de la distancia de arrastre afloran en el flanco Este del río Zamora y margen occidental de la cuenca del río Bombuscaro.

Andesitas Hornbléndicas y Tobas volcánicas –volcanosedimentaria.

En el flanco sur-este de la zona de estudio afloran rocas intrusivas como son las andesitas hornbléndicas conformada por plagioclasas y fenocristales de hornblenda además de minerales como biotita presentan una tonalidad grisácea además de presentar intrusiones de brechas volcánicas.

Además de ello en este mismo sector afloran las tobas volcánicas y volcanosedimentaria con una tonalidad oscura con minerales como son gran cantidad de biotita y feldespatos además de poseer cuarzo y moscovita que dan una tonalidad grisácea

Luego de haber levantado la información se procedió a elaborar el mapa geológico, el mismo que nos permitió conocer el material presente.

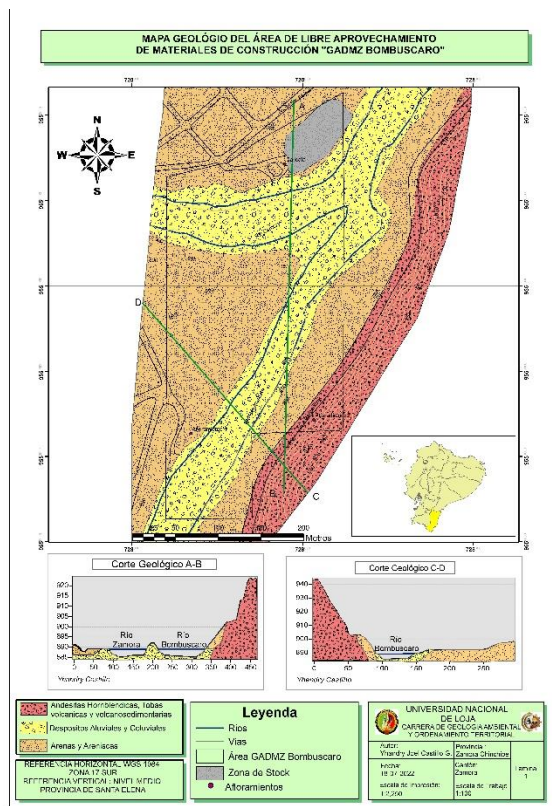


Figura 20. Mapa de Geología Local del Área de Libre Aprovechamiento GADMZ Bombuscaro

Fuente: Autor, (2022)

Al ser una escala detallada escala 1:100 el mapa geológico representa las capas existentes en el área de estudio como son arenas, gravas, mismas que son el material de interés para el área de libre aprovechamiento.

Ensayos de Laboratorio

Como se mencionó en el acápite de metodología los ensayos se los realizó en el laboratorio DELTA CIA Ltda. Ubicado en el cantón Yantzaza de la provincia de Zamora Chinchipe.

Los ensayos realizados en dicho laboratorio son: ensayo de granulometría, ensayo de índice de soporte California (CBR), ensayo de compactación Proctor, ensayo de Abrasión y ensayo de solidez en sulfato de sodio, a continuación, se presenta los resultados de los ensayos antes mencionados.

Granulometría.

El ensayo granulómetro incluye el contenido de humedad y los límites como son límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad. Cuyos resultados se presentan en la tabla 6

Tabla 7. Análisis Granulométrico

Análisis Granulométrico					
Micra	Tamiz	Peso Retenido Acumulado (gr)	% Retenido	% Que Pasa	Faja de Diseño
100	4"	0	0	100	100
75	3"	902	13	87	
63	2 1/2"	1352	20	80	
50	2"	1553	22	78	
37.5	1 1/2"	1816	26	74	
25	1"	2456	35	65	
19	3/4"	2684	39	61	
12.5	1/2"	3074	44	56	
9.5	3/8"	3334	48	52	
4.75	N° 4	4060	59	41	
	Pasa N° 4	2867	41	59	
2.36	N° 8				
2	N° 10	72	15	26	
1.18	N° 16	117	25	17	
0.85	N° 20				
0.6	N°30				
0.425	N° 40	161	34	7	
0.3	N° 50				
0.15	N° 100	172	37	5	
0.075	N° 200	177	38	3,8	0 – 20
	Pasa N° 200	18	3,8		
TOTAL		6927			

Peso Total de Lavado	195
Peso Total después de Lavado	177
Contenido de Humedad	3.54
Límite Líquido	0
Límite Plástico	0
Índice de Plasticidad	0

Fuente: Autor, (2022)

Los ensayos granulométricos han permitido clasificar al suelo de acuerdo a dos normas AASHTO y SUCS.

Tabla 8. Clasificación del material según las normas SUCS y AASHTO

Clasificación de Suelos	
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	Grava mal graduada con arena en bloques GP
Sistema de Clasificación de Suelos (AASHTO)	A-1-a Fragmentos de roca, grava y arena

Fuente: Autor, (2022)



Figura 21. Ensayo de análisis Granulométrico

Fuente: Autor (2022)

Ensayo de índice de soporte California (CBR) y Ensayo de compactación Proctor

El ensayo CBR necesita los resultados del ensayo Proctor para poder ser calculado en el caso de nuestro estudio el CBR se lo cálculo para una penetración de una pulgada y con un 95% de compactación según su densidad in situ.

Tabla 9. Resultados de los ensayos Proctor y CBR	
Proctor	
Densidad Seca Máxima	2.219 Kg/m ³
Cont. de agua Optimo	5.40%
CBR	
CBR	25.41%
El CBR ha sido calculado para 0.1" de penetración y se ha calculado un 95% de compactación según densidad in situ	

Fuente: Autor, (2022)



Figura 22. Ensayo Proctor y CBR en el laboratorio de suelos y pavimentos DELTA
Fuente: Autor, (2022)

Ensayo de Abrasión.

Tabla 10. Resultados del ensayo de abrasión		
Abrasión		
Numero de esferas	12 Masa de la carga abrasiva	5048 g
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo		5001
Masa total de la muestra después de 500 revoluciones		3383
Valor de abrasión (%) después de 500 revoluciones		32.35%

Fuente: Autor, (2022)



Figura 23. Ensayo de Abrasión en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos DELTA
Fuente: Autor, (2022)

Ensayo de solidez en sulfato de Sodio

El ensayo de solidez en sulfato de sodio nos permite determinar el porcentaje de material que se desgasta por la presencia del sulfato de sodio, en el caso de nuestro estudio se logró determinar que el material presente un porcentaje medio de desgaste a los sulfatos del 5.04%



Figura 24. Ensayo de Sulfatos en el Laboratorio de Suelos y Pavimentos DELTA
Fuente: Autor, (2022)

Posterior a la realización de los ensayos se procede a comparar nuestros resultados con los parámetros establecidos en la guía de especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes (MOP-001) elaborada por (Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones, 2002), en esta guía se detallan los valores máximos que debe tener el materia para poder ser utilizado como superficie de rodadura, base, Sub-base.

Tabla 11. Comparación de resultados de ensayos vs los parámetros del libro amarillo MTOP

Resultados			
Abrasión			
Sup. de rodadura (%)	Base (%)	Sub-base (%)	Resultados de Ensayos
50% máx.	50% máx.	40% máx.	36.32%
CBR			
Sup. de rodadura (%)	Mejoramiento (%)	Sub-base (%)	Resultados de Ensayos

**	> 20%	30%	25.41%
Límite Líquido			
Sup. de rodadura (%)	Base (%)	Sub-base (%)	Resultados de Ensayos
35% máx.	**	25% máx.	0%
Índice de Plasticidad			
Sup. de rodadura (%)	Base (%)	Sub-base (%)	Resultados de Ensayos
9% máx.	**	6% máx.	0%

Fuente: Autor, (2022)

Cubicación de Reservas.

Antes de iniciar con la cubicación de las reservas se debe determinar los frentes de explotación y para ello se debe tener en cuenta diferentes características como:

- ❖ No se puede explotar sobre las terrazas en las que se encuentre la infraestructura del área de libre aprovechamiento o esté ubicada la zona de stock
- ❖ No se puede explotar sobre las terrazas que posean flora o fauna en peligro de extinción o tenga cultivos
- ❖ No se puede explotar sobre las terrazas ubicadas fuera del área de libre aprovechamiento.

Es por ello que el área de libre aprovechamiento posee dos frentes de explotación de los cuales se está extrayendo el material actualmente, sin embargo existe una terraza aluvial que posee las características para ser explotada pero debido a su difícil acceso ha sido descartada como frente de explotación.

Para el cálculo de reservas se procedió a realizar las calicatas las mismas que tuvieron la profundidad máxima a la que alcanzaba la excavadora, o hasta llegar al nivel freático de la zona estudio. Sin embargo mediante los permisos de operación del área de libre aprovechamiento se resalta que las terrazas aluviales pueden ser explotadas a una profundidad máxima de 2.5 mts

El área de libre aprovechamiento posee dos frentes de explotación por lo que las reservas serán calculadas de ambos frentes como se detalla en la siguiente tabla

Tabla 12. Cubicación de reservas del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro

Frente de Explotación	X	Y	Área en m ²	Profundidad de calicatas (m)	Volumen total (m ³)
Frente 1	727938	9550507	2504.40 mts	1.5 mts	3756.6 m ³
Frente 2	727870	9550190	3017.37 mts	1.5 mts	4526.055 m ³
Total					8282.66 m ³

Fuente: Autor (2022)

El volumen total de material existente en el área de libre aprovechamiento es de 8282.66 m³ sin embargo este es el volumen total, mediante el análisis granulométrico realizado se obtuvo que el material aprovechable para el área de libre aprovechamiento representa el 84% de las reservas totales **Tabla 13**

Tabla 13. Porcentajes de material

Material	Área cm ³	%
Arenas	11	7.33
Arenas con cantos rodados > 10 cm	13	8.67
Arenas con cantos rodados < 10 cm	126	84
	150	100

Fuente: Autor (2022)

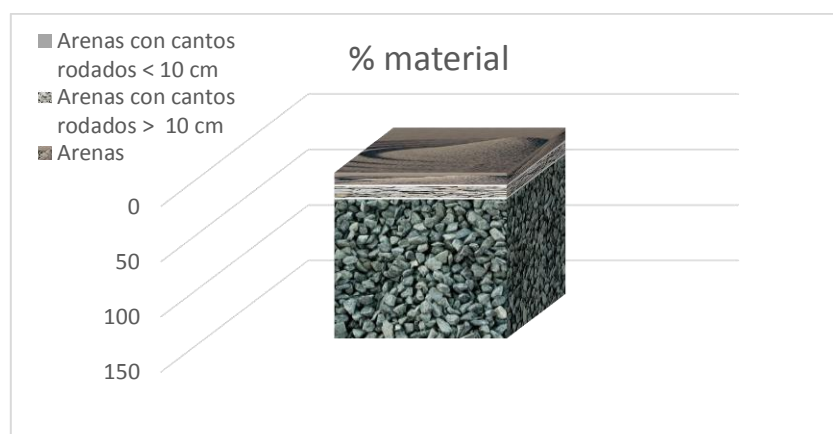


Figura 25. Porcentaje de material del área de libre aprovechamiento

Fuente: Autor (2022)

A través de los datos calculados se obtiene que del total de las reservas el 84% es el material aprovechable, por lo tanto:

$$\text{Reservas} = \text{Reservas totales} * \% \text{ de material aprovechables}$$

$$\text{Reservas} = 8282.66 * 84\%$$

$$\text{Reservas} = 6957.43 \text{ m}^3$$

Mediante los cálculos realizados se obtiene que el área de libre aprovechamiento cuenta con 6957.43m³ de reservas, sin embargo, cabe recalcar que, al ser una explotación de tipo aluvial, las reservas se regeneran, es decir, en las subidas del caudal tanto del río Zamora como del río Bombuscaro las terrazas son rellenadas por el material arrastrado por dichos ríos.

Además de ello el 16% es decir 1325.23 m³ del material no aprovechable por parte del municipio de Zamora es acumulado en pilas y cedido a personas ajenas al área de libre aprovechamiento para que sea utilizado en los fines que sean convenientes a excepción de la venta del mismo esto permite tener una mayor vinculación con la comunidad por parte del municipio de Zamora

6.2.Resultados del segundo objetivo

“Describir los procesos mineros del sistema de explotación actual para la disposición de los parámetros a optimizar.”

Mediante la interpretación de las entrevistas realizadas al personal encargado de las áreas de libre aprovechamiento pertenecientes al cantón Zamora se obtuvo los siguientes resultados.

El área de libre aprovechamiento para materiales de construcción GADMZ Bombuscaro cuenta con un sistema de explotación a cielo abierto por bancos descendentes o graveras, las actividades se desarrollan vía húmeda con un arranque de material a una profundidad máxima de 2.5 mts.

Las actividades que se desarrollan en el área son preparación, arranque, carga, transporte, clasificación, acopio y distribución a las obras del GAD municipal de Zamora de administración directa.

El material es arrancado por una Excavadora CAT 324, además se dispone de una cargadora frontal y volquetas de 8 y 12 m³. Para el transporte del material se utiliza un método cíclico, el cual consiste en arranque, carga y acarreo mediante maquinaria, además de ello el material es almacenado en pilas, sin embargo antes de ser almacenado se realiza una clasificación granulométrica.

El área de libre aprovechamiento se lo explota con una frecuencia semanal de 1 a 3 días dependiendo del requerimiento del material, incluso se puede explotar hasta 5 días a la semana lo que nos da una un ritmo de producción de 1500 m³ semestralmente.

El material extraído es usado para la construcción de infraestructuras de administración directa del municipio, mantenimiento vial y para acceso al relleno sanitario.

La actividad con un bajo rendimiento es específicamente el arranque, debido a que no es sistemático, además de que al no contar con un técnico presente los operarios lo realizan de manera desordenada lo que se refleja en una explotación incompleta de los bancos generando socavones en los márgenes del río.

Finalmente con respecto a la optimización del sistema de explotación los entrevistados acordaron que es necesaria su realización debido a que con dicha optimización se verá reflejada con un menor coste y mayor beneficio de la extracción del material, de la misma manera disminuirá los impactos generados por esta actividad como son polvo, ruido que afectan de manera directa al barrio Benjamín Carrión.

Como se mencionó las actividades que se desarrollan en el área de libre aprovechamiento son arranque, carguío, transporte, acopio, clasificación, disposición final.

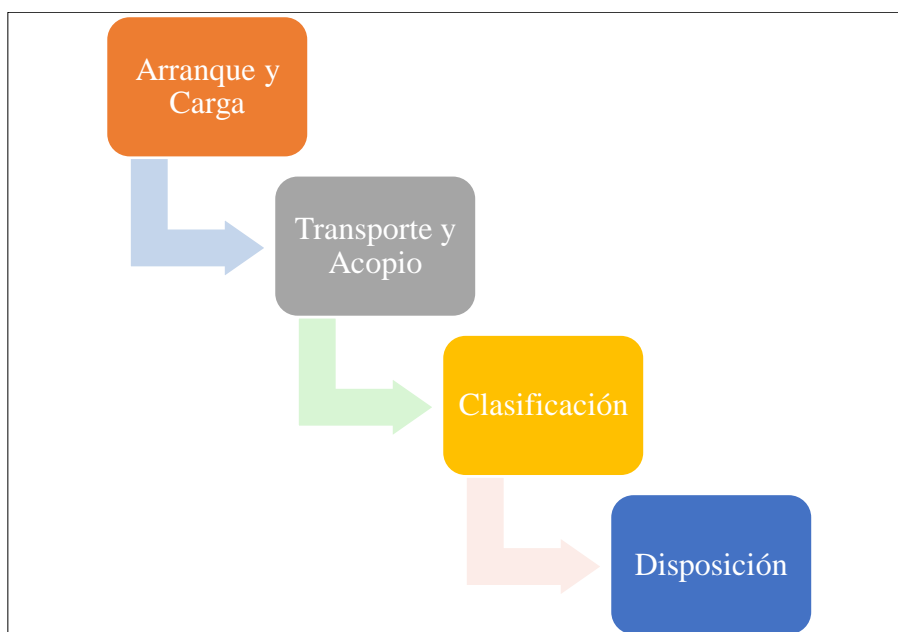


Figura 26. Procesos mineros del área de libre aprovechamiento
Fuente: Autor (2022)

Luego de haber sido realizada la entrevista, se procedió a visitar el área de libre aprovechamiento para verificar los procesos mineros que se realizan en donde se tomaron tiempos de cada proceso como son arranque, carga, transporte, clasificación,

almacenamiento, esta toma de tiempos se la realizó durante 3 ciclos de trabajo (**Anexo 14**), en la (**Figura 27**) se sintetiza las actividades del área de libre aprovechamiento, así como la distancia existente entre cada actividad. Del levantamiento de información se obtuvieron los siguientes resultados.

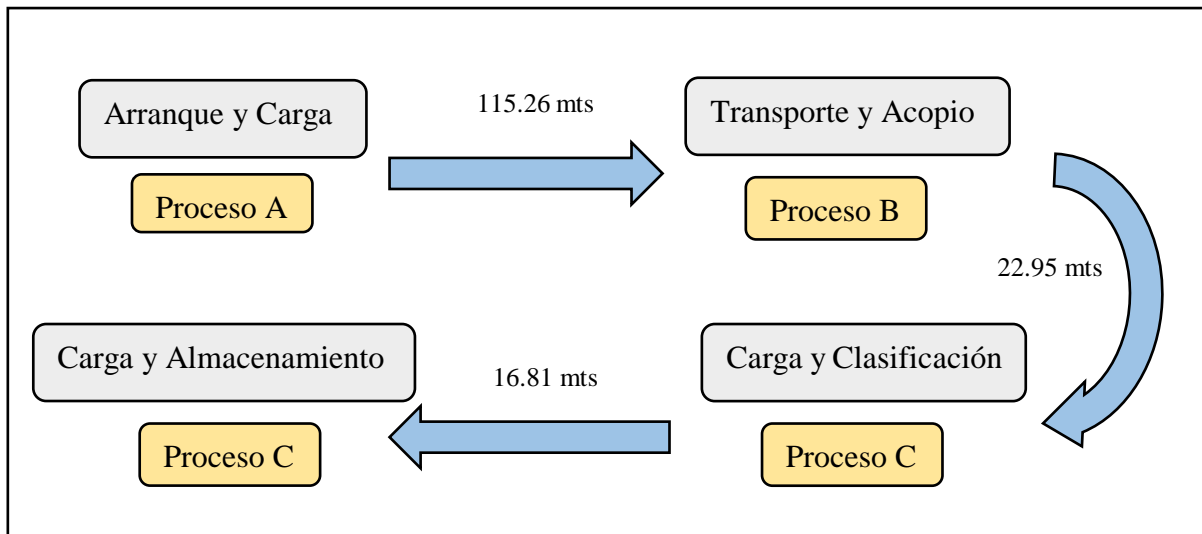


Figura 27. Distancia de actividades del área de libre aprovechamiento

Fuente: Autor, (2022)

Tabla 14 Personal que trabaja en el área de libre aprovechamiento

Personal				
N°	Cargo	Turno		
1	Operador de excavadora	8:00 -13:00	14:00 -17:00	Depende de la cantidad de material solicitado
1	Operador de cargadora	8:00 -13:00	14:00 -17:00	
1	Chofer de Volqueta	8:00 -13:00	14:00 -17:00	
1	Inspector de actividades	8:00 -13:00	14:00 -17:00	

Fuente: Autor (2022)

Tabla 15. Instalaciones del área de libre aprovechamiento.

Instalaciones	
Cantidad	Descripción
2	Frentes de Explotación
1	Zona de Acopio
1	Zona de Clasificación

Fuente: Autor (2022)

Tabla 16. Maquinaria que trabaja en el área de libre aprovechamiento

Maquinaria			
Cantidad	Modelo	Capacidad	Actividad
1	Excavadora Caterpillar 324 DLN	1.42 m ³	Esta maquinaria es la encargada de arrancar el material del frente de explotación y cargarlo en los volquetes.

1	Cargadora Frontal Jhon Deer 544G	2.5 m3	Esta maquinaria es la encargada de cargar el material y llevarlo a clasificarla, posterior a ello vuelve a cargar el material clasificado y lo lleva a la pila correspondiente
2	Volquete Hino 700 Fs.	12 m3	Estos vehículos son los encargados de trasladar el material del frente de explotación a la zona de Acopio y de la misma manera son usados para la distribución del material.
Maquinaria Extra			
1	Excavadora Caterpillar 320	1 m3	Estas maquinarias son usadas en caso de que la excavadora principal este en mantenimiento o el requerimiento del material sea alto
	Excavadora Caterpillar 323	1 m3	
	Excavadora Liu Gong	1 m3	
1	Volquete Nissan	12 m3	Vehículo auxiliar usado para trasporte de material a zona de acopio y también para distribución del material

Fuente: Autor (2022)

Tabla 17. Ciclos de Trabajo realizados en el área de libre aprovechamiento

Ciclo de Trabajo 1					
Actividad	Equipos Requeridos	Descripción	Tiempo	Capacidad	Ciclos
Arranque	Excavadora Caterpillar 324 DLN	Arranque del material del frente de explotación	45 seg.	1.8 m3	8
Carga del material	Excavadora Caterpillar 324 DLN	Carga de material al volquete	43 seg.	1.8 m3	8
Transporte y descarga del material	Volquete Hino 700 Fs.	Traslado del material del frente de explotación a la zona de acopio	126 seg.	14 m3	1
Carga y clasificación	Cargadora Frontal Jhon Deer 544G	Carda de material, traslado a la clasificadora, carga de material clasificado, traslado a las pilas de stock	155 seg.	2.5 m3	1
Ciclo de Trabajo 2					
Actividad	Equipos Requeridos	Descripción	Tiempo	Capacidad	Ciclos
Arranque	Excavadora Caterpillar 324 DLN	Arranque del material del frente de explotación	53 seg.	1.8 m3	8

Carga del material	Excavadora Caterpillar 324 DLN	Carga de material al volquete	48 seg.	1.8 m ³	8
Transporte y descarga del material	Volquete Hino 700 Fs.	Traslado del material del frente de explotación a la zona de acopio	130 seg.	14 m ³	1
Carga y clasificación	Cargadora Frontal Jhon Deer 544G	Carda de material, traslado a la clasificadora, carga de material clasificado, traslado a las pilas de stock	167 seg.	2.5 m ³	1
Ciclo de Trabajo 3					
Actividad	Equipos Requeridos	Descripción	Tiempo	Capacidad	Ciclos
Arranque	Excavadora Caterpillar 324 DLN	Arranque del material del frente de explotación	50 seg.	1.8 m ³	8
Carga del material	Excavadora Caterpillar 324 DLN	Carga de material al volquete	51 seg.	1.8 m ³	8
Transporte y descarga del material	Volquete Hino 700 Fs.	Traslado del material del frente de explotación a la zona de acopio	136 seg.	14 m ³	1
Carga y clasificación	Cargadora Frontal Jhon Deer 544G	Carda de material, traslado a la clasificadora, carga de material clasificado, traslado a las pilas de stock	162 seg.	2.5 m ³	1
Fuente: Autor (2022)					

Tabla 18. Tiempo promedio de las actividades realizadas en el área de libre aprovechamiento

Tiempo promedio de Actividades						
Actividad	Equipos	Capacidad	Tiempo	Ciclos	Tiempo Total (seg.)	
Arranque	Excavadora Caterpillar 324 DLN	1.8 m ³	49	8	395	
Carga del material	Excavadora Caterpillar 324 DLN	1.8 m ³	47	8	379	
Transporte y descarga del material	Volquete Hino 700 Fs.	14 m ³	131	1	131	
Carga y clasificación	Cargadora Frontal Jhon Deer 544G	2.5 m ³	161	1	161	
Fuente: Autor (2022)						

Seguidamente se procedió a realizar los cálculos correspondientes para determinar los rendimientos de la maquinaria además del ritmo óptimo de producción y el tiempo de

vida útil del área de libre aprovechamiento es por ello que a continuación se describe cada una de las actividades.

Arranque y Carga del material.

Esta actividad inicia con la extracción del material no aprovechable por el área, seguidamente se procede a extraer el material de la terraza aluvial con la ayuda de la Excavadora Caterpillar 324 DLN, la misma dispone de una capacidad de 1.8 m³. La extracción del material se lo hace mediante bancos descendentes los cuales tienen un ancho y una longitud variable, que depende de la cantidad de material existente en la concesión. La extracción se la realiza a una profundidad máxima de 2.5 metros debido a las regulaciones existentes en la explotación de áridos y pétreos.



Figura 28. Excavadora Caterpillar 324D-LN
Fuente: Autor, (2022)

En la extracción del material, las rocas de diámetro mayor a 50 cm, no son consideradas en el proceso productivo y se las dispone a un costado de la terraza como protección para evitar socavamientos y también para redirigir el material arrastrado por el río y que las reservas se puedan rellenar.

Posterior a ello con los datos recolectados en la ficha de descripción de actividades se procede a realizar los siguientes cálculos:

Capacidad real de la maquinaria

$$E_{real} = E * F_{llenado}$$

En este parámetro se calcula la capacidad real que tiene el cucharón de la excavadora, este es el resultado de la capacidad teórica de la maquinaria por el factor de llenado de la misma

$$E_{real} = 1.42 \text{ m}^3 * 0.9 = 1.278 \text{ m}^3$$

Calculo de rendimiento de la maquina

$$QT = 3600 * \left(\frac{E}{T_c}\right)$$

Para el cálculo del rendimiento de la maquinaria se tiene en cuenta la capacidad de la maquina, tiempo que demora la maquina en realizar un ciclo de trabajo, factor de conversión de hora a segundos, esto nos da como resultado el rendimiento teórico

$$QT = 3600 \left(\frac{\text{seg}}{\text{hora}}\right) * \left(\frac{1.278 \text{ m}^3}{97 \text{ seg}}\right)$$

$$QT = 47.431 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Calculo de rendimiento experimental de la maquina

Seguidamente se procede a calcular el rendimiento experimental o práctico para ello se inicia con el rendimiento teórico, peso específico y considerando el coeficiente de esponjamiento del material además del tiempo de trabajo ininterrumpido por turno el mismo que es de 8 horas, además de ello se considera el tiempo de descanso y/u otro percance suscitado a lo largo del día de trabajo.

$$QTEX = QT * KLL * KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right)$$

$$QTEX = 47.431 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 1.10 * 1 \text{ m}^3 * \left(\frac{4}{4 + 1}\right) = 41.739 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Transporte y descarga del material.

El cargado del material se lo hace directamente desde el frente de explotación, gracias al largo del brazo de la excavadora los volquetes no ingresan completamente a las terrazas ya que sufrirían un atascamiento.

Esta actividad se la realiza en dos volquetes Hino 700 Fs. de 14 m³ de capacidad que luego de ser cargados, realizan el transporte del material hasta la zona de stock en donde es depositado en las pilas de material no clasificado.



Figura 29. Volquete Hino 700 Fs.

Fuente: Autor, (2022)

El número de viajes depende principalmente de la cantidad de material requerido por parte del municipio.

Cabe recalcar que la capacidad del volquete es de 14 m^3 , sin embargo, su factor de llenado es de 0.9 debido a que el material no ocupa en su totalidad el cajón del volquete.

Capacidad real del volquete

$$E_{real} = E * F_{llenado}$$

$$E_{real} = 14 \text{ m}^3 * 0.9 = 12.6 \text{ m}^3$$

Velocidad media

$$V = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

$$V = \frac{0.115 \text{ km}}{0.0363 \text{ hora}} = 3.16 \frac{\text{km}}{\text{hora}}$$

Calculo de rendimiento de la maquinaria

$$QT = 3600 * \left(\frac{E_{real}}{T_c} \right)$$

$$QT = 3600 \left(\frac{\text{seg}}{\text{hora}} \right) * \left(\frac{12.6 \text{ m}^3}{510 \text{ seg}} \right)$$

$$QT = 88.94 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Calculo de rendimiento experimental de la maquinaria

$$Rve = \frac{60 * Cv * E}{T_c}$$

$$Rve = \frac{60 * 12.6 \text{ m}^3 * 0.8}{8.5 \text{ min}} = 71.15 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Carga y Clasificación.

Luego de haber sido descargado el material, se procede a realizar el clasificado el cual se lo realiza mediante la cargadora frontal Jhon Deer 544G la cual posee una capacidad de 2.5 m³.

El área de libre aprovechamiento dispone de una criba de 335 cm de ancho x 300 cm de largo la cual dispone de una malla interna de 10 x 10 cm lo que nos permite que el material extraído de los frentes pueda ser clasificado en dos grupos, aquellos mayores a 10 cm y material menor a 10 cm.

La cantidad de material clasificado está en función de la cantidad de material requerido por el municipio de Zamora para ser utilizado en las obras de administración directa por el municipio.

Capacidad real de la maquinaria

$$E_{real} = E * F_{llenado}$$

$$E_{real} = 2.5 \text{ m}^3 * 0.9 = 2.25 \text{ m}^3$$

Velocidad media

$$V = \frac{\text{Distancia}}{\text{Tiempo}}$$

$$V = \frac{0.023 \text{ km}}{0.045 \text{ hora}} = 0.55 \frac{\text{km}}{\text{hora}}$$

Calculo de rendimiento de la maquinaria

$$QT = 3600 * \left(\frac{E}{T_c}\right)$$

$$QT = 3600 \left(\frac{\text{seg}}{\text{hora}}\right) * \left(\frac{2.25 \text{ m}^3}{161 \text{ seg}}\right)$$

$$QT = 50.31 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}}$$

Calculo de rendimiento experimental de la maquinaria

$$Rcf = \frac{60 * E * Cv * K}{T * F * V}$$

$$Rcf = \frac{60 * 0.8 * 2.25 * 0.9}{3.05 \text{ min} * 0.90} = 35.41 \frac{m^3}{hora}$$

- **Ritmo de producción:**

Luego de haber sido calculados los rendimientos de la maquinaria se procede a hacer el cálculo del ritmo de producción, que es el resultado de la cantidad de material extraído en un periodo de tiempo, el ritmo de producción se lo puede calcular por hora, por día, mes o por año.

$$RP = \frac{\text{Cantidad de Material Extraído}}{\text{Tiempo de trabajo}}$$

$$RP = \frac{333.84}{8 \text{ horas}} = 41.73 \frac{m^3}{hora}$$

- **Tiempo de vida útil.**

Para el cálculo de la vida útil se tiene en cuenta que este va a depender directamente de la cantidad de reservas explotables consideradas en el pit final.

$$T = \frac{R}{RP}$$

$$T = \frac{6957.43 \text{ m}^3}{41.739 \frac{m^3}{hora}} = 166.72 \text{ horas}$$

- ❖ **Costos de producción**

Al ser un área de libre aprovechamiento perteneciente al municipio del cantón Zamora, este es el encargado de asumir los gastos que conlleva las labores desarrolladas en nuestra zona de estudio.

Además de ello la explotación no es continua ni tampoco tiene un cronograma pre-establecido sumado a ello que los mismos trabajadores y maquinaria trabajan en las diferentes áreas de libre aprovechamiento a cargo del cantón Zamora, por lo que los sueldos de los trabajadores y mantenimiento de la maquinaria en su mayoría no son costos producto de la explotación del área de libre aprovechamiento.

Tabla 19. Costos del Personal

Cantidad	Cargo	Días Laborables	Sueldo mensual (USD)	Sueldo Unitario (USD)	Total a pagar (USD)
1	Operador de Excavadora	12	675	352.17	352.17
1	Operador de Cargadora	12	708	369.39	369.39
2	Chofer de Transporte Pesado	12	584	304.70	609.39
1	Ayudante de Equipo Camionero	12	400	208.70	208.70
1	Mecánico	12	548	285.91	285.91
1	Ayudante de Mecánico	12	531	277.04	277.04
				Total	2102.61

Fuente: Autor (2022)

Tabla 20. Costos de mantenimiento de maquinaria

Descripción	Costo USD /12 días de trabajo
Diesel	1500
Lubricantes	600
Repuestos	600
Total	2700

Fuente: Autor (2022)

❖ **Costo por m³ de material extraído.**

Finalmente, al realizar los cálculos se obtuvo que el área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro tiene una inversión mensual de 4802.61 dólares, laborando 12 días al mes lo que permite la extracción de un total de 4006.04 m³ de material, por lo tanto, el costo por m³ de material extraído se lo calcula de la siguiente forma:

$$\text{\$ m}^3 = \frac{\text{Inversión mensual}}{\text{Cantidad de material extraido mensualmente}}$$

$$\$/m^3 = \frac{4802.61 \text{ USD}}{4006.08 \text{ m}^3}$$

$$\$/m^3 = 1.198 \frac{\text{USD}}{\text{m}^3}$$

6.3. Resultados del tercer objetivo

Luego de haber obtenido la topografía, geología, cubicación del material disponible en el área, además de las actividades que se realizan y la maquinaria con la que se labora actualmente se puede definir que:

- El área de libre aprovechamiento se encuentra sobre terrenos llanos aluviales.
- La litología presente en el área de estudio corresponde arenas, depósitos coluviales siendo esta última el material de interés para el área de estudio
- La forma que presenta el yacimiento es de tipo lenticular y elongada de baja potencia. El material a extraer es denominado pétreos cuyos frentes de explotación son paralelos al río.
- Las reservas con las que cuenta el área de libre aprovechamiento son de 6957.43 **m³** sin embargo al ser un yacimiento aluvial las mismas son renovadas en las crecientes del río.
- La maquinaria que labora en el área es excavadora, volquetes, cargadora además de una clasificadora.

Esclarecidas las características del sistema de explotación actual se propone el análisis multicriterio de 2 sistemas de explotación para el área de estudio mismos que son elegidos bajo las siguientes condiciones:

- Adaptación al terreno del área de estudio
- Eficiencia y facilidad de ejecución
- Compatibilidad para extracción de material por vía húmeda
- Rentabilidad Económica
- Impactos ambientales y sociales

Diques Longitudinales

Los diques longitudinales son un sistema muy conocido en el campo de los materiales de arrastre. El beneficio principal de este sistema es, la buena producción que

se puede obtener, por lo que la recaudación económica es alta. La parte negativa es que el impacto ambiental es alto, debido a que el dique longitudinal debe seguir a lo largo de río como su nombre lo indica. Los diques longitudinales están compuestos por una serie de materiales que están compactados, mismos que hacen de barrera para la acumulación de material arrastrado por el caudal del río, estos materiales usados en la barrera pueden ser muros de hormigones, muros de madera esto en dependencia del tamaño del material y fuerza del caudal.

Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora

Este sistema de explotación es de extracción directa, consiste en extraer el material del lecho del río mediante un solo banco. Este sistema es usado para extraer en la zona seca del cauce o poca profundidad, sin embargo, también se puede trabajar parcialmente bajo agua. Para el arranque y carga de material se debe contar con retroexcavadoras o excavadoras. Y para el transporte se debe contar con: volquetas y una red de caminos temporales paralelos a la excavación. Entre sus ventajas tenemos la alta producción de material pétreo, además, la excavadora realiza una doble función de arranque y carga del material. Entre sus desventajas tenemos la erosión remontante del lecho del río. (UICN, 2009)

Tabla 21. Análisis multicriterio de Sistemas de Explotación

Análisis Multicriterio Sistema de explotación para Pétreos			
Sistema	Descripción	Ventajas	Desventajas
Diques longitudinales	Sistema de explotación utilizado para la explotación de depósitos aluviales ya sean metálicos y no metálicos	<ul style="list-style-type: none"> • Consiste en el arranque del material de manera directa a través de una excavadora • Necesita conformación de los bancos • Gran eficiencia de extracción del material de lechos de río. 	<ul style="list-style-type: none"> • Genera un impacto ambiental • Los márgenes de los ríos presentan un cambio en flora y fauna • Existe una intervención de la maquinaria aguas adentro del río por lo que existe una contaminación de aceites y grasas en red fluvial • Exigen constituir toda la infraestructura viaria para acceder a los niveles superiores desde el principio y obliga a una mayor distancia de transporte.
Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora	Este sistema de explotación es de extracción directa consiste en extraer el material del lecho del río mediante un solo banco	<ul style="list-style-type: none"> • Doble función y carga de material. • Se usa en zona seca del cauce o donde la profundidad sea menor. • Favorece la extracción por capas. • Es la forma más eficiente, ya que no necesita cargador. • Bajo Impacto Ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Si no se controla la profundidad de extracción se produce la erosión remontante del lecho del río.

Fuente: Autor (2022)

Analizadas las características de los métodos antes planteados y considerando los criterios productivos, ambientales y sociales se eligió el sistema de explotación a través de extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora, iniciando porque geométricamente se acopla a los frentes de explotación que dispone el área de libre aprovechamiento por lo que no se intervendrá de manera directa a lo que son los ríos, flora y fauna del sector, de la misma manera, la maquinaria que se dispone se acopla al sistema de explotación provocando que el costo de implementación se reduzca considerablemente, y finalmente al ser una área de libre aprovechamiento el sistema de explotación se puede acoplar al ritmo de producción de la zona de estudio y la rentabilidad no se verá afectada por los ritmos de producción.

El sistema de explotación a través de extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora, propuesto por la guía de gestión ambiental para minería no metálica de UICN 2009, menciona que este sistema de explotación no genera un gran impacto ambiental como si lo hacen otros sistemas de explotación aplicados en aluviales. Además, al ser un sistema de explotación directo no necesita la adecuación o construcción de los frentes de explotación (diques). De la misma manera para evitar problemas ambientales, es importante respetar la profundidad de extracción por capas establecida en la ley, o bien realizar extracción en forma escalonada o por alternancia de bloques y así evitar la erosión remontante del lecho del río.

Para ello se propone el acondicionamiento de los frentes de explotación los mismos que tengan unas dimensiones simétricas para lograr obtener mayores reservas en el proceso de recarga del material proceso natural que se ejecuta en las crecidas del río.

Implementación del sistema de explotación.

Destape y preparación

La labor de destape consiste en desmontar o retirar la capa vegetal, presente en el área destinada a la extracción del material. Sin embargo, en nuestra área de estudio la labor de destape no aplica o es nula, puesto que no presenta vegetación.

La preparación hace referencia a mejorar las condiciones de los sitios para las obras complementarias, en este caso se utilizará la ampliación de la vía que corresponde al tramo del frente de explotación hasta la zona de stock del material.

Para ello se realizaron los cálculos para obtener el ancho de vía el mismo que está controlado por el ancho de la maquinaria más amplia, berma de seguridad y número de carriles.

$$\text{Amplitud del carril} = (\text{Ancho de maquinaria} * 1.5\text{m}) + \text{Berma de Seguridad}$$

$$\text{Amplitud del carril} = (3.5\text{m} * 1.5\text{m}) + 2\text{m} = 7.25\text{m}$$

Para el cálculo del peralte tenemos que tener en cuenta que la vía que conecta el frente de explotación con la zona de stock presenta una curva con radio de 3.09 m, una velocidad media de 3.5 km/hora además de que la vía al ser de arena gruesa con gravilla presenta un factor de fricción de 0.55 el peralte de la vía será calculado con la siguiente formula.

$$\frac{N * \sin\phi}{N * \cos\phi} = \frac{m * \frac{V^2}{R}}{m * g}$$

Simplificando la formula obtenemos que:

$$\frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{V^2}{g * R} \quad \therefore \quad \frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{3.5^2}{9.8 * 3.09} =$$

$$Tg\phi = 0.82 \quad \therefore \quad \theta = 22.02^\circ$$

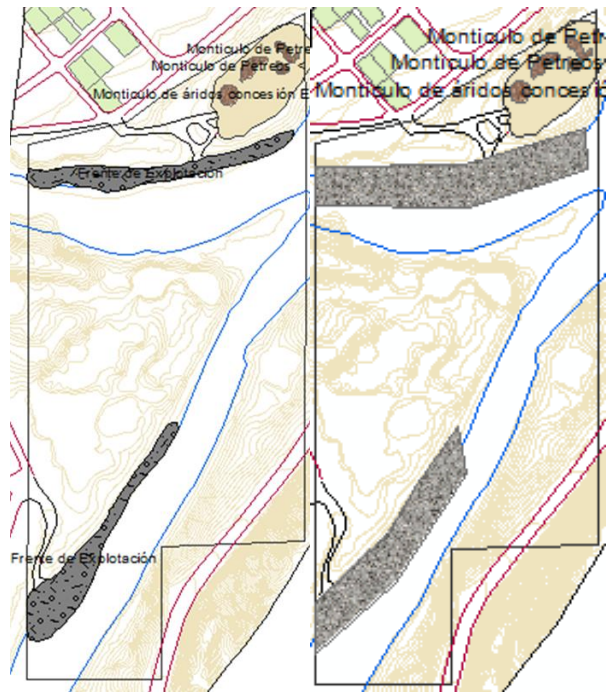
En la extracción paralela por pala hidráulica o retroexcavadora no es necesario la conformación de bancos sin embargo, para tener un mayor control sobre la actividad extractiva se propone que con el uso de la excavadora se dimensione los frentes de explotación con las medidas detalladas en la **Tabla 22**, esto se lo realiza con el fin de obtener un depósito natural de material cuyas dimensiones serán simétricas, además de permitir la implantación de un orden de explotación sistemático.

El área de libre aprovechamiento posee dos frentes de explotación por lo que las reservas serán calculadas de ambos frentes como se detalla en la siguiente tabla

Tabla 22 Frentes de explotación propuestos

Frente de Explotación	X	Y	Longitud	Ancho	Área en m2	Prof. de calicatas	Volumen total (m3)
Frente 1	727938	9550507	202.28	15.38	3111.26	1.5 m	4666.89
Frente 2	727870	9550190	169.26	36.28	6140.75	1.5 m	9211.13
						Total	13878.015

Fuente: Autor (2022)



Frente de explotación actual Frente de explotación optimizado

Figura 30. Propuesta de Frentes de Explotación

Elaborado: Autor, (2022)

Al redimensionar los frentes de explotación procedemos a optimizar los procesos inmersos en el área de libre aprovechamiento.

Arranque y Carga del material.

Esta actividad actualmente se la realiza con una Excavadora Caterpillar 324 DLN la misma que dispone de una capacidad de 1.8 m^3 como se mencionó la explotación se la realiza a una profundidad máxima de 2.5 metros.

En el sistema optimizado se propone cambiar el cucharón de la excavadora por uno de mayor capacidad, específicamente un cucharón Doosan con capacidad de $2 \text{ a } 2.5 \text{ m}^3$ (**figura 31**) el cual es un cucharón tipo H con una dimensión con cortador de 1650 mm y la misma que soporta una fuerza de excavación nominal de 24.4 Toneladas fuerza o aumentada de 25.6 Ton/fuerza



Figura 31. Cucharón para roca dura DOOSAN capacidad 2 m³
Fuente: (Doosan, 2022)

Con los datos de la nueva capacidad de la cuchara y los recolectados en la descripción de actividades se realizan los siguientes cálculos:

Capacidad real de la maquinaria

$$E_{real} = E * F_{llenado}$$

$$E_{real} = 2 \text{ m}^3 * 1.1 = 2.2 \text{ m}^3$$

Cálculo de rendimiento de la maquinaria

$$QT = 3600 * \left(\frac{E}{T_c}\right)$$

$$QT = 3600 \left(\frac{\text{seg}}{\text{hora}}\right) * \left(\frac{2.2 \text{ m}^3}{97 \text{ seg}}\right)$$

$$QT = 81.64 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Cálculo de rendimiento experimental de la maquinaria

$$QTEX = QT * KLL * KT * \left(\frac{Tt}{Tt + Tp}\right)$$

$$QTEX = 81.64 \frac{\text{m}^3}{\text{hora}} * 1.10 * 1 \text{ m}^3 * \left(\frac{4}{4 + 1}\right) = 71.84 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Transporte y descarga del material.

En esta actividad se seguirá trabajando con la misma maquinaria que son dos volquetes Hino 700 Fs. de 12 m³ de capacidad, que trasladan el material de los frentes de explotación a la zona de stock.

Sin embargo, se propone implementar lonas para cubrir el material cuando se lo trae de un frente de explotación alejado y de esta manera evitar la generación de material particulado (Figura 32)



Figura 32. Lonas para volquetes
Fuente: (DEICA, 2015)

Además de ello, como propuesta de optimización se plantea el aumento del factor de llenado del volquete ya que actualmente es de 0.9 y se propone aumentarlo a 1.1

Capacidad real del volquete

$$E_{real} = E * F_{llenado}$$

$$E_{real} = 14 \text{ m}^3 * 1.1 = 15.4 \text{ m}^3$$

De la misma forma en el rediseño de las vías internas del área de libre aprovechamiento se mejorará las vías por donde transita la maquinaria para realizar la descarga en la zona de stock, esto se lo realiza con el fin de que puedan aumentar la velocidad internamente en el área de libre aprovechamiento. Actualmente la maquinaria transita con una velocidad media de 3.16 km/h y se propone aumentar la velocidad a 5 km/h. Con el objetivo de transportar más cantidad de material hacia la zona de stock.

Velocidad media

$$t = \frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}}$$

$$t = \frac{0.115 \text{ km}}{5 \frac{\text{km}}{\text{hora}}} = 0.023 \text{ hora} = 82.8 \text{ seg}$$

Calculo de rendimiento de la maquinaria

$$QT = 3600 * \left(\frac{E}{Tc}\right)$$

$$QT = 3600 \left(\frac{\text{seg}}{\text{hora}}\right) * \left(\frac{15.4 \text{ m}^3}{411.8 \text{ seg}}\right)$$

$$QT = 134.62 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Calculo de rendimiento experimental de la maquinaria

$$Rve = \frac{60 * Cv * E}{Tc}$$

$$Rve = \frac{60 * 15.4 \text{ m}^3 * 0.8}{6.86 \text{ min}} = 107.75 \text{ m}^3/\text{hora}$$

Carga y Clasificación.

Luego de haber sido descargado el material se procede a realizar el clasificado, el cual se lo realiza mediante la cargadora frontal Jhon Deer 544G que posee una capacidad de 2.5 m³.

Para la clasificación del material se propone la implementación de una criba vibratoria con las siguientes características:

Tabla 23. Características de Criba Vibratoria 3YA-1245

Modelo	Pantalla Cubierta	Pantalla El tamaño	Alimentación máx. El tamaño	La capacidad	Vibra Frecuencia	La alimentación	El peso	Dimensión Global
		(Mm)	(Mm)	(T/h)	(Hz).	(Kw).	(T)	L x W x H(mm)
3YA-1245	3	1200×450	200	15-80	16.2	11	4.807	5600×1800×1850

Fuente: (Charles, s.f.)

Factores de rendimiento y eficiencia

Para el cálculo del factor de rendimiento de la criba vibratoria debemos tener en cuenta que el producto que resulta del cribado puede variar en su granulometría debido a que las barras de la misma son ajustables y son estas las que determinan el tamaño del producto.

Para el factor de eficiencia tendremos en cuenta la granulometría del material tanto del mayor a 10cm y del menor a 10cm.

De acuerdo con el análisis granulométrico el 11% corresponde a materiales con un diámetro mayor a 10cm y el 89% corresponde al material menor a 10 cm.

Volumen de total de material	Vol. Material > 10cm	Vol. Material < 10cm
2.25 m ³	0.25m ³	2 m ³
$Factor\ de\ rendimiento = 15 \frac{m^3}{hora} \times 11\% = 1.65 \frac{m^3}{hora}$ de material > 10 cm		
$Factor\ de\ rendimiento = 15 \frac{m^3}{hora} \times 89\% = 13.35 \frac{m^3}{hora}$ de material < 10 cm		



Figura 33. Criba Vibratoria modelo 3YA-1245
Fuente: (Charles, s.f.)

De la misma manera, para el cargado del material realizado por la cargadora frontal se recomienda aumentar el factor de llenado del cucharón, es decir, que aumente del 0.9 a 1.1 esto permitirá que dicha maquina logre realizar la clasificación del material de una manera más eficiente.

Capacidad real de la cargadora

$$E_{real} = E * F_{llenado}$$

$$E_{real} = 2.5 \text{ m}^3 * 1.1 = 2.75 \text{ m}^3$$

Calculo de rendimiento de la maquinaria

$$QT = 3600 * \left(\frac{E}{T_c}\right)$$

$$QT = 3600 \left(\frac{\text{seg}}{\text{hora}}\right) * \left(\frac{2.75 \text{ m}^3}{161 \text{ seg}}\right)$$

$$QT = 61.49 \frac{m^3}{hora}$$

Calculo de rendimiento experimental de la maquinaria

$$Rcf = \frac{60 * E * Cv * K}{T * F * V}$$

$$Rcf = \frac{60 * 0.8 * 2.75 * 0.9}{3.05 \text{ min} * 0.90} = 43.27 \frac{m^3}{hora}$$

- **Ritmo de producción:**

Luego de haber sido calculados los rendimientos de la maquinaria se procede a hacer el cálculo del ritmo de producción, que es el resultado de la cantidad de material extraído en un periodo de tiempo, el ritmo de producción se lo puede calcular por hora, por día, mes o por año.

$$RP = \frac{\text{Cantidad de Material Extraído}}{\text{Tiempo de trabajo}}$$

$$RP = \frac{574.72}{8 \text{ horas}} = 71.84 \frac{m^3}{hora}$$

- **Tiempo de vida útil.**

Para el cálculo de la vida útil se tiene en cuenta que este va a depender directamente de la cantidad de reservas explotables consideradas en el pit final.

$$T = \frac{R}{RP}$$

$$T = \frac{11657.53 \text{ m}^3}{71.84 \frac{m^3}{hora}} = 162.27 \text{ horas}$$

- ❖ **Costo por m³ de material extraído.**

Debido al aumento de la eficiencia de las maquinarias en el área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro no es necesario que se continúe laborando durante 12 días, debido a la propuesta de optimización se propone que se laboren 10 días en el área de libre aprovechamiento, esto nos permitirá que la maquinaria del municipio quede libre para que pueda intervenir en otros proyectos de administración directa del municipio de Zamora.

Tabla 24. Costos del Personal

Cantidad	Cargo	Días Laborables	Sueldo mensual (USD)	Sueldo Unitario (USD)	Total a pagar (USD)
1	Operador de Excavadora	10	675	225	225
1	Operador de Cargadora	10	708	236	236
2	Chofer de Transporte Pesado	10	584	194.66	389.33
1	Ayudante de Equipo Camionero	10	400	133.33	133.33
1	Mecánico	10	548	194.66	194.66
1	Ayudante de Mecánico	10	531	177	177
				Total	1355.32

Fuente: Autor (2022)

En lo que respecta a los costos de mantenimiento de la maquinaria se mantienen los valores ya que al exigir la maquinaria tendrán un consumo mayor de recursos, sin embargo, al disminuir los días laborables los costos de mantenimiento se mantendrían, teniendo en cuenta que el valor que aumenta es el consumo energético producto de la criba vibratoria la misma que consume 11 kW/hora, siendo la tarifa industrial de 0.0852 USD/Kwh se obtiene que la criba tiene un gasto energético de 0.937 USD/hora.

Tabla 25. Costos de mantenimiento de maquinaria

Descripción	Costo USD /10 días de trabajo
Diesel	1500
Lubricantes	700
Repuestos	700
Consumo Energético	9.37
Total	2909.37

Fuente: Autor (2022)

Finalmente, al realizar los cálculos se obtuvo que el área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro tiene una inversión mensual de 4264.69 dólares laborando 10 días al mes lo que permite la extracción de un total de 5747.2 m³ de material, por lo tanto el costo por m³ de material extraído se lo calcula de la siguiente forma

$$\begin{aligned} \$ m^3 &= \frac{\text{Inversión mensual}}{\text{Cantidad de material extraído mensualmente}} \\ \$ m^3 &= \frac{4264.68 \text{ USD}}{5747.2 \text{ m}^3} = 0.74 \frac{\text{USD}}{\text{m}^3} \end{aligned}$$

Luego de haber planteado la optimización del sistema de explotación es importante destacar que:

- El área de libre aprovechamiento no necesita de instalaciones como oficina, bodega, cocina, área de almacenajes y combustibles debido a que las actividades que realizan en estas instalaciones son ejecutados en los patios de maquinaria pertenecientes al municipio de Zamora
- Las actividades de mantenimiento de maquinaria, carga de combustibles, lavado de maquinaria se lo realiza en los patios de maquinaria del municipio de Zamora los mismos que se encuentran a 300 metros al Noreste del área de libre aprovechamiento.
- La extracción del material de los frentes de explotación se lo realizara en días de verano es decir en días que no presenten precipitaciones.

De la misma manera el área de libre aprovechamiento necesita la implementación de señalética de seguridad esto con el fin de mejorar la identificación de espacios, riesgos, peligros inminentes en el área por lo que se propone la instalación de señalética informativa y de seguridad a lo largo de toda el área de estudio basándonos en la norma ISO 7010



Figura 34. Señalética de Seguridad
Elaborado: EBERSING ISO 7010 **Modificado:** El Autor, (2022)

Como resultado de la optimización se obtiene un plano en donde se ubican las mejoras propuestas en el sistema de explotación.

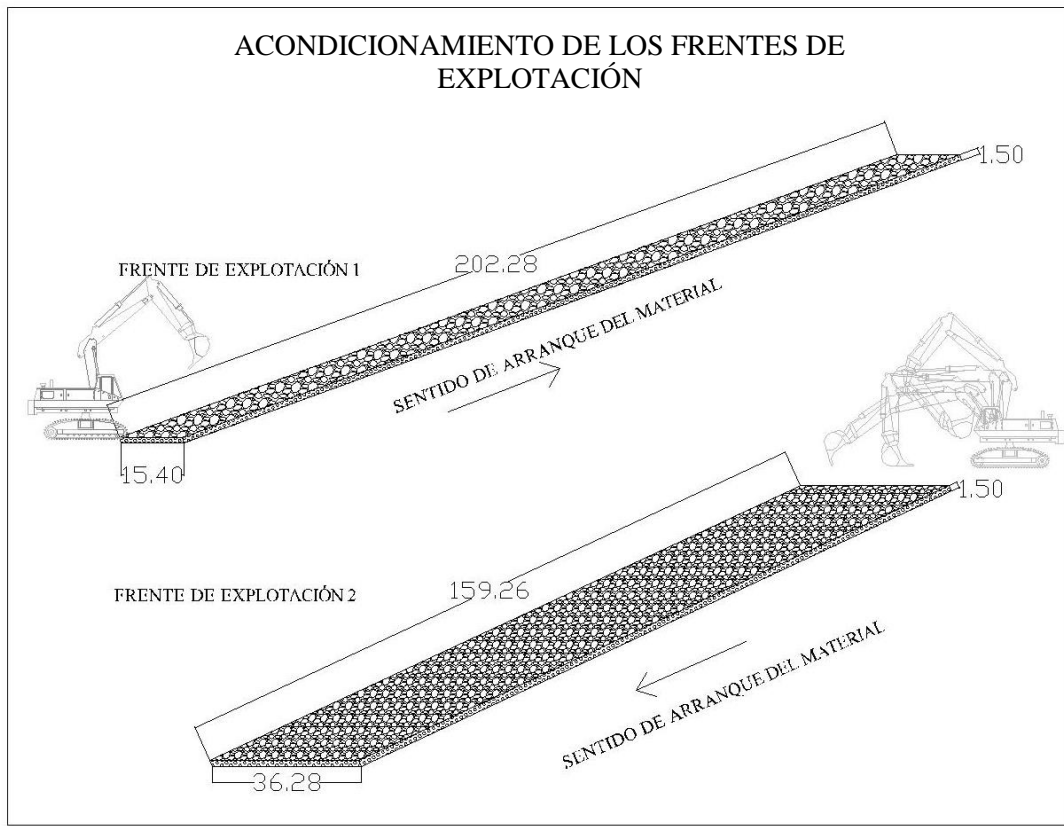


Figura 35. Acondicionamiento de frentes de explotación
Fuente: Autor, (2022)

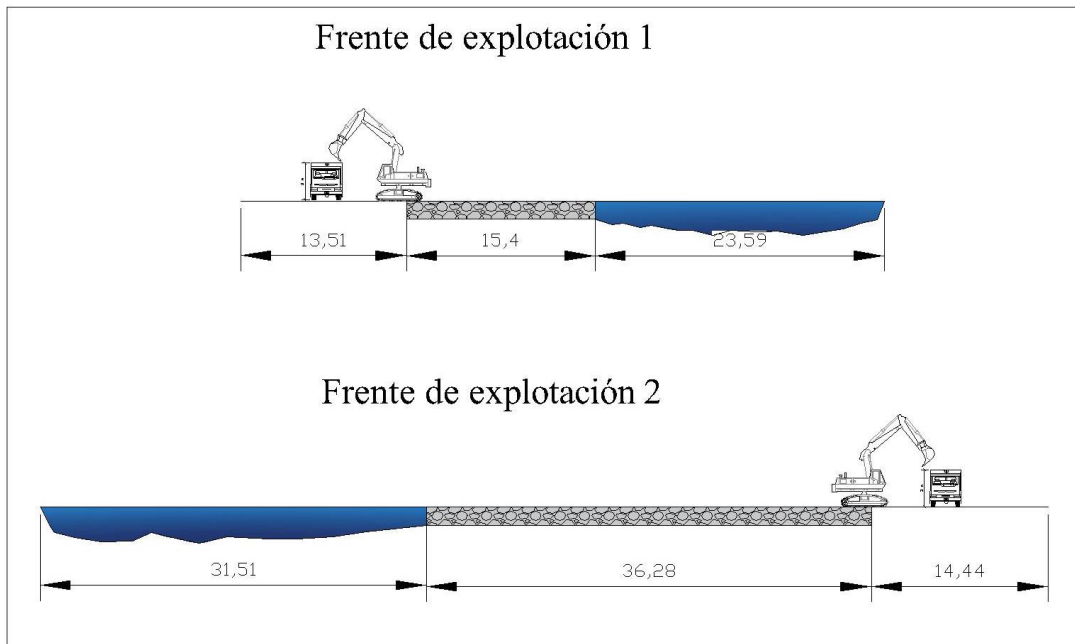


Figura 36. Diseño de Frentes de Explotación
Fuente: Autor, (2022)



Figura 37. Optimización de zona de stock
Fuente: Autor, (2022)

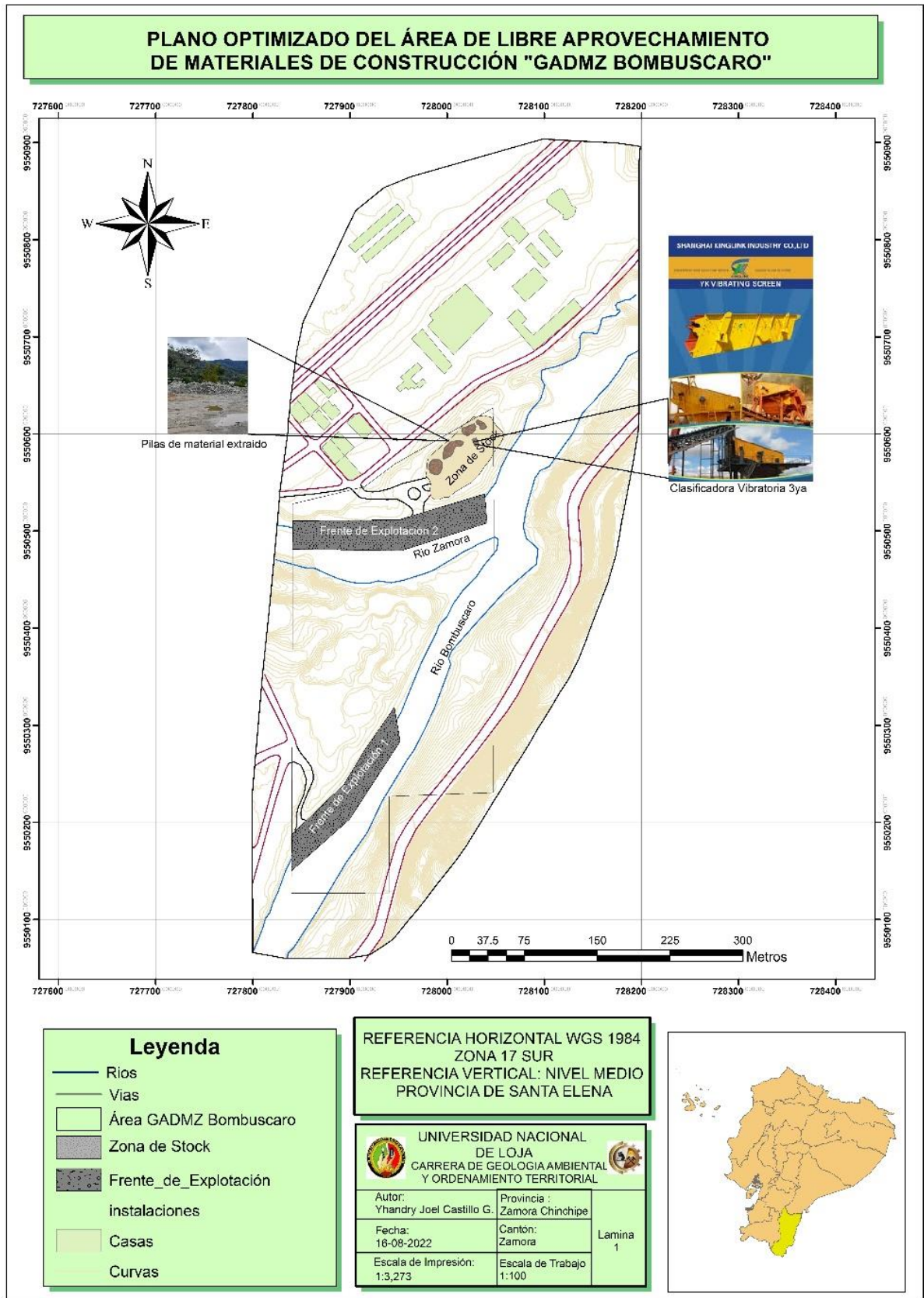


Figura 38. Plano Optimizado del Área de Libre Aprovechamiento GADMZ Bombuscaro
Fuente: Autor, (2022)

7. Discusión

Mediante el presente trabajo investigativo se determinó que el material presente en el área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe, corresponde a gravas de los depósitos coluviales, además de encontrar arenas y areniscas y finalmente andesita hornblendica correspondiente a la formación la saquea la misma que aflora en la parte sur-este de la zona de estudio, esta litología está relacionada con la geología regional del sector correspondiente a la carta geológica de Zamora a escala 1:100000.

Para el cubicación del materia Jorge Espinoza (2019) en su trabajo de titulación realiza dentro de sus objetivos la estimación volumétrica de un depósito aluvial ubicado en el sector La Cruz, en el que, dado a la estructura plana, superficial, y regular del depósito, aplica con éxito una relación volumétrica simple, entre la superficie obtenida por levantamiento topográfico, y la profundidad media calculada por apertura de calicatas. Este mismo método fue aplicado en el presente trabajo investigativo donde el volumen de material aprovechable fue calculado mediante calicatas en campo y en gabinete a partir de los cálculos correspondientes, donde se obtuvo un volumen de 6957.43 m³ que representa el 84% de las reservas totales, mientras que el 16% restante es cedido a la comunidad, a diferencia de áreas de libre aprovechamiento de áridos nuestras reservas son renovables debido a los procesos de recarga por las crecidas de los ríos y de la misma manera estas reservas son las adecuadas para un ritmo de producción intermitente.

Para tener un conocimiento detallado del sistema de explotación actual, se realizó la aplicación de una entrevista a técnicos responsables del área, y a su vez, esta información fue corroborada en campo en donde, se levantó información topográfica, geológica y de parámetros técnicos mineros los cuales luego del análisis e interpretación nos presentan que el sistema de explotación no es ordenado ni sistemático, iniciando desde los frentes de explotación en donde los bancos utilizados para captar el material y regenerar las reservas son explotados desordenadamente, de la misma manera en las actividades de extracción y carga no se aprovecha toda la capacidad de la maquinaria, así mismo, las vías que conectan el frente de explotación con la zona de stock dificultan la circulación de la maquinaria lo que se refleja en el bajo rendimiento productivo del área.

Para la elección del sistema de explotación Fernanda León (2017) en su trabajo de titulación propone un sistema de explotación mediante tajos paralelos esta propuesta esta

basada en la topografía, geología, geomorfología y batimetría del área de estudio. Bajo estas condiciones en el presente trabajo se propone utilizar un sistema de explotación similar con la diferencia de que en nuestra propuesta se hace un acondicionamiento de los frentes de explotación para tener un mayor control en la extracción. El sistema de explotación elegido para realizar la optimización es “Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora” por lo que queda demostrado que este sistema de explotación es adecuado para ser aplicado en la explotación de materiales de construcción (pétreos)

Iniciando la propuesta de optimización con los frentes de explotación actualmente se explota un solo frente de explotación debido a que en el segundo frente existe un conflicto social incitado por el mal arranque del material que ha generado socavones en el lecho del río, provocando impactos sociales, por lo que se propone modificar los frentes de explotación, las dimensiones propuestas para el primer frente es de 202.3 mts x 15.4 mts y en el segundo banco es de 169.3 x 36.3 la explotación de los bancos será longitudinalmente y se hará en una sola sección esto con el fin de no modificar el fondo del río, y tener un arranque del material más sistemático y organizado.

Si bien es cierto las áreas de libre aprovechamiento no disponen de material para la venta sin embargo el valor por m³ de material extraído nos permite verificar si la propuesta de optimización es viable o no para su aplicación, luego de levantar información sobre los procesos mineros actuales se obtuvo un ritmo de producción de $41.73 \frac{m^3}{hora}$ con un costo de operación de $1.198 \frac{USD}{m^3}$, con las propuestas de optimización se volvieron a realizar los cálculos teniendo un nuevo ritmo de producción de $71.84 \frac{m^3}{hora}$ el cual nos da un costo de operación de $0.74 \frac{USD}{m^3}$.

8. Conclusiones

- ❖ El área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe dispone de una superficie de 15 Ha, dentro de las mismas se dispone de dos frentes de explotación, de los cuales uno se explota actualmente, además de ello, cuenta con una zona de stock.
- ❖ Las principales carencias del sistema de explotación actual se centran en una explotación anti técnica, desordenada en el desarrollo de las operaciones mineras, y un desaprovechamiento de la capacidad de la maquinaria.
- ❖ La zona de estudio presenta una fisiografía con cotas que van desde los 845 msnm hasta los 947 msnm, lo que corresponde a una pendiente moderadamente inclinada.
- ❖ La geología del área de libre aprovechamiento está conformada por depósitos coluviales y aluviales además de arenas y areniscas, sin embargo, al SE afloran andesitas hornbléndicas.
- ❖ Actualmente solo se extrae material de un frente de explotación, debido a problemas sociales, en este frente el material predominante son los depósitos aluviales y coluviales, material que es depositado gracias al río Zamora y al río Bombuscaro.
- ❖ La cubicación de las reservas se lo realizó mediante el método de los perfiles, a través de las calicatas realizadas en campo, en donde se obtuvo unas reservas totales de 6957.43 m³ siendo estas reservas renovables además de ello, para la obtención de las reservas se utilizó una profundidad de 1.5 metros ya que esta es la profundidad máxima que se puede extraer material de un lecho de río de acuerdo a la normativa vigente.
- ❖ El sistema de explotación actual se lo realiza mediante bancos descendentes, sin embargo se plantea un sistema de explotación denominado “Extracción paralela con pala hidráulica o retroexcavadora” ya que es el más ideal para ser ejecutado en nuestra zona de estudio debido a que se acopla tanto a las condiciones topográficas, geológicas, y a las reservas disponibles actualmente así como al ritmo de producción que poseen las áreas de libre aprovechamiento.
- ❖ La optimización del sistema de explotación propuesta está orientada en aumentar la producción en el frente de trabajo así como de habilitar los otros dos frentes de explotación para lo cual se debe resolver los problemas sociales que presenta la concesión.

- ❖ Para lograr aumentar la producción de los frentes de trabajo se lo realizó aumentando la capacidad del cucharón, es decir, cambiándolo por uno de mayor capacidad, pasando de 1.8m^3 a 2.5m^3 teóricamente esto aumentará el ritmo de producción de la excavadora y disminuirá el precio de extracción, este cambio es posible ya que el cucharón actual tiene un peso de 1218 kg y el peso del cucharón cambiado es de 1684 kg el cual no excede la capacidad máxima de carga del brazo de la excavadora.
- ❖ Además de ello, en la propuesta de optimización se implementa una criba vibratoria para disminuir los tiempos en la etapa de clasificación así como aumentar las velocidades de trabajo de los volquetes y cargadora frontal, esto con el objetivo de aprovechar las capacidades de la maquinaria, aumentar el ritmo de producción y disminuir los costos de producción.
- ❖ Los costos de producción actuales son de $1.198 \frac{\text{USD}}{\text{m}^3}$, con las propuestas de optimización se volvieron a realizar los cálculos y se obtuvo un costo de operación de $0.74 \frac{\text{USD}}{\text{m}^3}$.
- ❖ Finalmente, como medidas auxiliares para el sistema de explotación, se propone un mejoramiento de la vía que conecta el frente de trabajo con la zona de stock, lonas para los volquetes y así evitar la caída del material, señaléticas y una mejor organización de la zona de stock que facilite la maniobrabilidad de la maquinaria.

9. Recomendaciones.

- ❖ Se recomienda socializar el sistema de explotación optimizado propuesto con la administración para implementar los cambios recomendados y mejorar la producción del área de libre aprovechamiento.
- ❖ Es importante capacitar al personal inmerso en las actividades del área de libre aprovechamiento, con el fin de que adquieran el conocimiento del nuevo sistema de explotación para lograr un mejor desarrollo de las actividades.
- ❖ Se recomienda dotar a todo el personal del área con equipos de protección personal para evitar los riesgos laborales y otros tipos de riesgo ligados a la actividad.
- ❖ Es recomendable mantener un seguimiento de las operaciones realizadas en el área de libre aprovechamiento para verificar una mejoría en todo el sistema de explotación y para que no exista un retroceso en dicho sistema.
- ❖ Es recomendable implementar toda la señalética necesaria para evitar el ingreso de personal no autorizado a las instalaciones y de esta manera evitar cualquier tipo de accidente.
- ❖ Es importante mejorar los frentes de explotación como se proponen en el nuevo sistema de explotación para aumentar las reservas y mejorar la producción.
- ❖ Finalmente, es importante implementar un estudio de impacto ambiental en la concesión para evitar un deterioro de flora y fauna de zonas de influencia directa.

10. Bibliografía

- Agudelo, G., & Aigner, M. (2008). DISEÑOS DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL Y NO-EXPERIMENTAL. *Universidad de Antioquia.*, 1, 39-40. <https://doi.org/123-8973>
- ALONSO, T. B. (2019). *ESTIMACION DE RECURSOS Y RESERVAS CON EL USO DE SOFTWARE MINERO PARA LA EXPLOTACION DEL PROYECTO MINERO "DON JAVIER"*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- Balada, F. (15 de Febrero de 2021). *www.unprofesor.com*. <https://www.unprofesor.com/ciencias-naturales/el-ciclo-de-las-rocas-resumen-4656.html>
- Calvo Pérez, B. (2017). *Diseño y explotación de graveras y canteras*. Universidad Politecnica de Madrid.
- Campillos, M. (24 de Septiembre de 2017). *www.comunidadism.es*. <https://www.comunidadism.es/que-es-una-batimetria-y-cuales-son-sus-aplicaciones/>
- Charles. (s.f.). *es.made-in-china.com/*. https://es.made-in-china.com/co_kinglinkcrusher/product_Zaranda-Vibratoria-Criba-PARA-Mineria-Cantera-Y-Separacion-De-Agregados_enisnhny.html
- CODELCO. (2016). *Metodología de clasificación de Recursos y Reservas*. Gerencia de Recursos Mineros CODELCO.
- Código Orgánico del Ambiente. (12 de abril de 2017). *Registro Oficial Suplemento 983*. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf
- Constitución de la República del Ecuador. (20 de Octubre de 2008). *Decreto Legislativo 0*. Registro Oficial 449 de 20-oct.-2008: https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico-Minero-Metalúrgica CODIGEM. (1996). *Hoja Geológica de Zamora*. edepot.wur.nl: <https://edepot.wur.nl/486771>

- DEICA. (2015). *www.toldosmiguel.com*. <https://www.toldosmiguel.com/camion-volquetes-p-109.htm>
- Doosan. (2022). <http://www.interempresas.net>.
<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiiuISiw-f5AhU2RDABHXEIAaMQFnoECCcQAQ&url=https%3A%2F%2Fcis.doosanequipment.com%2Fdoosan-infra-ce%2Ffile%2Fdown%2Fb3cb01b7-8442-4189-8cff-9558e1371b0d&usg=AOvVaw1ROzTR>
- GAD Zamora. (2016). *INFORME SEMESTRAL DE PRODUCCIÓN DEL ÁREA AUTORIZADA PARA EL LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN PARA OBRAS PÚBLICAS DENOMINADA “EL TABLÓN GMZ.”, CODIGO 592157. Informe Semestral de Producción “EL TABLÓN GMZ.”*. Zamora: GAD Zamora.
- GAD Zamora. (2021). *PDOT Zamora*. www.zamora.gob.ec:
<https://www.zamora.gob.ec/plan-de-ordenamiento-territorial-2019-2023/>
- García Alcántara , D. A. (2014). *Topografía y sus aplicaciones*. Compañía Editorial Continental. <https://doi.org/978-607-438-943-2>
- Geoxnet. (27 de Agosto de 2016). *post.geoxnet.com*. <https://post.geoxnet.com/codigo-jorc-recursos-y-reservas-minerales/>
- GlobalMediterranea. (29 de Junio de 2018). *LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS MEDIANTE DRON*. www.globalmediterranea.es:
<https://www.globalmediterranea.es/levantamientos-topograficos-mediante-dron/>
- Gobierno Autonomo Descentralizado del Cantón Zamora. (28 de agosto de 2015). *Vlex Ecuador*. <https://vlex.ec/vid/canton-zamora-regular-autorizar-645824833>
- Google Map. (s.f.). *Direcciones de Google Maps para conducir desde Quito, a Zamora, Ecuador*. Retrieved 28 de Junio de 2022, from [106](https://www.google.com/maps/dir/Quito/Loja/-4.0635191,-78.94736/@-4.0656169,-78.9482623,2893m/data=!3m1!1e3!4m15!4m14!1m5!1m1!1s0x91d59a4002427c9f:0x44b991e158ef5572!2m2!1d-78.4678382!2d-</p>
</div>
<div data-bbox=)

0.1806532!1m5!1m1!1s0x91cb480661b91d2d:0x8e12137cdc1eee09!2m2!1d-79.

Gutiérrez de Lopez, L. (2003). *El concreto y otros materiales para la construcción*. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. <https://doi.org/958-9322-82-4>

Herrera Herbert, J. (2006). *Metodos de minería a cielo abierto*. Universidad Politecnica de Madrid departamento de Explotación de Recursos Minerales y Obras Subterranas. <https://doi.org/10.20868>

Herrman, C., & Zappettini, E. O. (2014). *Recursos, Minerales, Minería y Medio Ambiente* (4ta ed.). Instituto de Geología y Recursos Minerales, SEGEMAR. <https://doi.org/0328-2325>

INEGI Mexico. (s.f.). *Modelos de elevación digital*. www.inegi.org.mx: <https://www.inegi.org.mx/contenidos/temas/mapas/relieve/continental/metadatos/mde.pdf>

Infaimon. (29 de Enero de 2018). *Optimización de Recursos*. blog.infaimon.com: <https://blog.infaimon.com/optimizacion-de-recursos/>

Ingeoexpert. (19 de Febrero de 2018). *ingeoexpert.com*. Yacimientos minerales : <https://ingeoexpert.com/2018/02/19/yacimientos-minerales/>

Instituto Geologico Militar. (07 de 2013). *Manual-Especificaciones-Técnicas-Escalas-Pequeñas*. <https://www.geoportaligm.gob.ec>: <https://www.geoportaligm.gob.ec/portal/wp-content/uploads/2013/07/Manual-Especificaciones-Técnicas-Escalas-Pequeñas.pdf>

Javier Murilo. (s.f.). *Métodos de Investigación de Enfoque Experimental*. Unidad Nacional de Educación Walter Peñaloza Ramella.

KERLINGER. (1979). *Enfoque conceptual de la investigación del comportamiento*. Nueva Editorial Interamericana. <https://doi.org/>Actualmente se publica por McGraw—Hill Interamericana

Latitud-19. (27 de Noviembre de 2019). *Empresas de Supervisión en Obras*. Tipos de Levantamientos Topograficos: <https://latitud-19.com/blog/tipos-de-levantamientos-topograficos/>

- Ley de Minería. (2018). *Ley de Minería*. Quito: Ley 45, Registro Oficial Suplemento 517 de 29-ene.-2009.
- LoganX. (10 de Julio de 2019). *gruasyaparejos.com*.
<https://www.gruasyaparejos.com/topografia/levantamiento-batimetrico/>
- Lopez Aburto, V. M. (2003). *Fundamentos para la explotación de minas*. México, UNAM, Facultad de Ingeniería.
- López Jimeno, C. (1998). *Manual de Prospección , Explotación y Aplicaciones*. LOEMCO. https://doi.org/8496140067_9788496140066
- Luaces, C. (22 de 01 de 2010). *Los Áridos*. www.interempresas.net:
<https://www.interempresas.net/Construccion/Articulos/37082-Los-aridos.html>
- Luis González de Vallejo. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid: Pearson Educación.
- Manga Castilla, J. M. (2013). *Etapas de la minería a cielo abierto*. Corporación Bolivariana del Norte.
- Mexicano, S. G. (22 de Marzo de 2017). www.sgm.gob.mx.
<https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Rocas/El-ciclo-de-las-rocas.html>
- Meza Linares , D. E. (2017). *Metodología para el cálculo de reservas en minas a cielo abierto utilizando drones*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ministerio de Energia y Recursos Naturales No Renovables. (15 de enero de 2021). *Registro Oficial - Órgano de la República del Ecuador*.
<https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/registro-oficial/item/14217-registro-oficial-no-371>
- Ministerio de Obras Publicas y Comunicaciones. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Republica del Ecuador.
- Monreal Saavedra, R. (s.f.). *Universidad de Sonora*.
<http://marina.geologia.uson.mx/academicos/monreal/CursoEstratigrafiaEnLinea/Conocimientos%205.1AmbSed.pdf>
- Municipio de Loja. (Febrero de 2015). www.loja.gob.ec/. ORDENANZA MUNICIPAL PARA REGULAR, AUTORIZAR Y CONTROLAR LA EXPLOTACIÓN Y TRANSPORTE DE MATERIALES ÁRIDOS Y PÉTREOS EN EL CANTÓN

- LOJA: https://www.loja.gob.ec/files/documentos/2015-02/ord_regula_mat_petreos_y_aridos_reg_oficial.pdf
- Ofiteat. (21 de Septiembre de 2017). *Ofiteat.com*. <https://ofiteat.com/blog/noticias/equipo-de-topografia-la-herramienta-mas-usada/>
- Pymet. (2018). <https://www.pymet.es>. <https://www.pymet.es/levantamiento-topografico/>
- Reglamento Ambiental de Actividades Mineras. (27 de Marzo de 2014). *Acuerdo Ministerial 37*. Registro Oficial Suplemento 213 de 27-mar.-2014: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Reglamento-Ambiental-Actividades-Mineras-MAE.pdf>
- Rodriguez, R. (12 de Noviembre de 2010). *Ambientes Sedimentarios*. geologiavenezolana.blogspot.com: <https://geologiavenezolana.blogspot.com/2010/11/ambientes-sedimentarios.html>
- Sánchez Gálan, J. (02 de Marzo de 2021). *Tipos de Minería*. economipedia.com: <https://economipedia.com/definiciones/tipos-de-mineria.html>
- Santamaría Peña , J., & Sanz Méndez, T. (2005). *Manual de Prácticas de Topografía y Cartografía*. Universidad de La Rioja. Servicio de Publicaciones. <https://doi.org/84-689-4103-4>
- Servicio Geologico Mexicano. (22 de Marzo de 2017). *Explotación Minera*. www.sgm.gob.mx: https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Explotacion-minera.html
- Servicio Geológico Mexicano. (22 de Marzo de 2017). *sgm.gob.mx*. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/Aplicaciones_geologicas/Yacimientos-minerales.html
- sisinternational. (10 de Abril de 2021). www.sisinternational.com. La investigación cuantitativa: <https://www.sisinternational.com/investigacion-cuantitativa/>
- Tarback , E. J., & Lutgens, F. K. (2005). *Ciencias de la Tierra*. PEARSON EDUCACIÓN S. A. <https://doi.org/84-205-4998-3>

Taylor, S., & Bogdan, R. (1987). *Introducción a los métodos cualitativos de investigación*. Buenos Aires: Paidós SAICF.

Torres Nieto, A., & Villate Bonilla, E. (2001). *Topografía*. Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería. <https://doi.org/978-958-8060-12-5>

Valera, R. (2014). *Manual de Geología*. Universidad Nacional de La Plata - CONICET.

11. Anexos

Anexo 1. Monografía del punto IGM



I N S T I T U T O
Geográfico Militar



Ficha de Estación Permanente - REGME

junio-2020

Situación:

Código.....: LJEC	Cantón: Loja
Nombre.....: Loja	Provincia: Loja
Código IERS: 42010M001	
Instalación...: 13-ene-2009	

Localización.: Edificio de CITES en la Universidad Técnica Particular de Loja UTPL.

Construcción: Estructura mixta de acero y concreto de 2.00 m de alto. Sobre esta se ubica el centrado forzozo (CF-IGM-v1) en el cual se encuentra la antena.

Coordenadas ITRF2008:

Latitud.....: 3° 59' 17.7352" S	X.....: 1192829.004 m.
Longitud.....: 79° 11' 54.7355" W	Y.....: -6252161.660 m.
Altitud elipsoidal: 2143.510 m.	Z.....: -440799.114 m.
Este UTM.....: 700008.309 m.	Altitud sobre el nivel medio del mar:
Norte UTM.....: 9558951.575 m.	Época de referencia: 2016.4
Zona.....: 17 Sur	

Instrumentación:

Receptor: TRIMBLE NET R9
Antena: TRM59800.00 SCIS **Altura:** 0.0100 m. (BPA)

Esquema antena

Información adicional:

Esta estación permanente, además de a la red REGME, pertenece a la siguiente red:
- Red SIRGAS Sistema de Referencia Geocéntrico para Las Américas:
<http://www.sirgas.org/es/>

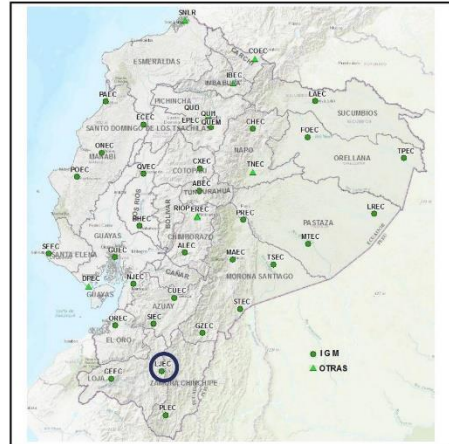
Datos diarios crudos a 1 segundo y rinex a 30 segundos:
<http://www.geoportaligm.gov.ec/geodesia/>

Emite correcciones diferenciales a través del Caster:
Principal: <http://regme-ip.igm.gov.ec:2101>
Backup: <http://regme-ip.espoch.ec:2101>

E-mail de contacto IGM: proceso.geodesia@geograficomilitar.gov.ec

Coordenadas oficiales hasta el 15 de abril 2016:
ITRF94 - SIRGAS95

Latitud.....:	3° 59' 17.7411" S
Longitud.....:	79° 11' 54.7346" W
Altitud elipsoidal.....:	2143.532 m.
Época de referencia.....:	1995.4



Observaciones:

Más información de esta estación permanente:
<ftp://ftp.sirgas.org/pub/gps/DGF/station/log>

Sensor meteorológico MET4 que proporciona datos: (PR, TD, HR) con un intervalo de 5 minutos
<http://www.geoportaligm.gov.ec/geodesia/>

ma


Anexo 2. Ficha de levantamiento de información por calicatas

REGISTRO DE CALICATAS:						
REGISTRO N°:	000-1			RESPONSABLE:		
CÓDIGO:				FECHA:		
PROYECTO:				HORA:		
EXCAVACION:	MANUAL:					
	MECANIZADA:					
	TIPO DE MAQUINA:					
	PROFUNDIDAD:					
FOTO #		FOTOGRAFÍAS:				
De: (m)	A: (m)	PERFIL:	MATERIAL	COMPACIDAD/ CONSISTENCIA	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD DE LAS PAREDES
TIPO DE MUESTRA:						
PROFUNDIDAD:						
NIVEL FREÁTICO:						
MURO EXCAVABLE:						

Anexo 3. Ficha de descripción de afloramientos

FICHA DE AFLORAMIENTOS					
Proyecto: Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe					
LOCALIZACIÓN			COORDENADAS		
Provincia	Zamora Chinchipe	Datum	WGS 84	Zona	17 S
Canton	Zamora	X		Y	
Sector	Bombuscaro	Z			
GENERALIDADES					
Responsable	Yhandry Castillo	N° Afloramiento			
CARACTERÍSTICAS					
DIMENSIONES (axh):	Alto		Ancho		
DATOS ESTRUCTURALES:	Rumbo/Buzamiento		Masivo		
Tipo de Afloramiento		Origen			
Grado de meteorización		Cobertura Vegetal			
Humedad		N° Fotografía			
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA:					
REGISTRO FOTOGRÁFICO				OBSERVACIONES	

Anexo 4. Entrevista al personal encargado de las áreas del libre aprovechamiento del cantón Zamora

	<p style="text-align: center;">Universidad Nacional de Loja Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial</p>				
Optimización Del Sistema De Explotación Para El Área De Libre Aprovechamiento De Materiales De Construcción GADMZ BOMBUSCARO, CÓDIGO 50001081, Cantón Zamora, Provincia De Zamora Chinchipe					
INFORMACIÓN GENERAL:					
Responsable del área: _____					
Nombre del Entrevistado: _____					
Cargo: _____					
DESCRIPCIÓN DE LABORES MINERAS DE EXPLOTACIÓN:					
¿Cuál es el sistema de explotación actual con el que cuenta el área?					

¿Cómo se desarrollan las actividades mineras de explotación en el área?					

¿Qué actividades se desarrollan durante el ciclo de trabajo?					
Preparación	<input type="checkbox"/>	Arranque	<input type="checkbox"/>	Carga	<input type="checkbox"/>
Transporte	<input type="checkbox"/>	Tratamiento	<input type="checkbox"/>	Acopio	<input type="checkbox"/>
Distribución	<input type="checkbox"/>	Otra	<input type="checkbox"/>		
¿Con qué tipo de maquinaria se realiza el arranque y transporte del material en el área de explotación?					

¿Qué método se usa para transportar el material a la zona de acopio?					
_____ <i>Método cíclico:</i> consiste en llenar el cucharón, cargue y despacho del vehículo.					
_____ <i>Método continuo:</i> utiliza la rueda de cangilones que alimenta bandas transportadoras					
¿Qué sistema de almacenamiento se utiliza para el acopio del material?					
_____ Almacenamiento en pila					
_____ Almacenamiento en silos					
_____ No se almacena el material					

¿Existe algún tratamiento del material (clasificación, trituración), antes de sea dispuesto en la zona de acopio? ¿Cuál?

¿Con que frecuencia se extrae material del área de libre aprovechamiento? ¿Por qué?

¿Cuál es el ritmo de producción que dispone el área de libre aprovechamiento? ¿Cree necesario que se debe aumentar el ritmo de producción?

¿Qué uso se le da al material luego de ser explotado?

¿Según su criterio cuál de las actividades desarrolladas en el área de libre aprovechamiento tiene un bajo índice de rendimiento?

¿Conforme a su conocimiento el costo-beneficio que conlleva la explotación del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro es el idóneo? ¿Cree necesario optimizar los procesos que se llevan a cabo en el área? ¿Por qué?

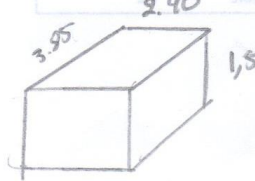

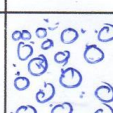
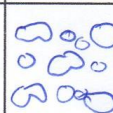

Entrevistado

Responsable

Anexo 5. Ficha de actividades realizadas en el área de libre aprovechamiento:

FICHA DE TRABAJO					
DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES, MAQUINARIA Y ACTIVIDADES					
PERSONAL	CARGO	# TRABAJADORES			
TURNOS DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN	HORARIO			
INSTALACIONES	DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA		
MAQUINARIA Y EQUIPOS	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MODELO	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
CICLO DE TRABAJO	ACTIVIDAD	EQUIPOS REQUERIDOS	DESCRIPCIÓN	TIEMPO	

Anexo 6. Ficha de Calicata #3

REGISTRO DE CALICATAS:						
REGISTRO N°:	0003			RESPONSABLE:	Yhendry Costillo	
CÓDIGO:	003			FECHA:	11-10-2012	
PROYECTO:	Optimización Sistema Explotación A.2. GADT2. Bombuseo			HORA:	11:55	
EXCAVACION:	MANUAL:					
	MECANIZADA:	1				
	TIPO DE MAQUINA:	Retractoradora Volvo BL60				
	PROFUNDIDAD:	1.50				
FOTO #	FOTOGRAFÍAS:					
<p>AL = Area de Libre aprovechamiento</p>  <p>Coordenada $X = 727972$ $Y = 9550513$ $Z = 895$</p>						
De: (m)	A: (m)	PERFIL:	MATERIAL	COMPACIDAD/ CONSISTENCIA	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD DE LAS PAREDES
0.18	0.18		Gravas y arenas diámetro < 0.1 m	S	M	
0.18	0.90		arenas y gravas de diámetro entre 0.1 - 0.3	S	M	
0.9	1.5		gravas diámetros entre 0.3 - 0.6	S	D	
1.5	-		nivel freático			
TIPO DE MUESTRA:						
PROFUNDIDAD: 1.5						
NIVEL FREÁTICO: si						
MURO EXCAVABLE: si						


Anexo 7. Ficha de Calicata #2

REGISTRO DE CALICATAS:						
REGISTRO N°:	0002			RESPONSABLE:	Yhendy Castillo	
CÓDIGO:	002			FECHA:	11-10-2022	
PROYECTO:	Optimización del Sistema de Explotación de CAOLIN Barbacoa			HORA:	10:47	
EXCAVACION:	MANUAL:	<input checked="" type="checkbox"/>				
	MECANIZADA:	<input type="checkbox"/>				
	TIPO DE MAQUINA:	Retroexcavadora Volvo B260				
PROFUNDIDAD:	1 mt					
FOTO #	FOTOGRAFÍAS:					
<p>Coordenadas</p> <p>$x = 727990$</p> <p>$y = 9580493$</p> <p>$z = 894$</p>						
De: (m)	A: (m)	PERFIL:	MATERIAL	COMPACIDAD/ CONSISTENCIA	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD DE LAS PAREDES
0	0,35		Gravas y arenas	5	1	
0,35	0,67		Gravas diámetros mayores a 0,5m	5	1	
0,67	0,93		Gravas de diámetro mayores	5	1	
	1,0		Nivel Freático			
TIPO DE MUESTRA:						
PROFUNDIDAD: 1 mt						
NIVEL FREÁTICO: 1 mt						
MURO EXCAVABLE:						


Anexo 8. Ficha de Calicata #2

REGISTRO DE CALICATAS:						
REGISTRO N°:	001				RESPONSABLE:	Manoel Castillo
CÓDIGO:	001				FECHA:	13/08/2022
PROYECTO:	Optimización del Sistema de Explotación del Area de Libre Aprovechamiento GadMZ Bombuscaro			HORA:	10:47	
EXCAVACION:	MANUAL:	<input checked="" type="checkbox"/>				
	MECANIZADA:	<input type="checkbox"/>				
	TIPO DE MAQUINA:	Rota				
	PROFUNDIDAD:	1.20	Ancho: 70 x 70			
FOTO #				FOTOGRAFIAS:		
<p>X = 7279.79 Y = 95505.43 Z = 904.4</p>						
De: (m)	A: (m)	PERFIL:	MATERIAL	COMPACIDAD/ CONSISTENCIA	EXCAVABILIDAD	ESTABILIDAD DE LAS PAREDES
0	0,10		Capa Vegetal	M	F	
0,10	0,21		Arenas	M	M	
0,21	0,34		Granodiorita Metearizada	M	D	
0,34	0,69		Arenas	F	D	Alborn a 100cm W: 4
0,69	1,20		Arenas y Cantos Rodados	F	D	
TIPO DE MUESTRA:						
PROFUNDIDAD:						
NIVEL FREÁTICO:		No				
MURO EXCAVABLE:						


Anexo 9. Ficha de calicata 1

FICHA DE AFLORAMIENTOS					
Proyecto: Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe					
LOCALIZACIÓN		COORDENADAS			
Provincia	Zamora Chinchipe	Datum	WGS 84	Zona	17 S
Canton	Zamora	X	727869	Y	9550227
Sector	Bombuscaro	Z	886.4		
GENERALIDADES					
Responsable	Yhandry Castillo	N° Afloramiento	1		
CARACTERÍSTICAS					
DIMENSIONES (axh):	Alto	2 m	Ancho	190 m	
DATOS ESTRUCTURALES:	Rumbo/Buzamiento	S/N	Masivo	afloramiento masivo	
Tipo de Afloramiento	Natural	Origen		Socavamiento del río	
Grado de meteorización	Moderado	Cobertura Vegetal		Herbacea arbustiva	
Humedad	Ligeramente húmedo	N° Fotografía		1	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA:					
<p>El afloramiento 1 presenta una altura de 2.30 metros con un ancho de 190 metros está conformado por diferentes tipos de materiales como son, arenas limosas con clastos que van desde 7 cm hasta los 15 cm y arenas limosas con clastos de tamaño que van desde los 15 cm hasta los 32 cm, lo que podemos definir como un conglomerado, este afloramiento presenta una meteorización alta debido a que se encuentre en el lecho del río, de la misma manera el afloramiento tiene una vegetación de tipo matorral.</p>					
REGISTRO FOTOGRÁFICO				OBSERVACIONES	
				<p>El afloramiento es producto del arrastre de material por parte de la corriente del río.</p>	


Anexo 10. Ficha de calicata 2

FICHA DE AFLORAMIENTOS					
Proyecto: Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe					
LOCALIZACIÓN			COORDENADAS		
Provincia	Zamora Chinchipe	Datum	WGS 84	Zona	17 S
Canton	Zamora	X	728013	Y	9550243
Sector	Bombuscaro	Z	893		
GENERALIDADES					
Responsable	Yhandry Castillo	N° Afloramiento	2		
CARACTERÍSTICAS					
DIMENSIONES (axh):	Alto	21 m	Ancho	256.5m	
DATOS ESTRUCTURALES:	Rumbo/Buzamiento	S/N	Masivo	Litología ignea	
Tipo de Afloramiento	Antropico	Origen		Apertura de vía	
Grado de meteorización	Alto	Cobertura Vegetal		Arbustiva	
Humedad	No	N° Fotografía		2	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA:					
<p>El afloramiento 2 es de tipo antrópico, posee una altura de 21 metros y un ancho de 256,5 metros presenta una meteorización alta con un tipo de cobertura vegetal arbustiva, el material es tipo ígneo específicamente se determinó que es una andesita basáltica y intruida por una brecha volcánica y volcanso sedimentaria pertenecientes a la unidad La Saquea.</p>					
REGISTRO FOTOGRÁFICO				OBSERVACIONES	
				<p>El afloramiento es producto de la apertura de la vía además de ello el material es de tipo ígneo por lo que no presenta datos estructurales.</p>	


Anexo 11. Ficha de calicata 3

FICHA DE AFLORAMIENTOS					
Proyecto: Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe					
LOCALIZACIÓN			COORDENADAS		
Provincia	Zamora Chinchipe	Datum	WGS 84	Zona	17 S
Canton	Zamora	X	727880	Y	9550005
Sector	Bombuscaro	Z	911		
GENERALIDADES					
Responsable	Yhandry Castillo	N° Afloramiento	3		
CARACTERÍSTICAS					
DIMENSIONES (axh):	Alto	16 m	Ancho	43 m	
DATOS ESTRUCTURALES:	Rumbo/Buzamiento	S/N	Masivo	Litología ignea	
Tipo de Afloramiento	Antrópico	Origen		Apertura de vía	
Grado de meteorización	Moderado	Cobertura Vegetal		Arbustiva	
Humedad	No	N° Fotografía		3	
DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA:					
<p>el afloramiento 3 es de tipo antrópico producto de la abertura de una vía de segundo orden, el afloramiento tiene una altura de 16 metros y un ancho de 43 metros mismos que están conformados por una brecha volcánica y volcano sedimentaria con intercalaciones de andesita basáltica, el afloramiento presenta una meteorización baja.</p>					
REGISTRO FOTOGRÁFICO			OBSERVACIONES		
			<p>El afloramiento es producto de la apertura de la vía además de ello el material es de tipo igneo por lo que no presenta datos estructurales.</p>		

Anexo 12. Entrevista realizada al Jefe de Transporte GAD Zamora



Universidad Nacional de Loja
Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables
Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial



Optimización Del Sistema De Explotación Para El Área De Libre Aprovechamiento De Materiales De Construcción GADMZ BOMBUSCARO, CÓDIGO 50001081, Cantón Zamora, Provincia De Zamora Chinchipe

INFORMACIÓN GENERAL:

Responsable del área: _____
 Nombre del Entrevistado: Dario Weintmilla
 Cargo: Jefe de Transportes

DESCRIPCIÓN DE LABORES MINERAS DE EXPLOTACIÓN:

¿Cuál es el sistema de explotación actual con el que cuenta el área?
Sistema Expi. Aluvial

¿Cómo se desarrollan las actividades mineras de explotación en el área?
Se determinan el banco a explotar y su respectiva sección posterior a ello el operador de la excavadora extrae material hasta una profundidad de 2m y lo carga directo al volquete

¿Qué actividades se desarrollan durante el ciclo de trabajo?

Preparación	<input type="checkbox"/>	Arranque	<input checked="" type="checkbox"/>	Carga	<input checked="" type="checkbox"/>
Transporte	<input checked="" type="checkbox"/>	Tratamiento	<input type="checkbox"/>	Acopio	<input checked="" type="checkbox"/>
Distribución	<input type="checkbox"/>	Otra	<input type="checkbox"/>		

¿Con qué tipo de maquinaria se realiza el arranque y transporte del material en el área de explotación?

Excavadoras Cat 320 Cat 323 Cat 324 (mayor uso) → cucharón de 2m³
Leagor Excavadora → Capacid. Cucharón 1m³
Volquete 12m³

¿Qué método se usa para transportar el material a la zona de acopio?

Método cíclico: consiste en llenar el cucharón, cargue y despacho del vehículo.
 Método continuo: utiliza la rueda de cangilones que alimenta bandas transportadoras

¿Qué sistema de almacenamiento se utiliza para el acopio del material?

Almacenamiento en pila
 Almacenamiento en silos
 No se almacena el material

¿Existe algún tratamiento del material (clasificación, trituración), antes de sea dispuesto en la zona de acopio? ¿Cuál?

El material pasa por un tamiz para obtener dos diferentes tamaños de los pedregos

¿Con que frecuencia se extrae material del área de libre aprovechamiento? ¿Por qué?

Sencillamente o cada que el municipio lo solicite

¿Cuál es el ritmo de producción que dispone el área de libre aprovechamiento? ¿Cree necesario que se debe aumentar el ritmo de producción?

Si es necesario aumentar el ritmo de producción y se lo logran mejorando el sistema de explotación

¿Qué uso se le da al material luego de ser explotado?

Otros Cuiles y mejoramiento vial de obras de administraciones directa del municipio

¿Según su criterio cuál de las actividades desarrolladas en el área de libre aprovechamiento tiene un bajo índice de rendimiento?

Clasificación del material



¿Conforme a su conocimiento el costo-beneficio que conlleva la explotación del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro es el idóneo? ¿Cree necesario optimizar los procesos que se llevan a cabo en el área? ¿Por qué?

Es necesario optimizar para mejorar o aumentar la cantidad de material extraído en cada jornada de trabajo además de disponer de un material mejor clasificado

Entrevistado

Responsable

Anexo 13. Entrevista realizada a la Directora de Gestión Ambiental GAD Zamora

 <p>Universidad Nacional de Loja Facultad de Energía, Industrias y Recursos Naturales No Renovables Carrera de Ingeniería en Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial</p>																			
<p>Optimización Del Sistema De Explotación Para El Área De Libre Aprovechamiento De Materiales De Construcción GADMZ BOMBUSCARO, CÓDIGO 50001081, Cantón Zamora, Provincia De Zamora Chinchipe</p>																			
<p>INFORMACIÓN GENERAL:</p> <p>Responsable del área: _____ Nombre del Entrevistado: <u>Marixa Cobos Romero</u> Cargo: <u>Directora de Gestión Ambiental del GADME.</u></p>																			
<p>DESCRIPCIÓN DE LABORES MINERAS DE EXPLOTACIÓN:</p> <p>¿Cuál es el sistema de explotación actual con el que cuenta el área? <u>Sistema aluvial.</u></p>																			
<p>¿Cómo se desarrollan las actividades mineras de explotación en el área? <u>Se determino el banco a explotar, se profundizo hasta 2m, se extrae el material y se carga directo del frente de explotación.</u></p>																			
<p>¿Qué actividades se desarrollan durante el ciclo de trabajo?</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 25%;">Preparación</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td style="width: 25%;">Arranque</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 20%;">Carga</td> <td style="width: 10%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Transporte</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td>Tratamiento</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Acopio</td> <td style="text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>Distribución</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td>Otra</td> <td style="text-align: center;"><input type="checkbox"/></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>		Preparación	<input type="checkbox"/>	Arranque	<input checked="" type="checkbox"/>	Carga	<input checked="" type="checkbox"/>	Transporte	<input checked="" type="checkbox"/>	Tratamiento	<input type="checkbox"/>	Acopio	<input checked="" type="checkbox"/>	Distribución	<input type="checkbox"/>	Otra	<input type="checkbox"/>		
Preparación	<input type="checkbox"/>	Arranque	<input checked="" type="checkbox"/>	Carga	<input checked="" type="checkbox"/>														
Transporte	<input checked="" type="checkbox"/>	Tratamiento	<input type="checkbox"/>	Acopio	<input checked="" type="checkbox"/>														
Distribución	<input type="checkbox"/>	Otra	<input type="checkbox"/>																
<p>¿Con qué tipo de maquinaria se realiza el arranque y transporte del material en el área de explotación? <u>Excavadoras.</u> <u>Volquetes.</u></p>																			
<p>¿Qué método se usa para transportar el material a la zona de acopio? <input checked="" type="checkbox"/> Método cíclico: consiste en llenar el cucharón, cargue y despacho del vehículo. <input type="checkbox"/> Método continuo: utiliza la rueda de cangilones que alimenta bandas transportadoras</p>																			
<p>¿Qué sistema de almacenamiento se utiliza para el acopio del material? <input checked="" type="checkbox"/> Almacenamiento en pila <input type="checkbox"/> Almacenamiento en silos <input type="checkbox"/> No se almacena el material</p>																			

¿Existe algún tratamiento del material (clasificación, trituración), antes de sea dispuesto en la zona de acopio? ¿Cuál?

Una parte del material se clasifica en gravas y arena.

¿Con que frecuencia se extrae material del área de libre aprovechamiento? ¿Por qué?

Semanal de acuerdo a las necesidades institucionales

¿Cuál es el ritmo de producción que dispone el área de libre aprovechamiento? ¿Cree necesario que se debe aumentar el ritmo de producción?

Si, con un mejor sistema para clasificación.

¿Qué uso se le da al material luego de ser explotado?

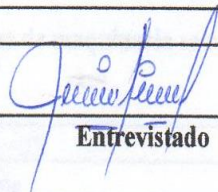
Obras civiles.
Mejoramiento vial.

¿Según su criterio cuál de las actividades desarrolladas en el área de libre aprovechamiento tiene un bajo índice de rendimiento?

-Clasificación del material.

¿Conforme a su conocimiento el costo-beneficio que conlleva la explotación del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro es el idóneo? ¿Cree necesario optimizar los procesos que se llevan a cabo en el área? ¿Por qué?

Si es necesario, optimizar los procesos para disponer de material en mejor calidad.


Entrevistado

Responsable

Anexo 14. Ficha de ciclos de trabajo del Área de libre aprovechamiento Gadmz Bombuscaro

FICHA DE TRABAJO

DESCRIPCIÓN DE INSTALACIONES, MAQUINARIA Y ACTIVIDADES		
PERSONAL	CARGO	# TRABAJADORES
	Operador Excavadora	1
	Operador Cargadora	1
	Chofer Volqueta	2
Inspector Activo	1	
TURNOS DE TRABAJO	DESCRIPCIÓN	HORARIO
	Operador	8:00 - 13:00 14:00 - 19:00
	Operador	8:00 - 13:00 14:00 - 19:00
	Chofer	8:00 - 13:00 14:00 - 19:00
	Inspector	8:00 - 13:00 14:00 - 19:00

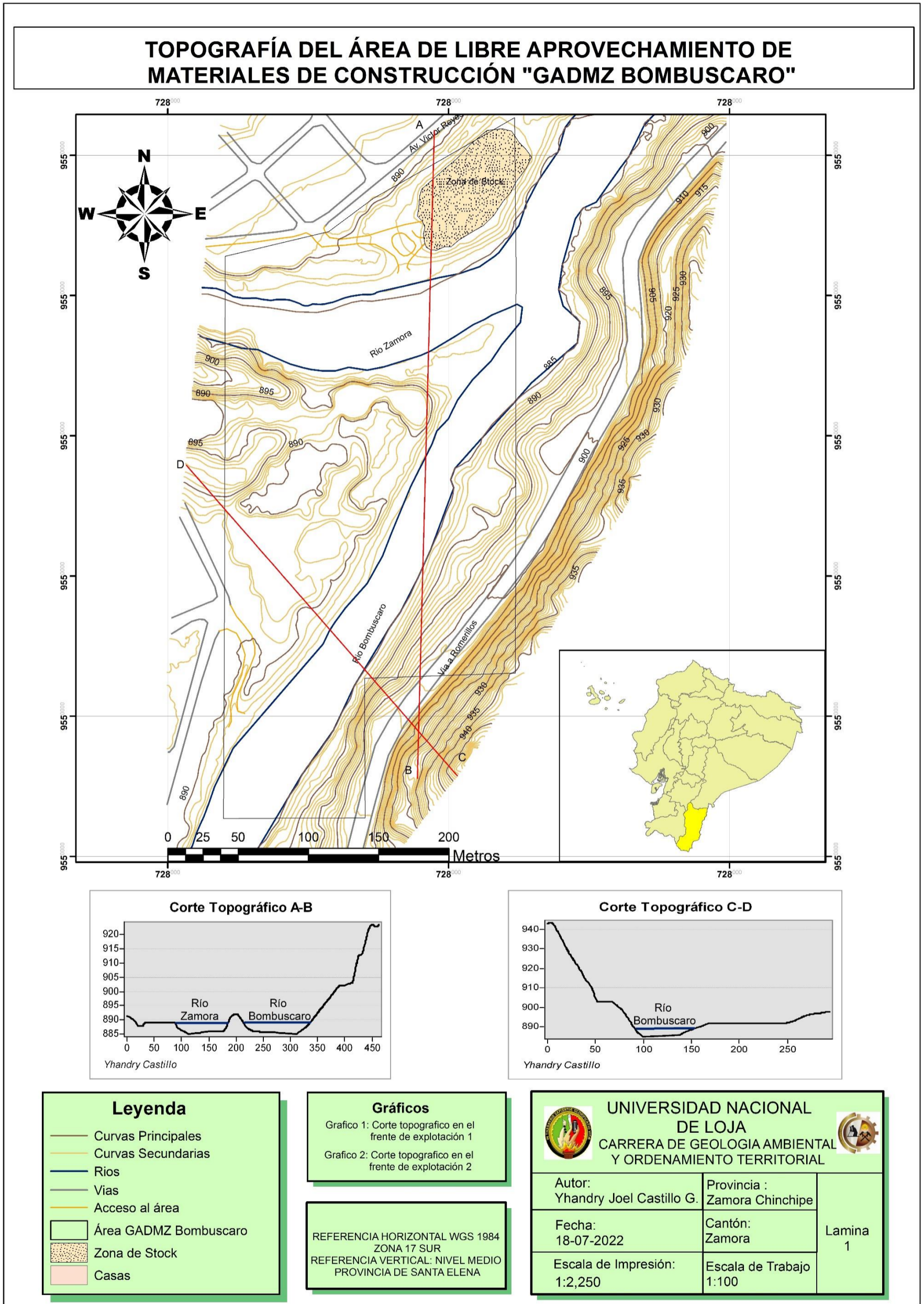
} Depende de la cantidad de material solicitado

DESCRIPCIÓN	CARACTERÍSTICAS	FOTOGRAFÍA
1	Fronte de Explotación	1
1	Fronte de Explotación	2
1	Zona de Acopio	3
1	Zona de Clasificación	4

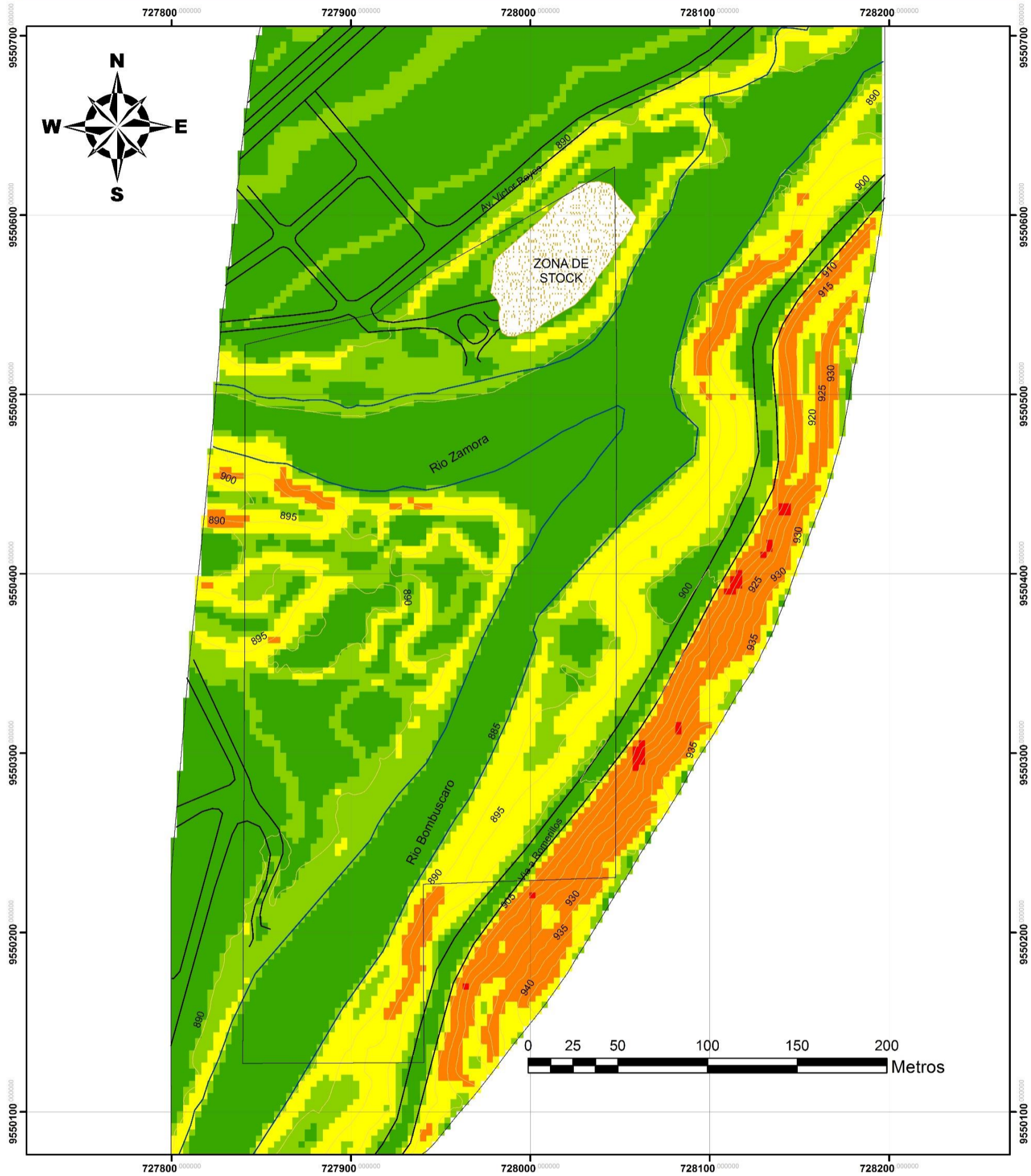
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	MODELO	CARACTERÍSTICAS
Excavadora	1	Catt 3-24 D/N	Capacidad 1.42 m ³
Cargadora	1	John Deere 5446	capacidad 2.5 m ³
Volqueta	2	Hino 700 F3	capacidad 12 m ³
Malla	1	Clasi Excavadora malla	10 cm x 10 cm

ACTIVIDAD	EQUIPOS REQUERIDOS	DESCRIPCIÓN	TIEMPO seg		
Arranque	Excavadora	Arranque y Carga del material del Fronte de explotación 1.8 m ³	98	101	101
Transporte	Volquetas	Transporte del material a la zona de Stock 12 m ³ / 14 m ³	126	130	136
Cargado y Clasificación	Cargadora	Carga de material y traslado al clasificado 2.5 m ³	155	167	162

Capacidad



MAPA DE PENDIENTES DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN "GADMZ BOMBUSCARO"



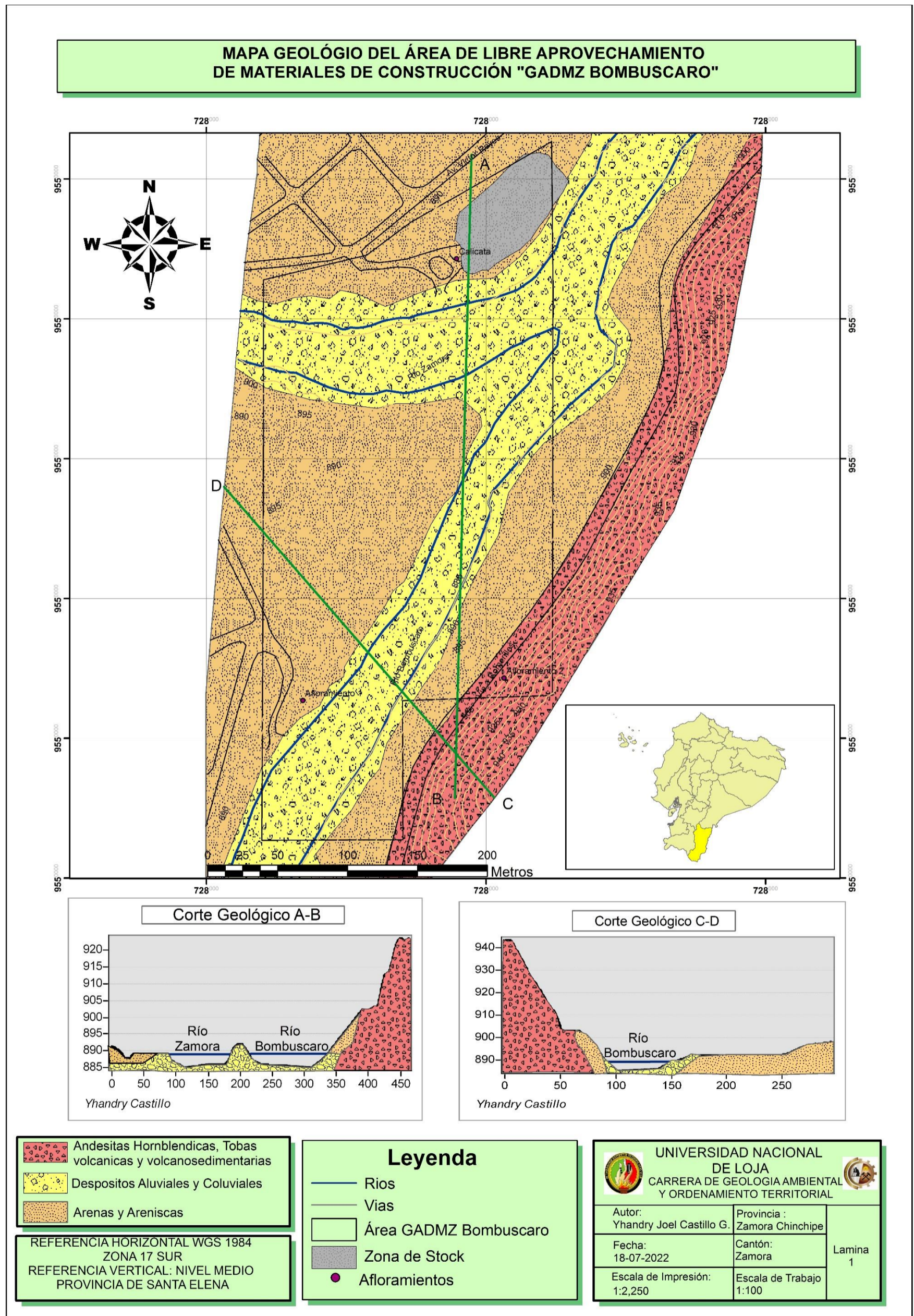
Leyenda

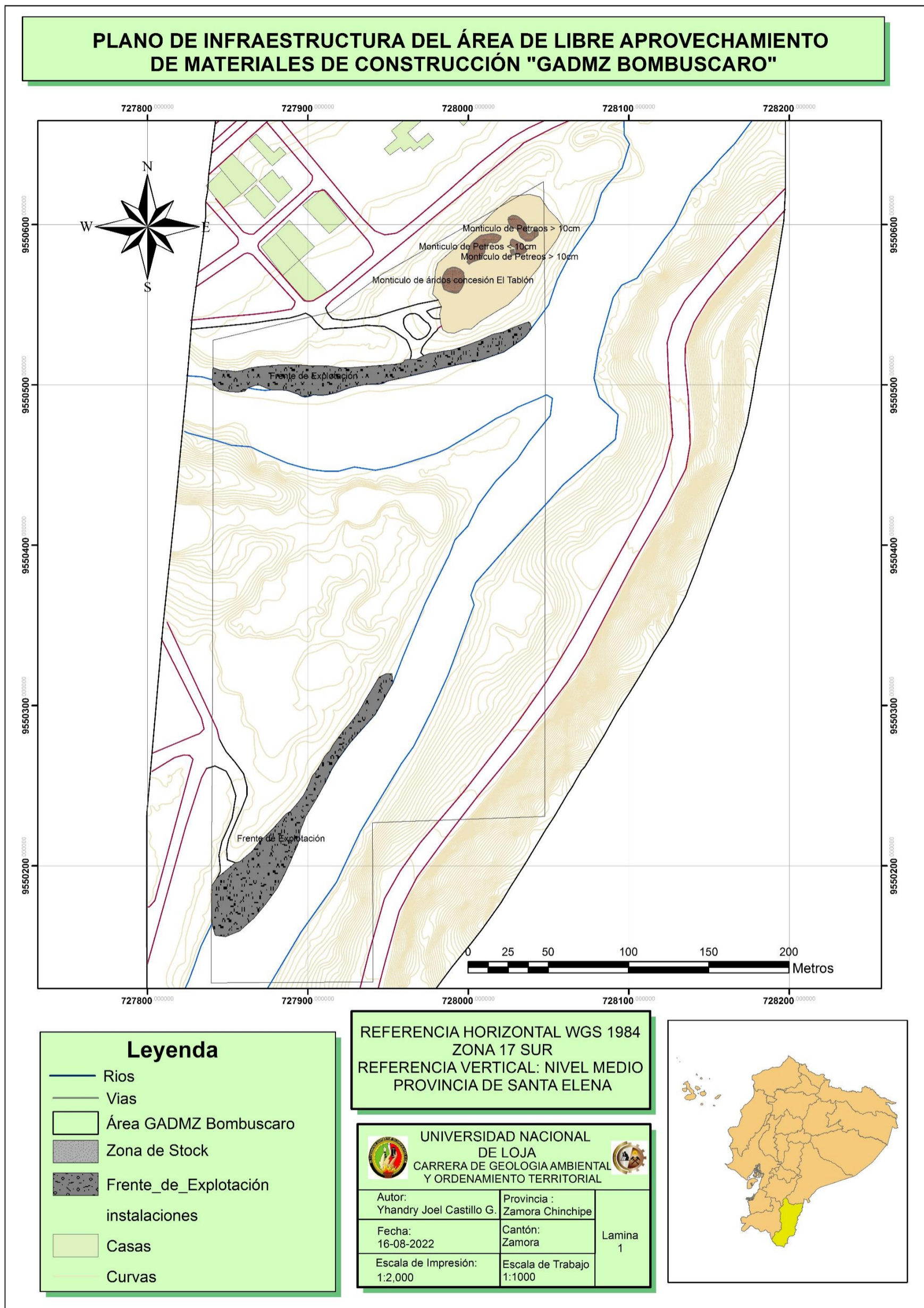
- Rios
- Vias
- Área GADMZ Bombuscaro
- Zona de Stock
- Casas

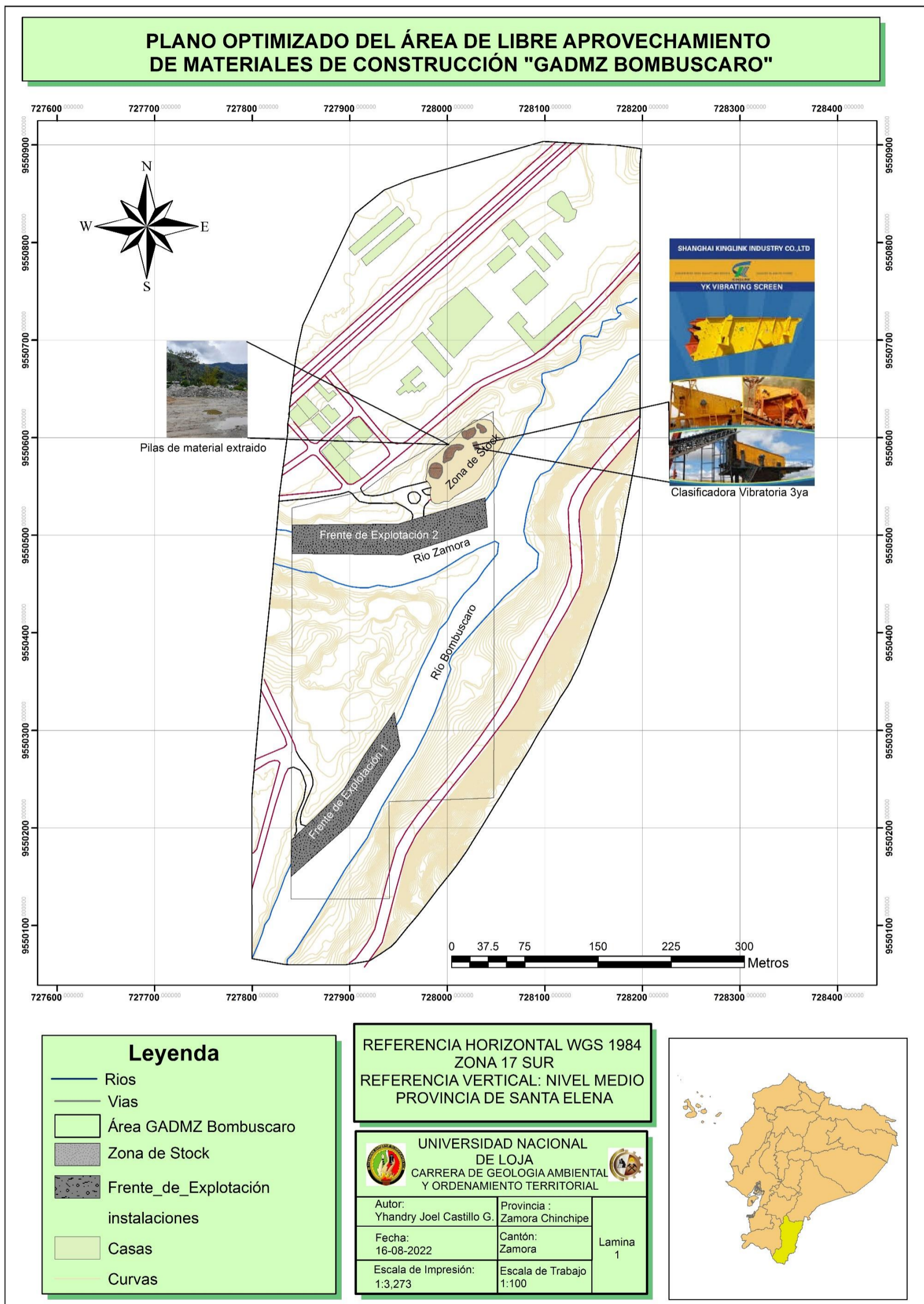
Codigo	Simbologia	Rango	Área	Perímetro	Porcentaje
1		0 - 5°	14.239536	11967.398	57.861765
2		5 - 15°	4.76774	17889.6876	19.373513
3		15 - 35°	3.979494	10609.4269	16.170508
4		35 - 55°	1.600222	2820.78202	6.502435
5		> 55°	0.022586	188.632065	0.091779
Area Total			24.609578		

REFERENCIA HORIZONTAL WGS 1984
 ZONA 17 SUR
 REFERENCIA VERTICAL: NIVEL MEDIO
 PROVINCIA DE SANTA ELENA

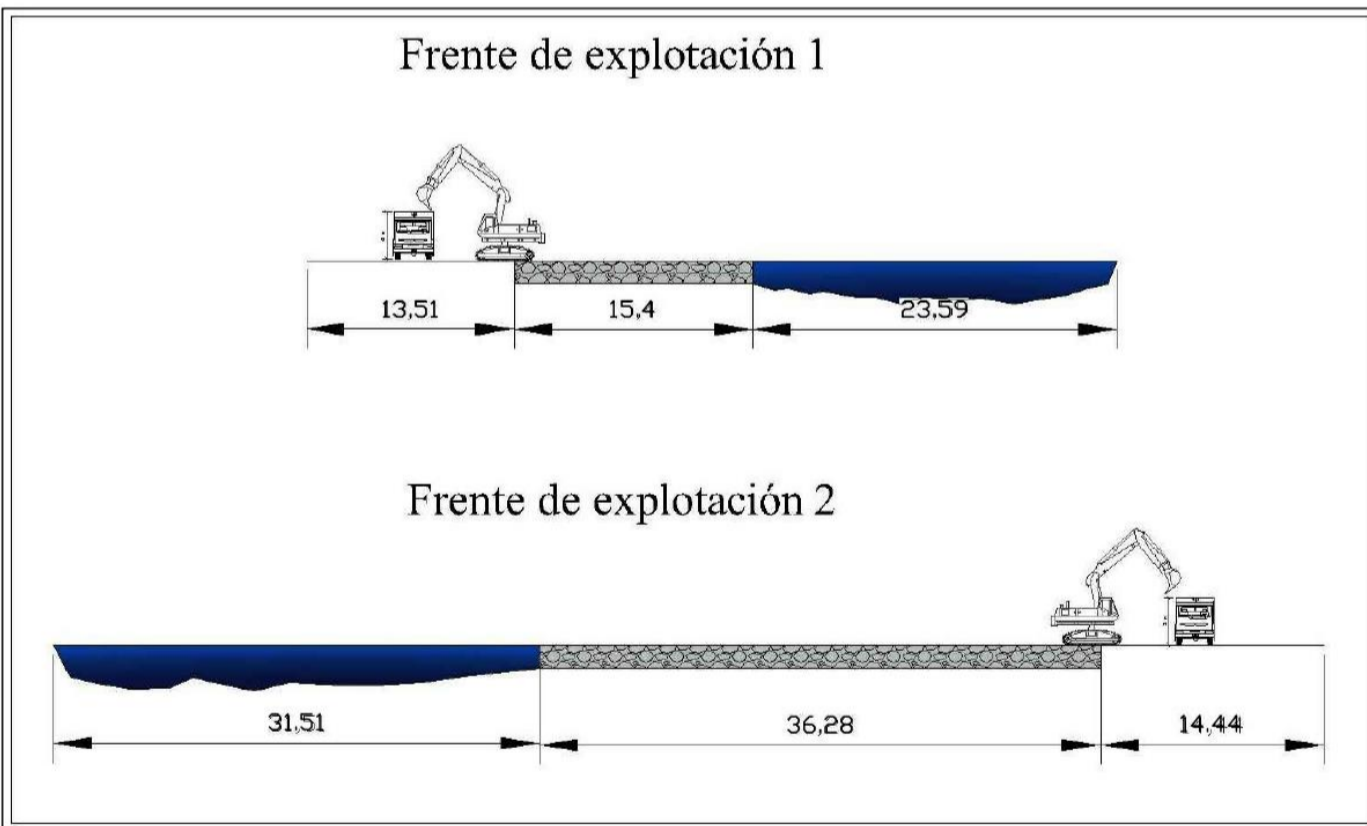
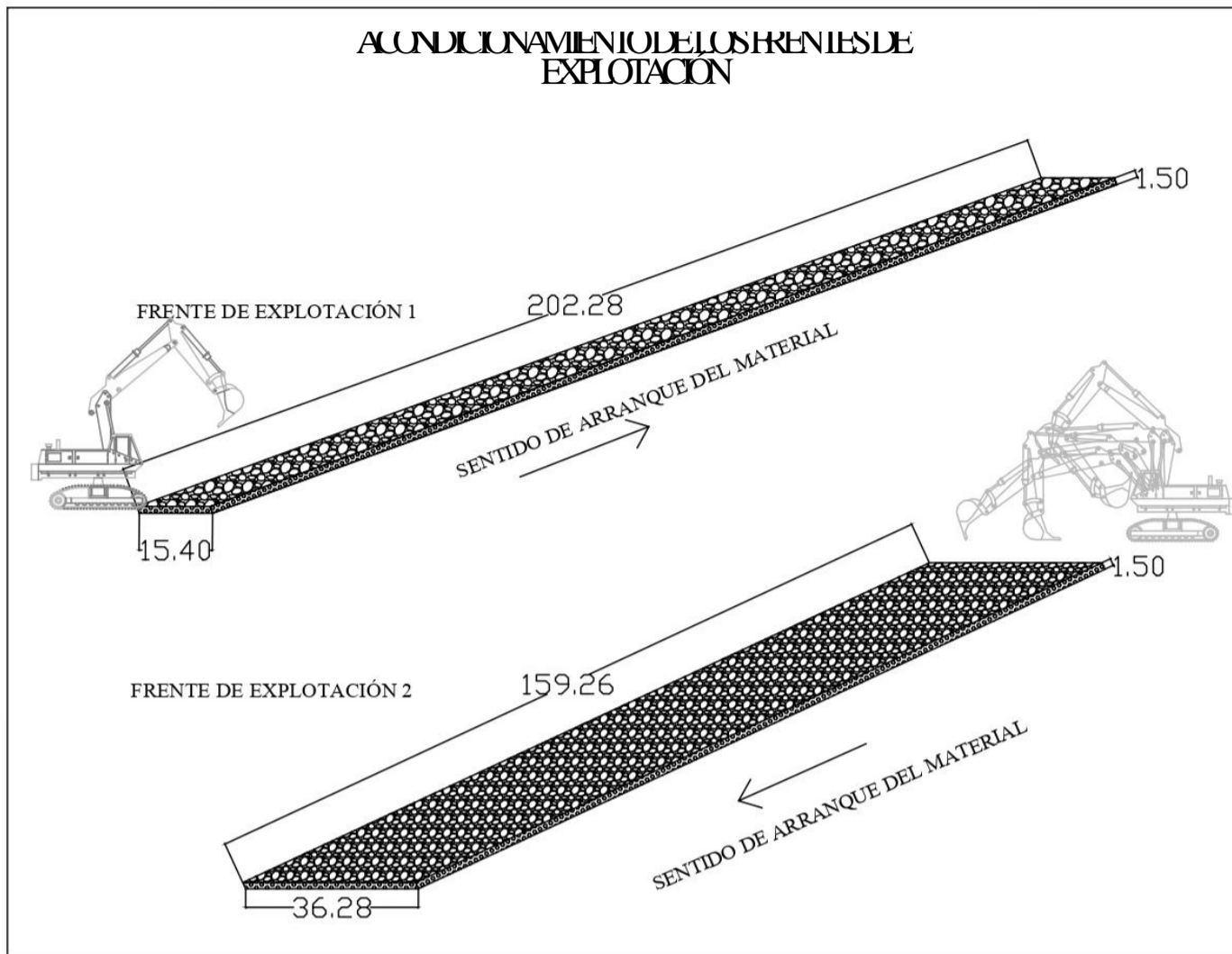
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		
Autor: Yhandry Joel Castillo G.	Provincia : Zamora Chinchipe	Lamina 1
Fecha: 18-07-2022	Cantón: Zamora	
Escala de Impresión: 1:2,000	Escala de Trabajo 1:100	







FRENTE OPTIMIZADOS

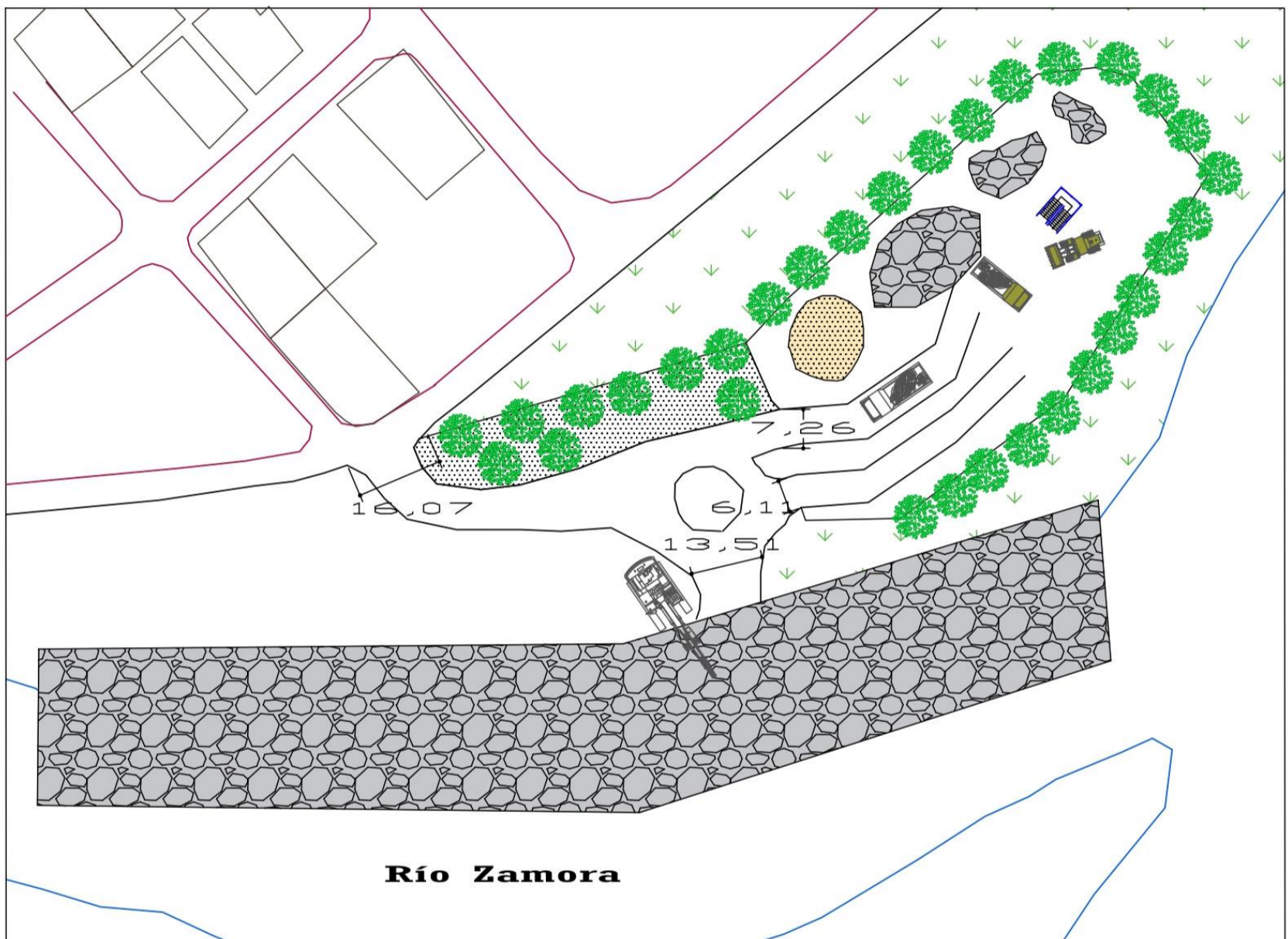


Leyenda	
	Rios
	Banco de Trabajo
	Río
	Frente_de_Explotación

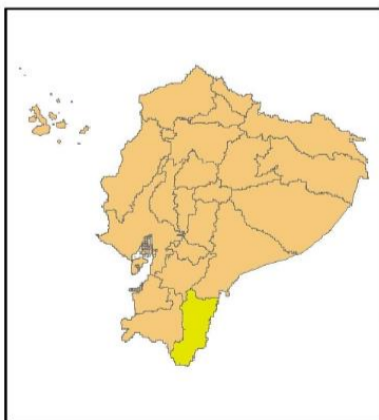
REFERENCIA HORIZONTAL WGS 1984
ZONA 17 SUR
REFERENCIA VERTICAL: NIVEL MEDIO
PROVINCIA DE SANTA ELENA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		
Autor: Yhandry Joel Castillo G.	Provincia : Zamora Chinchipe	Lamina 1
Fecha: 16-08-2022	Cantón: Zamora	
Escala de Trabajo 1:100		

ZONA DE STOCK OPTIMIZADA



Río Zamora



UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA CARRERA DE GEOLOGIA AMBIENTAL Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL		
Autor: Yhandry Joel Castillo G.	Provincia : Zamora Chinchipe	Lamina 1
Fecha: 16-08-2022	Cantón: Zamora	
Escala de Trabajo 1:100		

Leyenda	
	Rios
	Vías
	Área GADMZ Bombuscaro
	Zona de Stock
	Frente_de_Explotación
	instalaciones
	Casas
	Curvas

Anexo 20. Resultados de ensayos de laboratorio



"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0980080384
Cel: 0986335585

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE SOLIDEZ EN SULFATO DE SODIO

PROYECTO:	DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACION PARA EL AREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIAL PÉTRICO DENOMINADA GADMEP EL CAMAL CÓDIGO 50001321, UBICADA EN LA PARROQUIA EL PANGUI, CANTÓN EL PANGUI Y	NORMA:	ASTM C - 88
MUESTRA:	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO C	FECHA:	11/10/2022
SOLICITADO:	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO	% ESP. DESGA	MÁXIMO 12%

AGREGADOS GRUESOS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A gr.	B gr.	C %	D % RET.	E % PONDERADO	PORCENTAJE DE PERDIDA
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ						
2 1/2"	2"	578,00	563,00	2,60	9,56	24,82	5,38 %
2"	1 1/2"	698,00	675,00	3,30	11,55	38,06	
1 1/2"	1"	763,00	727,00	4,72	12,63	59,57	
1"	3/4"	1010,00	945,00	6,44	16,71	107,56	
3/4"	1/2"	1174,00	1105,00	5,88	19,43	114,18	
1/2"	3/8"	986,00	925,00	6,19	16,32	100,94	
3/8"	Nº4	834,00	778,00	6,71	13,80	92,67	
TOTAL		6043,00	5718,00		100,00	537,81	

AGREGADOS FINOS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A gr.	B gr.	C %	D % RET.	E % PONDERADO	PORCENTAJE DE PERDIDA
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ						
Nº4	Nº8	653,00	624,00	4,44	28,20	125,22	4,71 %
Nº8	Nº16	552,00	534,00	3,26	23,83	77,72	
N16	Nº30	635,00	597,00	5,98	27,42	164,08	
Nº30	Nº50	476,00	452,00	5,04	20,55	103,63	
TOTAL		2316	2207		100,00	470,64	

PORCENTAJE MEDIO DESGASTE A LOS SULFATOS 5,04 %

OBSERVACIONES: _____

PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

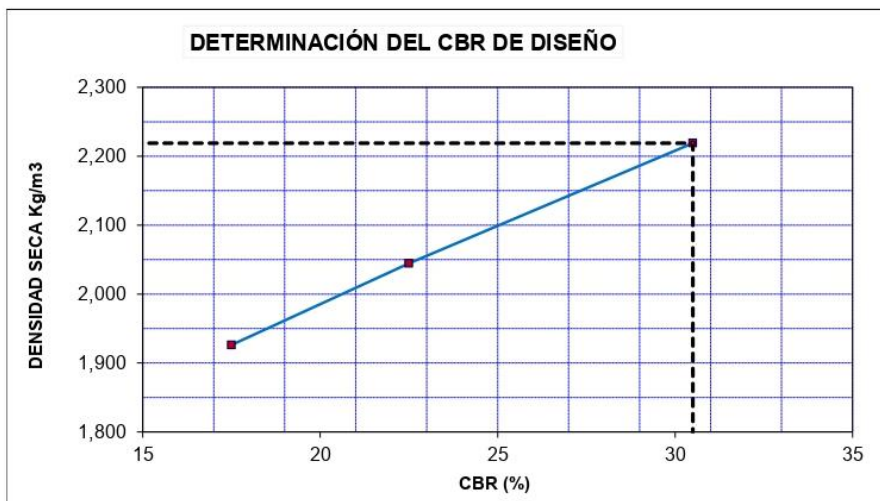
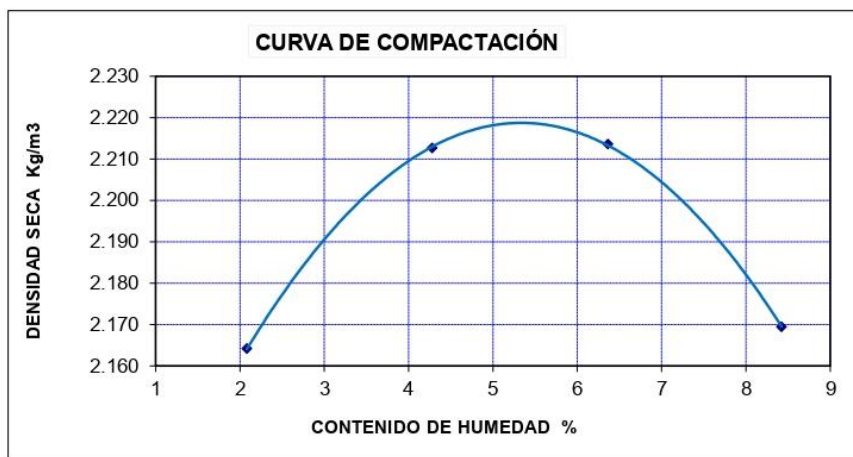
Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11 10:23:33 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081, SECTOR BENJAMÍN CARRIÓN CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MATERIAL	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081
SOLICITADO	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	11 de octubre de 2022

DETERMINACIÓN DEL C.B.R. ASTM C - 1883

DENSIDAD SECA MÁXIMA:	2.219 Kg/m ³
CONT. DE AGUA ÓPTIMO:	5,4 %



C.B.R. = 25,41 %

Observaciones: El CBR ha sido calculado para 0.1 pulgadas de penetración y se ha calculado para un 95% de compactación según densidad in situ.

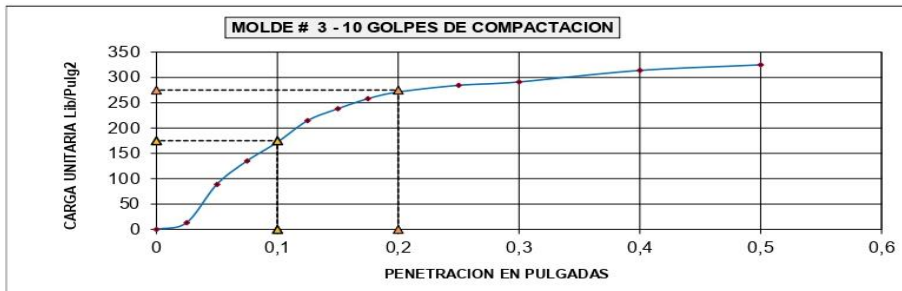
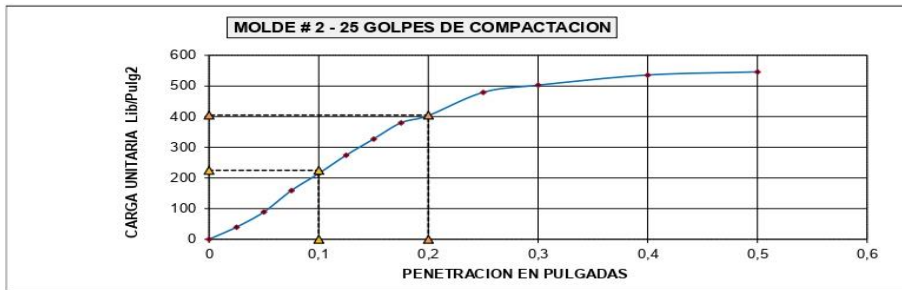
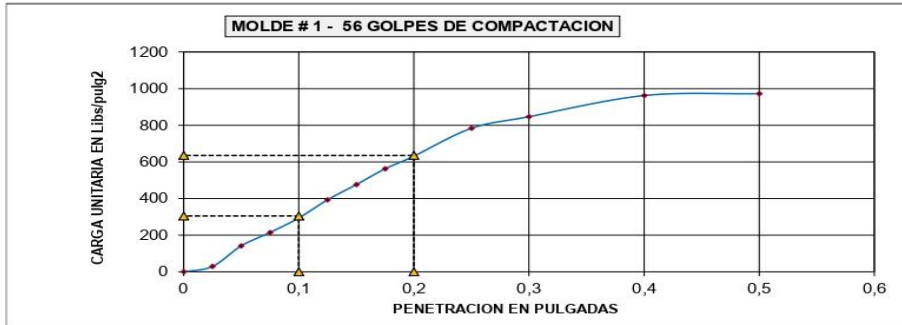
PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado
digitalmente por
PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11
09:57:05 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMENEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081, SECTOR BENJAMÍN CARRIÓN CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MATERIAL	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081
SOLICITADO	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	11 de octubre de 2022

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11 09:56:52 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO



Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081, SECTOR BENJAMÍN CARRIÓN CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"						
MATERIAL	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081						
SOLICITA	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO						
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE			DIAMETRO DEL MOLDE (cm)	15,2	15,26	15,23
FECHA	11 de octubre de 2022			ALTURA DEL MOLDE (cm)	12,45	12,45	12,45

INDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. " ASTM C - 1883													
MOLDE N°	4				5				6				
N° DE GOLPES POR CAPA	56				25				10				
CONDICION DE MUESTRA	ANTES SATUR.		DESP. SATUR.		ANTES SATUR.		DESP. SATUR.		ANTES SATUR.		DESP. SATUR.		
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE	gr.	11332	11405	10952	11086	10635	10801						
PESO DEL MOLDE	gr.	6045	6045	6040	6040	6025	6025						
PESO DE LA MUESTRA HUMEDA	gr.	5287	5360	4912	5046	4610	4776						
VOLUMEN DE MUESTRA	cm ³	2259	2259	2277	2277	2268	2268						
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	2,340	2,373	2,157	2,216	2,033	2,106						
HUMEDAD		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO		
RECIPIENTE N°		14	21	32	58	47	56	2	9	45	63	98	23
PESO DEL RECIPIENTE.	gr.	17,26	15,32	17,44	16,58	18,24	17,24	16,95	17,44	16,85	16,39	17,34	17,25
PESO MUESTRA HUMEDA + RECIPIENTE	gr.	102,51	99,68	98,36	98,69	89,98	97,88	100,32	104,78	89,97	88,67	98,26	99,04
PESO MUESTRA SECA + RECIPIENTE	gr.	98,15	95,25	93,65	93,85	86,25	93,65	94,86	98,96	86,18	84,85	92,60	93,15
PESO DE AGUA	gr.	4,36	4,43	4,71	4,84	3,73	4,23	5,46	5,82	3,79	3,82	5,66	5,89
PESO DE MUESTRA SECA	gr.	80,89	79,93	76,21	77,27	68,01	76,41	77,91	81,52	69,33	68,46	75,26	75,9
CONTENIDO DE HUMEDAD.	gr.	5,39	5,54	6,18	6,26	5,48	5,54	7,01	7,14	5,47	5,58	7,52	7,76
HUMEDAD PROMEDIO.	%	5,47		6,22		5,51		7,07		5,52		7,64	
DENSIDAD SECA.	gr/cm ³	2,219		2,234		2,045		2,070		1,926		1,956	
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA													
MOLDE N°	4				5				6				
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE DESPUES DE SATURACION.	11405				11086				10801				
PESO MUESTRA HUMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACION.	11332				10952				10635				
PESO DE AGUA ABSORBIDA	73				134				166				
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	1,38				2,73				3,60				
DATOS DE ESPONJAMIENTO													
FECHA Y HORA	TIEMPO EN DIAS	MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6					
		LECTURA DIAL mm x 10⁻²	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %	LECTURA DIAL mm x 10⁻²	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %	LECTURA DIAL mm x 10⁻²	CAMBIO DE LONGITUD mm	ESPONJAM. %			
1		152,30	0	0	185,60	1,8560	0	205,40	0	0,00			
2		152,40	1,524	1,22	185,80	1,858	1,49	205,50	2,0550	1,65			
3		152,50	1,525	1,22	185,80	1,858	1,49	205,50	2,055	1,65			
4		152,50	1,525	1,22	186,20	1,862	1,50	205,60	2,056	1,65			
5		152,50	1,525	1,22	186,20	1,862	1,50	205,70	2,057	1,65			
DATOS ENSAYO DE PENETRACION													
PENETR. EN plg.	CARGAS lb/plg	MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6					
		LECTURA DIAL plgx10⁻⁴	PRESION lb/plg²	C.B.R. CORREG. %	LECTURA DIAL plgx10⁻⁴	PRESION lb/plg²	C.B.R. CORREG. %	LECTURA DIAL plgx10⁻⁴	PRESION lb/plg²	C.B.R. CORREG. %			
0,025		40,0	29,4		54,0	39,68		18,0	13,23				
0,050		193,0	141,8		121,0	88,92		121,0	88,92				
0,075		292,0	214,6		216,0	158,73		184,0	135,22				
0,100	1000	400,0	293,9	30,50	292,0	214,58	22,50	234,0	171,96	17,50			
0,125		535,0	393,2		373,0	274,11		292,0	214,58				
0,150		648,0	476,2		445,0	327,02		324,0	238,10				
0,175		765,0	562,2		517,0	379,93		351,0	257,94				
0,200	1500	859,0	631,3	42,33	549,0	403,44	27,00	369,0	271,17	18,33			
0,250		1066,0	783,4		652,0	479,13		387,0	284,39				
0,300	1900	1152,0	846,6		684,0	502,65		396,0	291,01				
0,400	2300	1309,0	961,9		729,0	535,72		427,0	313,79				
0,500	2600	1323,0	972,2		743,0	546,01		442,0	324,81				

PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado digitalmente por
PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11
09:56:31 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMENEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTECNICO



"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0986335585
Cel: 0980080384

Arquitectura +
Ingeniería

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081, SECTOR BENJAMIN CARRIÓN CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"		
MATERIAL	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081		
SOLICITA	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO		
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE	FECHA	11 de octubre de 2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR - ASTM D - 1557

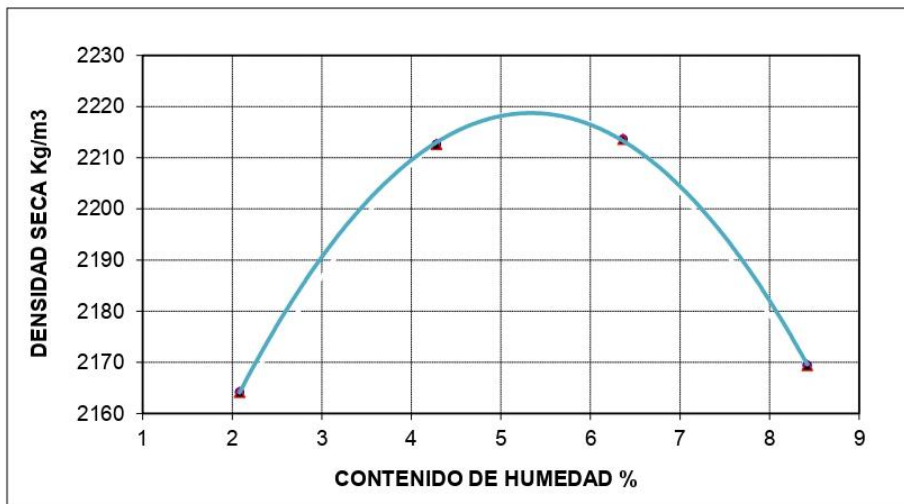
NORMA ENSAYO	T-180-D	
GOLPES/CAPA	56	
No. DE CAPAS	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAIDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE	
DIAMETRO	15,25 cm.
ALTURA	11,61 cm
VOLUMEN	2.121 cm ³
PESO	5.559 gramos

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10.244	10.452	10.552	10.547
Peso suelo:	4.685	4.893	4.993	4.988
Dens. Hum :	2.209	2.307	2.355	2.352

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
W. hum.:	123,71	112,95	78,94	75,29	94,75	99,78	99,46	103,17
W. seco:	121,53	111,03	76,28	73,05	90,24	94,77	93,26	96,42
W. caps:	17,57	18,17	17,63	17,39	17,57	17,97	17,99	17,97
w (%) :	2,10	2,07	4,54	4,02	6,21	6,52	8,24	8,60
promedio	2,08		4,28		6,36		8,42	
Dens. Seca:	2.164		2.213		2.214		2.169	

RESULTADOS:	DENSIDAD SECA MAXIMA =	2.219 Kg/m ³
	CONT. DE AGUA OPTIMO =	5,40 %



OBSERVACIONES:

PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA

Firmado digitalmente
por PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11
09:56:17 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO



"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0986335585

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0980080384

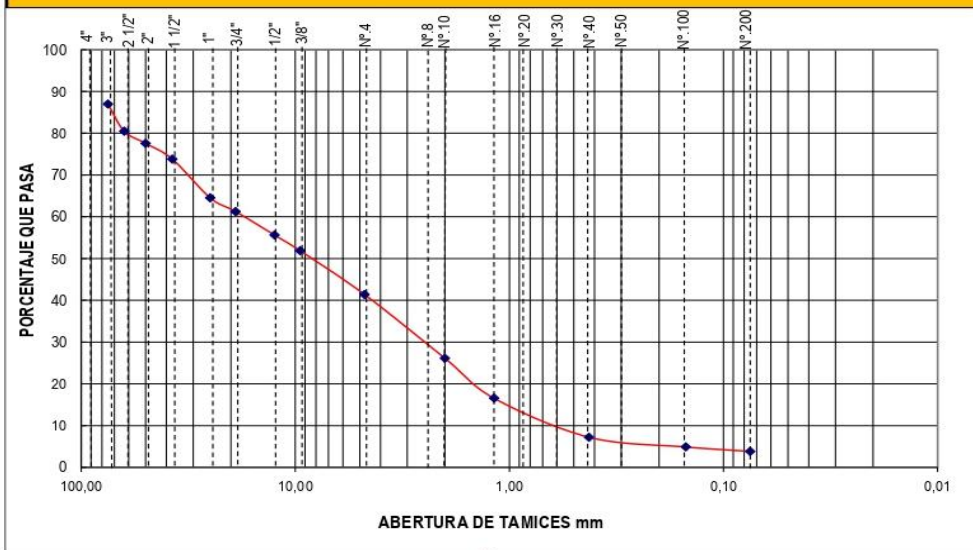
Arquitectura +
Ingeniería

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081, SECTOR BENJAMÍN CARRIÓN CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MUESTRA	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081
SOLICITA	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	11 de octubre de 2022

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

MICR.	TAMIZ	PESO RETENIDO ACUMULADO (Gr.)	% RETENIDO	% QUE PASA	FAJA DE DISEÑO
100	4"	0	0	100	100
75	3"	902	13	87	
63	2 1/2"	1352	20	80	
50	2"	1553	22	78	
37,5	1 1/2"	1816	26	74	
25	1"	2456	35	65	
19	3/4"	2684	39	61	
12,5	1/2"	3074	44	56	
9,5	3/8"	3334	48	52	
4,750	Nº.4	4060	59	41	
	Pasa Nº.4	2867	41	59	
2,360	Nº.8				
2,000	Nº.10	72	15	26	
1,180	Nº.16	117	25	17	
0,850	Nº.20				
0,600	Nº.30				
0,425	Nº.40	161	34	7	
0,300	Nº.50				
0,150	Nº.100	172	37	5	
0,075	Nº.200	177	38	3,8	0 - 20
	Pasa Nº.200	18	3,8		
	TOTAL	6927			
Peso Total de Lavado:			195,00		
Peso Total después de Lavado:			177,00		

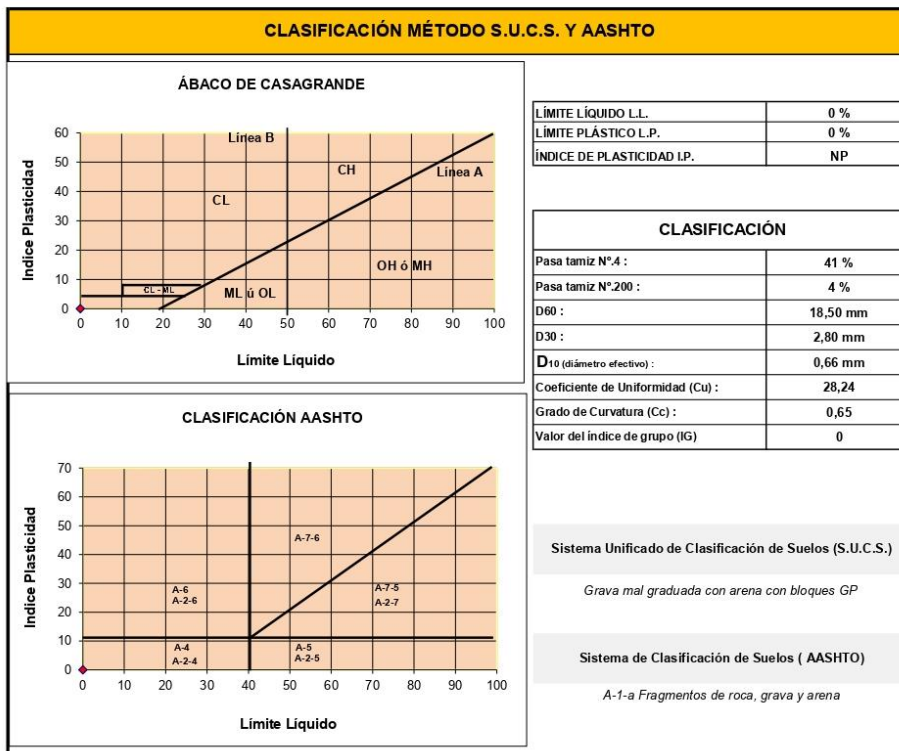
CURVA GRANULOMÉTRICA



Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11 10:23:57 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081, SECTOR BENJAMIN CARRIÓN CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MUESTRA	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081
SOLICITA	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	11 de octubre de 2022



PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado digitalmente por
PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11
10:24:35 -05'00'

ING. MSc. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081, SECTOR BENJAMÍN CARRIÓN CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"		
MUESTRA	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081		
SOLICITA	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO		
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE		
FECHA	11 de octubre de 2022	NORMA	A.A.S.H.O. T 90-56

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
LÍMITE LÍQUIDO					
NUMERO DE CÁPSULA					
Peso de la Cápsula (gr.)					
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)					
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)					
Peso del suelo Seco (gr.)					
Peso del Agua (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
NUMERO DE GOLPES					

DIAGRAMA LÍMITE LÍQUIDO

LÍMITE PLÁSTICO					
NUMERO DE CÁPSULA					
Peso de la Cápsula (gr.)					
Peso de la Cápsula + Suelo Húmedo(gr.)					
Peso de la Cápsula + Suelo Seco (gr.)					
Peso del suelo Seco (gr.)					
Peso del Agua (gr.)					
Contenido de Humedad (%)					
Contenido Medio de Humedad (%)					L.P.= 0,00 %

RESULTADOS	
VALORES ENSAYO	VALORES ENTEROS SEGÚN NORMA
L.L. = 0,0%	L.L. = 0%
L.P. = 0,0 %	L.P. = 0 %
I.P. = 0,0%	I.P. = 0%

PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11 10:24:23 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO



Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

PROYECTO	"OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DEL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081, SECTOR BENJAMÍN CARRIÓN CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE"
MUESTRA	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081
SOLICITA	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO
UBICACIÓN	CANTÓN ZAMORA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE
FECHA	11 de octubre de 2022

CONTENIDO DE HUMEDAD				
PESO HUMEDO	PESO SECO	PESO DE CAPSULA	% DE HUMEDAD	RESULTADO
70,71	69,02	17,87	3,30	3,54
74,26	72,36	17,98	3,49	
68,25	66,40	18,03	3,82	

PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado
digitalmente por
PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11
10:24:10 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
ESPECIALISTA GEOTÉCNICO



Arquitectura +
Ingeniería

"DELTA CIA. LTDA."

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Cel: 0986335585

Cel: 0980080384

DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ABRASIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS MENORES A 37,5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

PROYECTO	DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACION PARA EL AREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO DE MATERIAL PÉTRICO DENOMINADA GADMEP EL CAMAL CÓDIGO 50001321.	NORMA:	INEN 860 ASTM C - 131
MUESTRA	AREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO GADMZ BOMBUSCARO CÓDIGO 50001081	FECHA:	11/10/2022
SOLICITA	YHANDRY JOEL CASTILLO GUERRERO	REALIZO:	DELTA LABORATORIO

GRADACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO SEPARADA POR TAMIZADO

Tamices en mm		Masa de la muestra de ensayo en gramos			
PASA	RETENIDO	Gradación			
		A	B	C	D
37,5	25	1254			
25	19	1245			
19	12,5	1255			
12,5	9,5	1247			
9,5	6,7				
6,7	4,75				
4,75	2,36				
Total		5001			

Número de esferas=	12	Masa de la carga abrasiva=	5048 g
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A)=			5001,00
Masa total de la muestra después de 500 revoluciones (B)=			3383,00
Valor de la abrasión (en porcentaje) después de 500 revoluciones (V)=			32,35 %

Valor de abrasión en porcentaje $V = (A - B)/A \times 100$	Requisito de desgaste a la Abrasión Máximo Porcentaje 40 %
---	---

Observaciones:

PABLO
STALIN
JIMENEZ
VEGA

Firmado digitalmente por
PABLO STALIN
JIMENEZ VEGA
Fecha: 2022.10.11
10:27:47 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

Anexo 21. Certificado de traducción del resumen

Zamora, 13 de febrero del 2023

Lic. Jorge Enrique Caraguay Jaén

DOCENTE DE LA UNIDAD EDUCATIVA LUIS FELIPE BORJA

CERTIFICA:

Que el documento aquí compuesto es fiel traducción del idioma al inglés del resumen de la tesis titulada “Optimización del sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento GADMZ Bombuscaro código 50001081, sector Benjamín Carrión cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe”, de autoría del señor Yhandry Joel Castillo Guerrero, portador de la cédula de identidad número 1104902885 egresado de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial de la Universidad Nacional de Loja.

Lo certifico en honor a la verdad, y a su vez, autorizo a la interesada hacer uso del presente en lo que a sus intereses convenga.



.....
Jorge Enrique Caraguay Jaén

Licenciado En Ciencias De La Educación Mención Inglés

C.I. 1104021835

Correo: jorge-dt@hotmail.es