



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

Universidad Nacional De Loja

Facultad de La Energía, Las Industrias y Los Recursos Naturales No Renovables

Carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial

Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.

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

AUTOR:

Jaime Alexander Torres Masache

DIRECTOR:

Ing. Jimmy Stalin Paladines, PhD.

Loja – Ecuador
2024



unl

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



Certificación

Loja, 22 de noviembre del 2024

Ing. Jimmy Stalin Paladines, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICO:

Que he revisado y orientado todo el proceso de elaboración del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe**, previo a la obtención del título de **Ingeniero en Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial**, de la autoría del estudiante **Jaime Alexander Torres Masache**, con cedula de identidad Nro. **1104127582**, 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. Jimmy Stalin Paladines, PhD.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



unl

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



Autoría

Yo, **Jaime Alexander Torres Masache**, declaro ser autor del presente Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe**, y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos y 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 Institucional – Biblioteca Virtual

Firma:

Cédula de identidad: 1104127582

Fecha: 22 de noviembre de 2024

Correo electrónico: jaime.torres@unl.edu.ec

Teléfono: 0968626887



unl

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



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, **Jaime Alexander Torres Masache**, declaro ser autor del Trabajo de Titulación denominado: **Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe**, como requisito para optar por el título de **Ingeniera 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, suscribo, en la ciudad de Loja, a los veintidós días del mes de noviembre de dos mil veinticuatro.

Firma:

Autor: Jaime Alexander Torres Masache

Cédula de identidad: 1104127582

Dirección: Loja, Esteban Godoy

Correo electrónico: jaime.torres@unl.edu.ec

Teléfono: 0968626887

DATOS COMPLEMENTARIOS

Directora del trabajo de Titulación: Ing. Jimmy Stalin Paladines, PhD.



Dedicatoria

Este logro va dedicado primeramente a Dios que con su amor hizo de mí un buen ser humano, valiente capaz de superar obstáculos y brillar en la oscuridad.

A mis padres Jaime y Betty, héroes de mi vida, que cruzaron fronteras y superaron obstáculos para darme una vida mejor. Su amor y sacrificio han sido la fuerza que me ha impulsado a alcanzar este logro. Esta tesis es un tributo a su valentía, perseverancia y dedicación.

A mis hermanos Erik y Lizbeth compañeros de mi infancia y amigos por siempre, fuente de inspiración y motivación.

A mi Isabelita, por su amor, apoyo y paciencia. Que me ha impulsado a superar obstáculos y alcanzar mis metas.

A mis abuelos, Mercedes, Faustino y Flor por su sabiduría y amor. De manera muy especial a mi abuelito Benigno que me cuida y me abraza desde el cielo.

A mis compañeros y amigos de universidad, por su inspiración y amistad.

Jaime Alexander Torres Masache



unl



Agradecimiento

Con profundo agradecimiento, quiero expresar mi más sincera gratitud a:

Dios, por su guía y fortaleza en todo momento.

A mis padres, Jaime y Betty, que, aunque están lejos, su amor y apoyo han sido constantes y fundamentales en mi vida. Su sacrificio y dedicación han hecho posible este logro. A mis hermanos Erik y Lizbeth, por su compañía y apoyo incondicional.

Y a mi Isabelita, por ser mi compañera, brindándome su amor, paciencia y comprensión en todo momento. Tu apoyo ha sido invaluable

A mis compañeros de universidad, por su colaboración y amistad.

A la Universidad Nacional de Loja, por abrirme las puertas para mi formación académica. A mis docentes de la carrera de Geología Ambiental y Ordenamiento Territorial por derramar su catedra en las aulas para formarme como profesional y persona.

Al Ingeniero Stalin Paladines, mi director de Trabajo de Titulación, que, sin su ayuda, guía y dirección este proyecto no hubiera sido posible.

Al GAD Municipal de Yantzaza, por confiar en mí y permitir desempeñar mis conocimientos en sus instalaciones.

Gracias a todos por hacer posible este logro. Su amor y apoyo han sido fundamentales en mi éxito.

Jaime Alexander Torres Masache



unl



Índice de Contenido

Portada	i
Certificación	ii
Autoría	iii
Carta de autorización.	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Contenido	vii
Índice de Tablas.....	xii
Índice de Figuras	xv
Índice de Anexos	xviii
1. Título	1
2. Resumen	2
Abstract.....	3
3. Introducción	4
4. Marco Teórico	6
4.1.Topografía.....	6
4.1.1.Clases de Levantamiento	7
4.1.1.1. Levantamiento Geodésico.	7
4.1.1.2. Levantamiento Topográfico.	7
4.1.1.2.1. Clasificación Del Levantamiento Topográfico.....	8
4.2.Geología.....	8
4.2.1.Importancia de la geología.	9
4.2.2.Clasificación de Rocas.	10
4.2.2.1. Rocas Ígneas.....	11
4.2.2.2. Rocas Metamórficas.	11



4.2.2.3. Rocas Sedimentarias.....	12
4.3. Material Árido y Pétreos.....	13
4.3.1. Clasificación de los Áridos y Pétreos.....	13
4.3.1.1. Criterio de Naturaleza Mineral.....	14
4.3.1.2. Criterio de Origen o Procedencia.....	14
4.3.1.3. Criterio de Tamaño.....	14
4.3.2. Tipos de Depósitos Sedimentarios de materiales Detríticos.....	15
4.3.2.1. Depósitos Aluviales.....	15
4.3.2.2. Depósitos coluviales.....	15
4.3.2.3. Depósitos Eólicos.....	15
4.3.2.4. Depósitos Marinos aluviales.....	16
4.3.2.5. Depósitos Fluviales.....	16
4.3.2.6. Depósitos Glaciares o Morrenas.....	16
4.4. Métodos Para Calcular o Cubicar Reservas de Áridos y Pétreos.....	16
4.4.1. Método de Cubicación.....	16
4.4.2. Método de la Cuadrícula.....	17
4.4.3. Método de Triangulación o Triángulos.....	18
4.4.4. Método de Polígonos.....	19
4.4.5. Método del Modelo de Bloques.....	19
4.4.6. Método De Las Secciones Transversales Adyacentes.....	20
4.4.7. Método de alturas medias.....	20
4.5. Métodos y Sistemas de Explotación.....	21
4.5.1. Minería a Cielo Abierto.....	21
4.5.2. Metodos de Explotación Para Minería a Cielo Abierto.....	21
4.5.2.1. Bancos.....	21
4.5.2.2. Terrazas.....	22
4.5.2.3. Cortas.....	22



4.5.2.4. Descubiertas.....	23
4.5.2.5. Graveras.	23
4.5.2.6. Canteras.	24
4.5.3. Sistemas de Explotación Para Materiales Áridos Y Pétreos.	24
4.5.3.1. Explotaciones Secas.....	24
4.5.3.2. Explotaciones Bajo Lámina De Agua.....	24
4.5.3.3. Explotaciones Con Rebajamiento De Nivel Freático.	25
4.5.3.4. Explotaciones Por Diques Transversales.....	25
4.6. Operaciones Básicas Para Extracción de Áridos.....	25
4.6.1. Labores de Preparación	25
4.6.2. Arranque	26
4.6.3. Carga.....	26
4.6.4. Transporte y Vertido.....	26
4.6.5. Clasificación	27
4.6.6. Lavado	27
4.7. Maquinaria y Equipos Para la Extracción de Áridos.....	27
4.7.1. Equipo de Arranque y Carga	27
4.7.2. Equipo de Transporte	28
4.7.3. Equipos de Planta De Tratamiento	28
5. Metodología.....	29
5.1... Materiales y Equipos.....	29
5.2.... Procedimiento.....	30
5.2.1. Metodología Para el Primer Objetivo.....	31
5.2.2. Metodología para el Segundo Objetivo.....	38
5.2.3. Metodología Para el Tercer Objetivo.	41
6. Resultados.....	48
6.1... Información general de la concesión.....	48



unl



6.2... Descripción Del Área De Estudio.....	48
6.2.1. Ubicación.....	48
6.2.2. Acceso	51
6.2.3. Clima	51
6.2.4. Precipitaciones.....	53
6.2.5. Sísmica	54
6.2.6. Hidrogeología	55
6.2.7. Geomorfología.....	56
6.3. Topografía.....	58
6.4. Geología.....	60
6.4.1. Geología regional	60
6.4.1.1. Batolito de Zamora.	60
6.4.1.2. Formación Chapiza.	61
6.4.2. Geología local.....	63
6.4.2.1. Caracterización geológica de los afloramientos	63
6.4.2.2. Caracterización geológica de las calicatas.....	67
6.4.3. Batimetría	71
6.5.. Calidad del material y reservas.....	73
6.5.1. Delimitación de las áreas a explotar.....	73
6.5.2. Cálculo de reservas.....	73
6.5.2.1. Método De Alturas Medias.....	74
6.5.2.2. Método de Secciones transversales adyacentes	77
6.5.2.3. Resultados del cálculo de reservas	80
6.5.3. Calidad del material.....	81
6.5.3.1. Ensayo de compactación Proctor - ASTM D- 1557.	81
6.5.3.2. Índice de soporte california " C. B. R. " ASTM C – 1883.	82



unl



6.5.3.3. Determinación del valor de abrasión del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles - INEN 860 ASTM C – 131.....	84
6.5.3.4. Análisis granulométrico - AASHO-T-91.....	85
6.5.3.5. Contenido de humedad	85
6.5.3.6. Ensayo de solidez en sulfato de sodio - ASTM C – 88.	86
6.5.3.7. Resultados de los ensayos.....	87
6.6.. Situación Actual del Área de Libre Aprovechamiento “Río Chicaña”.....	88
6.6.1. Esquema de explotación	88
6.6.2. Descripción del proceso actual en el área de libre aprovechamiento.	88
6.6.2.1. Destape y Preparación	88
6.6.2.2. Arranque o Extracción.....	89
6.6.2.3. Carga y Acarreo	89
6.6.2.4. Clasificación o Cribado	90
6.6.2.5. Almacenamiento o Stock.....	91
6.6.3. Análisis técnico del método actual.....	92
6.7. Diseño de del sistema de explotación.....	93
6.7.1. Elección del sistema de explotación.....	93
6.8. Implementación del Sistema de Explotación de Graveras Mediante Diques Transversales.....	95
6.8.1. Destape y Preparación.....	95
6.8.1.1. Vías en el área de libre aprovechamiento	96
6.8.1.2. Campamento en el área de libre aprovechamiento	98
6.8.1.3. Zona de cribado y stock el área de libre aprovechamiento.....	99
6.8.1.4. Construcción de diques.....	100
6.8.1.4.1. Dique de protecciion.....	103
6.8.1.4.2. Diques transversales para frentes de explotación	104
6.8.2. Arranque o Extracción.....	108
6.8.3. Carga y acarreo.....	112



unl



6.8.4. Clasificación o cribado	115
6.8.5. Almacenamiento o stock	116
6.8.6. Ciclo de trabajo.....	117
6.8.7. Infraestructura y maquinaria necesaria.....	118
6.8.8. Análisis Económico del sistema de explotación mediante diques transversales.....	118
7. Discusión	121
8. Conclusiones	123
9. Recomendaciones	125
10. Bibliografía	126
11. Anexos	136

Índice de Tablas

Tabla 1. Materiales empleados en el desarrollo del proyecto.	29
Tabla 2. Puntos de control previos al levantamiento topográfico.	32
Tabla 3. Puntos de control previos al levantamiento topográfico.	33
Tabla 4. Afloramientos levantados a lo largo del área de libre aprovechamiento Río Chicaña	34
Tabla 5. Ficha para la descripción de afloramientos dentro de la zona de estudio.	35
Tabla 6. Ficha de caracterización de las calicatas elaboradas en el área de estudio.	37
Tabla 7. Potencias del material en el área de explotación en el área de estudio.	38
Tabla 8. Tabla multicriterio para la elección del sistema de explotación	42
Tabla 9. Factor de eficacia del cucharón.....	45
Tabla 10. Coeficiente de transformación según el material.....	45
Tabla 11. Tiempo de duración del ciclo en segundos	45
Tabla 12. Ficha de la concesión. Técnica de la concesión minera “Río Chicaña”	48
Tabla 13. Coordenadas UTM/WGS84/17S y Coordenadas UTM/PSAD56/17S del polígono del área de libre aprovechamiento "Rio Chicaña"	48
Tabla 14. Estaciones del INAMHI cercanas al área de libre aprovechamiento "Rio Chicaña"	52
Tabla 15. Descripción de las calicatas realizadas	67



Tabla 16. Profundidad y ancho del Río Chicaña dentro del área de estudio.	71
Tabla 17. Profundidades para determinar el volumen de material árido y pétreo en el área de libre aprovechamiento.....	74
Tabla 18. Datos empleados en el cálculo de reservas mediante el método de alturas medias	75
Tabla 19. Volumen del río Chicaña en el área explotable del área de libre aprovechamiento	76
Tabla 20. Volumen del río Chicaña en el área explotable del área de libre aprovechamiento	80
Tabla 21. Metros cúbicos que existen en el área de libre aprovechamiento de acuerdo a su granulometría.	81
Tabla 22. Resultados del ensayo de compactación Proctor	81
Tabla 23. Resultados del ensayo de índice de soporte california “C.B.R.”	82
Tabla 24. Resultados de la determinación del valor de abrasión.	84
Tabla 25. Resultados del análisis granulométrico.....	85
Tabla 26. Resultados del contenido de humedad.	86
Tabla 27. Resultados del ensayo de solidez en sulfato de sodio.....	86
Tabla 28. Resultados del ensayo del material explotado en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	87
Tabla 29. Maquinaria utilizada para la extracción o arranque del material.	89
Tabla 30. Maquinaria utilizada para la carga y acarreo	90
Tabla 31. Maquinaria utilizada para el cribado y clasificación del material	91
Tabla 32. Maquinaria utilizada para el almacenamiento o stock del material	92
Tabla 33. Maquinaria utilizada para el almacenamiento o stock del material	92
Tabla 34. Costos del sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	93
Tabla 35. Análisis multicriterio para la elección del sistema de explotación.	95
Tabla 36. Calculo para el ancho de las vías	96
Tabla 37. Calculo para el peralte de las vías.....	96
Tabla 38. Clasificación de colores en señales de seguridad Norma ISO 7010.....	98
Tabla 39. Promedios para determinar el caudal del río Chicaña.	101
Tabla 40. Longitud de los diques transversales en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	105
Tabla 41. Factor de eficacia del cucharón.....	109
Tabla 42. Coeficiente de transformación según el material.....	110



unl



Tabla 43. Tiempo de duración del ciclo	110
Tabla 44. Productos obtenidos del cribado en la jornada laboral.	115
Tabla 45. Infraestructura y maquinaria necesaria	118
Tabla 46. Costos del sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	119



unl



Índice de Figuras

Figura 1. Clasificación de áridos y pétreos.....	13
Figura 2 Método de cubicación.	17
Figura 3. Método de la cuadrícula.	18
Figura 4. Método de Triangulación o Triángulos.....	18
Figura 5. Método de Polígonos.....	19
Figura 6. Método de las secciones transversales adyacentes.	20
Figura 7. Método de altura media.....	20
Figura 8. Método de explotación por terrazas	22
Figura 9. Método de explotación por Cortas.	22
Figura 10. Método de explotación de “Graveras”	23
Figura 11. Método de explotación “Cantera”.	24
Figura 12. Puntos de ubicación de Afloramientos.....	34
Figura 13. Ubicación de calicatas en el área de libre aprovechamiento.	36
Figura 14. Extracción de material fresco de las calicatas. Elaborado por Torres (2022)	40
Figura 15. Toma de muestra manualmente del material extraído de las calicatas.....	40
Figura 16. Mapa de ubicación del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	50
Figura 17. Acceso al área de libre aprovechamiento vía terrestre “Río Chicaña”	51
Figura 18. Acceso al área de libre aprovechamiento vía aérea “Río Chicaña”	51
Figura 19. Mapa de isotermas del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	53
Figura 20. Mapa de isoyetas del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	54
Figura 21. Mapa geomorfológico del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	56
Figura 22. Geformas del flanco este del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”. ...	57
Figura 23. Geformas del flanco este y oeste del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	57
Figura 24. Mapa topográfico del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	59
Figura 25. Perfil topográfico A – A' del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.	60
Figura 26. Perfil topográfico B – B' del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	60
Figura 27. Mapa de geología regional del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	62
Figura 28. Afloramiento 1.	63
Figura 29. Afloramiento 2	63
Figura 30. Afloramiento 3.	64
Figura 31. Afloramiento 4.	65



Figura 32. Afloramiento 5.	65
Figura 33. Afloramiento 6.	66
Figura 34. Depósito aluvial presente en la geología local.	69
Figura 35. Geología local del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	70
Figura 36. Corte geológico del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	71
Figura 37. Fotografías del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	72
Figura 38. Área explotable en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña.	73
Figura 39. Áreas a explotar en el área de libre aprovechamiento río Chicaña.	74
Figura 40. Secciones empleadas en el cálculo del método secciones transversales adyacentes..	77
Figura 41. Áreas de los perfiles empleados en la cubicación de material mediante secciones transversales adyacentes.	78
Figura 42. Modelo 3D de las reservas de material del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	80
Figura 43. Esquema del sistema de explotación actual en el área de libre aprovechamiento río Chicaña.	88
Figura 44. Diseño de vías para el área de libre aprovechamiento río Chicaña.....	97
Figura 45. Vista de perfiles de las vías en el área de libre aprovechamiento río Chicaña.....	98
Figura 46. Diseño del campamento para el área de libre aprovechamiento río Chicaña.....	99
Figura 47. Diseño de la zona de cribado y stock el área de libre aprovechamiento río Chicaña.	100
Figura 48. Dimensiones promedio del río Chicaña.	101
Figura 49. Dimensiones del dique de protección en el área de libre aprovechamiento río Chicaña.	103
Figura 50. Diseño del dique de protección en el área de libre aprovechamiento río Chicaña.	104
Figura 51. Dimensiones del dique transversal en el área de libre aprovechamiento río Chicaña.	106
Figura 52. Diseño del dique de protección en el área de libre aprovechamiento río Chicaña.	107
Figura 53. Diagrama de labores de arranque o extracción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”	108
Figura 54. Vista lateral de extracción en el frente de explotación.....	109
Figura 55. Cargado del material extraído en los frentes de explotación.....	115



unl



Figura 56. Operación de acopio en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” 116

Figura 57. Ciclo de trabajo en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”. 117

Figura 58. Diseño del sistema de explotación de graveras mediante diques transversales.
.....120



Índice de Anexos

Anexo 1. Punto de partida para el levantamiento topográfico.....	136
Anexo 2. Dron Phantom 4 Pro V2.0 – DJI, usado para el levantamiento topográfico del área de estudio.	136
Anexo 3. Hoja geológica Paquisha - escala 1: 100.000.....	137
Anexo 4. Entrada al área minera “Río Chicaña”	137
Anexo 5. Carta topográfica de los encuentros - escala 1: 50.000.....	138
Anexo 6. Orto Foto del área minera.	139
Anexo 7. Fichas de afloramientos.	140
Anexo 8. Fichas de Calicatas.....	146
Anexo 9. Ensayos del laboratorio.....	150
Anexo 10. Certificado de traducción.....	154
Anexo 11. Topografía del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.	156
Anexo 12. Geología local del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.....	157
Anexo 13. Geología regional del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.	158
Anexo 14. Diseño de vías en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.....	159
Anexo 15. Diseño de campamento en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.....	160
Anexo 16. Diseño de zona de cribado y stockeo en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.....	161
Anexo 17. Diseño de dique de protección en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.	162
Anexo 18. Diseño de dique transversal en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.	163
Anexo 19. Diseño de sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.....	164



unl

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



1. Título

Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.



2. Resumen

El presente proyecto de titulación, ha sido realizado con el objetivo de diseñar un sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe, la cual está constituida por un área de 24 hectáreas contiguas. Para realizar un sistema de explotación adecuado para la extracción de materiales pétreos, se proyectó una secuencia de objetivos con la finalidad de lograr un diseño óptimo y técnico.

En primera instancia se realizó una caracterización topográfica y geológica del área de libre aprovechamiento con ayuda de una revisión bibliográfica, seguida de un levantamiento de información geológica como topográfica en campo, llegando a la conclusión que la zona de estudio está constituida por un relieve irregular, esto se debe a que el río Chicaña atraviesa de norte a sur el área minera, geológicamente se encuentra en un depósito aluvial perteneciente al periodo cuaternario en su mayoría. Se determinó el volumen y la calidad del material árido y pétreo en la zona de estudio, obteniendo como resultado un área de libre aprovechamiento con un volumen de material de $340234,91 m^3$ los cuales son de buena calidad y pueden ser usados para capas de base y sub base. Se detalló los procesos y actividades actuales, así como la producción diaria lograda en el estado actual, además la descripción técnica y rendimiento de la maquinaria en el área de libre aprovechamiento.

Para la elección del sistema de explotación se planteó tres alternativas que se puedan implementar en el área de libre aprovechamiento, de acuerdo a criterios topográficos, caudal, maquinaria, infraestructura disponible, geomorfología, reservas de material, etc. El método elegido fue a cielo abierto, utilizando el sistema de graveras mediante de diques transversales, el cual es el más apropiado para extraer material en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña. Para finalizar y lograr el objetivo principal de este trabajo se detalló y esquematizó las actividades a desarrollarse para implementar el diseño que permita extraer de forma eficaz los materiales de construcción con ayuda de la maquinaria e infraestructura.

Palabras Clave: *Sistema de explotación, materiales de construcción, áridos y pétreos, libre aprovechamiento, diseño.*



Abstract

The present degree project has been carried out with the objective of designing an exploitation system in the area of free use “Rio Chicaña” with code 50000926, located in the canton Yantzaza, province of Zamora Chinchipe, which is constituted by an area of 24 contiguous hectares. In order to carry out an adequate exploitation system for the extraction of stone materials, a sequence of objectives was projected with the purpose of achieving an optimal and technical design.

Firstly, a topographic and geological characterization of the free use area was made with the help of a bibliographic review, followed by a survey of geological and topographic information in the field, reaching the conclusion that the study area consists of an irregular relief, this is because the Chicaña river crosses from north to south the mining area, geologically it is in an alluvial deposit belonging to the Quaternary period for the most part. The volume and quality of the aggregate and stone material in the study area was determined, resulting in an area of free use with a volume of 340234.91 m³ of material, which is of good quality and can be used for base and sub-base layers. The current processes and activities are detailed, as well as the daily production achieved in the current state, in addition to the technical description and performance of the machinery in the area of free use.

For the selection of the exploitation system, three alternatives were proposed that could be implemented in the free use area, according to topographic criteria, flow, machinery, available infrastructure, geomorphology, material reserves, etc. The method chosen was open pit, using the gravel pit system by means of transversal dams, which is the most appropriate for extracting material in the area of free use “Rio Chicaña. To conclude and achieve the main objective of this work, the activities to be developed to implement the design that allows the efficient extraction of construction materials with the help of machinery and infrastructure were detailed and schematized.

Key Words: *Exploitation system, building material, arid and stony, free use, design*



3. Introducción

La minería es una actividad esencial para el desarrollo de la sociedad, ya que proporciona los recursos naturales necesarios para satisfacer las necesidades de la humanidad. Desde la antigüedad, la minería ha sido una fuente de riqueza y desarrollo para las civilizaciones, y en la actualidad sigue siendo un sector clave en la economía y el desarrollo global. En Ecuador la extracción de materiales pétreos y de construcción ha sido de vital importancia para el desarrollo vial y el incremento de infraestructura ayudando de manera directa al crecimiento económico y social del país.

La región del oriente ecuatoriano se caracteriza por tener abundante material de construcción ya que se encuentra atravesado por grandes ríos los cuales proveen áridos y pétreos de excelente calidad. El área de libre aprovechamiento rio “Chicana” con código 50000926, se encuentra ubicada en el cantón Yantzaza de la provincia de Zamora Chinchipe, con un volumen de $340234,91 m^3$ los cuales son destinados para la construcción de infraestructura urbana como parques, carreteras, escuelas, hospitales, etc, ayudando al crecimiento local y a su vez mejorando la calidad de vida de la población.

En la actualidad la extracción del material dentro del del área minera se desarrolla de forma empírica y antitécnica, lo cual genera que la explotación no sea sostenible ni sustentable. El área de libre aprovechamiento al ser crucial para el desarrollo local y regional, se ve en la necesidad de contar con un sistema de explotación óptimo y técnico para la eficiente extracción del material, aumentar el rendimiento de la maquinaria, maximizar la producción diaria, reducir el costo de metro cubico extraído y clasificado además de ser amigable con el medio ambiente.

Para realizar este proyecto se partió de una base teórica fundamental continuando con un levantamiento en campo de la topografía y geología, además se analizó la calidad y el volumen del material mediante la toma de datos y ensayos. Finalmente, para diseñar un sistema óptimo en el área de libre aprovechamiento se tomó en cuenta todos los datos previamente mencionados con la finalidad de proponer un sistema de explotación en el que el rendimiento, así como la producción diaria sean beneficiosos para el desarrollo local.



unl



Objetivos

Objetivo General

- Diseñar un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, código 50000926 del cantón Yantzaza provincia de Zamora Chinchipe.

Objetivos Específicos

- Realizar un levantamiento topográfico y geológico en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926.
- Calcular las reservas de áridos y pétreos en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926.
- Proponer un sistema de explotación que permita la correcta extracción de materiales áridos y pétreos del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926.



4. Marco Teórico

4.1. Topografía

La topografía, es una ciencia muy significativa dentro de las ingenierías y centralmente de la geología, ya que permite obtener información de distancias y medidas en cualquier terreno sobre la superficie terrestre y subterránea.

Algunos autores defienden a la topografía como:

La topografía se encarga de medir extensiones de tierra tomado los datos para sus representaciones gráfica en un plano a escala, sus formas y accidentes. También podemos mencionar que la topografía determina distancias horizontales y verticales entre puntos y objetos sobre la superficie terrestre, medición de ángulos y establecer puntos por medio de ángulos y distancias previamente determinadas. El conjunto de operaciones necesarias para determinar las posiciones de puntos y posteriormente su representación en un plano es lo que se conoce como levantamiento. (Gámez, 2015, p.10)

Tradicionalmente la topografía se ha definido como una ciencia aplicada, encargada de determinar la posición relativa de puntos sobre la Tierra y la representación en un plano de una porción de la superficie terrestre. Una definición muy acertada es: topografía es la ciencia por medio de la cual se establecen las posiciones de puntos situados sobre la superficie terrestre, encima y debajo de ella; para lo cual se realizan mediciones de distancias, ángulos y elevaciones. (Rincón et al., 2011, p.1)

Dicho de otra manera, la topografía es la ciencia que tiene la responsabilidad de definir extensiones en la tierra con la ayuda de datos, con el fin de establecer posiciones de diferentes puntos que se encuentran en la tierra (superficie y subterránea).

El diario vivir en la vida ingenieril recalca la importancia de la topografía en la vida cotidiana, ya que sin ella no podríamos realizar varias actividades como sistemas de riego, obras de construcción, ordenamiento territorial, entre otros. Por tanto Gámez (2015) afirma que:

La Topografía tiene un campo de aplicación extenso, lo que la hace sumamente necesaria. Sin su conocimiento no podría el ingeniero por sí solo proyectar obras de ingeniería. Sin un buen plano, no podría proyectar debidamente un sistema de riego o



trazar un fraccionamiento de tierras cultivadas, sin el levantamiento de secciones transversales no le sería posible proyectar presas, puentes, canales, caminos y otras vías de comunicación, etc. Tampoco podría señalar una pendiente determinada como se requiere en la ejecución de obras de conservación de suelos. La selección de áreas por medio de la interpretación de curvas de nivel, ubicación y localización de parcelas para inventario forestal, etc. (p.12)

En la geología y en la minería la topografía no es la excepción, siendo así la ciencia de la topografía vital para la creación de planos, tomando en referencia a García et al. (2017) la topografía tiene importancia de magnitud considerable en la minería, ya que los planos deben mantenerse permanentemente actualizados en superficie y subterránea, presentado le mayor atención a los segundos, por lo que las variaciones en superficie son relativamente pequeñas a diferencia de la minería subterránea que en el caso de hundimientos en superficie provocados por las labores de interior se ven variaciones más grandes. (p.151)

4.1.1. Clases de Levantamiento

Existen dos tipos de levantamiento los cuales son el geodésico y topográfico, la diferencia entre este parte de que el levantamiento geodésico toma en cuenta la curvatura de la Tierra, por lo que se trabaja con grandes extensiones. Por otra parte, el levantamiento topográfico se toma datos en terreno con ayuda de instrumentos y se realiza mapas o planos en gabinete.

4.1.1.1. Levantamiento Geodésico. Es el conjunto de procedimientos y operaciones de campo y gabinete, destinado a determinar las coordenadas geodésicas de puntos sobre el terreno considerando la curvatura de la Tierra, elegidos y demarcados con respecto al Sistema de Referencia en uso. (Instituto Nacional de Estadística y Geografía de México, 2010, p.6)

4.1.1.2. Levantamiento Topográfico. Un levantamiento topográfico consiste en describir un terreno desde el punto de vista topográfico. A través de la utilización de instrumental especializado, el topógrafo realiza un escrutinio de la superficie del terreno y procede a la toma de datos, generalmente con un teodolito o estación total. Con los datos obtenidos en el levantamiento topográfico se realizan mapas Oplanos específicos de un lugar, describiendo

particularmente las características del terreno, como relieves o diferencias de altura que pueda haber. (PYMET, 2015, párr.1)

4.1.1.2.1. **Clasificación Del Levantamiento Topográfico.** Existen dos tipos, los cuales son levantamiento topográfico planimétrico y levantamiento topográfico altimétrico. Gámez (2015) nos menciona los tipos de levantamiento topográfico:

- Planimetría: estudia los instrumentos y métodos para proyectar sobre una superficie plana horizontal, la exacta posición de los puntos más importantes del terreno y construir de esa manera una figura similar al mismo. Entre los trabajos que realiza la planimetría tenemos: cálculo de superficie, división de terrenos en parcelas, replanteo de líneas viejas o destruidas, construcción de planos de terrenos, etc.
- Altimetría: tiene en cuenta la diferencia de nivel existente entre los diferentes puntos del terreno con respecto a una superficie de referencia, generalmente corresponde al nivel medio del mar. (p.13)

4.2. Geología

La geología es la ciencia encargada de estudiar el origen de la tierra, la composición de sus materiales, así como su historia y evolución, con la finalidad de entender los recursos y procesos que se encuentran en la superficie y por debajo de ella.

Algunos autores definen la geología como:

La Geología es la ciencia que estudia el planeta Tierra en su conjunto, describe los materiales que la forman para averiguar su historia y su evolución e intenta comprender la causa de los fenómenos endógenos y exógenos. La unidad de tiempo en geología es el millón de años. (Duque, 2020, p.20)

La Geología (a veces conocida, de forma más amplia, como Ciencias de la Tierra o Geociencias) estudia la estructura de la Tierra y los procesos que le han dado forma a lo largo de su historia y que continúan dándose. En ella se sustentan la mayoría de los recursos que la población y la industria necesitan, como son: energía, minerales, agua y alimentos. (Ilustre colegio oficial de Geólogos, 2015, p.20)



Es la ciencia que persigue la comprensión del planeta Tierra. La ciencia de la Geología se ha dividido tradicionalmente en dos amplias áreas: la física y la histórica. La Geología física, estudia los materiales que componen la tierra y busca comprender los diferentes procesos que actúan debajo y encima de la superficie terrestre. El objetivo de la Geología histórica es comprender el origen de la Tierra y su evolución a lo largo del tiempo. Por tanto, procurar ordenar cronológicamente los múltiples cambios físicos y biológicos que han ocurrido en el pasado geológico. El estudio de la Geología física precede lógicamente al estudio de la historia de la Tierra, porque, antes de intentar revelar su pasado, debemos comprender primero cómo funciona la Tierra. (Tarbuck et al., 2005, p.2)

4.2.1. Importancia de la geología.

En la ingeniería se enfrentan a una gran variedad de problemas, en donde el conocimiento de la geología es muy importante, ya que nos permite determinar ciertos aspectos importantes donde se vaya a desarrollar una obra civil, exploración minería, obra vial, etc. Giordani y Lanzone (2016) indican las importancias de la geología:

- Importancia en la ingeniería civil: El ingeniero civil se enfrenta a una gran variedad de problemas, en donde el conocimiento de la geología es muy importante en esta ciencia, como (Conocimiento sistematizado de los materiales, Las excavaciones se pueden planear y dirigir más inteligentemente y realizarse con mayor seguridad La capacidad para leer e interpretar informes geológicos, mapas, planos geológicos y topográficos y fotografía, es de gran utilidad para la planeación de muchas obras)
- Importancia de geología en obras hidráulicas: La construcción de una presa almacenadora de agua altera más las condiciones naturales que cualquier otra obra de la Ing. Civil y en las obras fluviales es esencial la regulación de la corriente natural del río dentro de un curso bien definido. (p.4-5)

Además de las importancias antes nombradas, es conveniente mencionar que la geología ayuda a identificar, caracterizar y evaluar depósitos de minerales metálicos como no metálicos, logrando abastecer de materia prima a la sociedad para el desarrollo continuo en búsqueda de una sociedad sostenible. Ilustre colegio oficial de Geólogos (2015) indica que:



La industria minera suministra una gran variedad de recursos, como los áridos y arenas para la construcción; los fosfatos para los fertilizantes; muchos minerales con aplicaciones industriales específicas, como la fluorita (utilizada en equipos ópticos) y la barita (empleada en los fluidos de perforación de los pozos para la extracción de petróleo y gas); y los minerales de los que se extraen todo tipo de metales. (p. 8)

La geología y la minería tienen una estrecha relación, la importancia ya que la geología es la encargada de la búsqueda y cálculo de las reservas de minerales, los cuales satisfacen las necesidades de la sociedad para el desarrollo.

4.2.2. Clasificación de Rocas.

Alrededor del mundo existen cientos de tipos de rocas, cada una con sus particularidades individuales. La clasificación que más resalta dentro de la geología al hablar de las rocas se basa en “tres grandes grupos, los cuales son ígneas, metamórficas y sedimentarias” (Subramanian y Whangbo, 2015, p. 1). Los tres tipos de rocas se diferencian por sus características químicas, por sus características físicas y su origen.

Para un mejor entendimiento de los tipos de rocas Pérez (2012) nos describe el ciclo de rocas:

El ciclo comienza con la consolidación del magma y la formación de las rocas magmáticas o ígneas, las cuales pueden sufrir un proceso de metamorfismo y convertirse en rocas metamórficas o pueden salir expulsadas a la superficie terrestre por fenómenos geológicos, como los volcanes. Al salir a la superficie, debido a que las condiciones ambientales que existen en el manto son muy distintas a las que aparecen en la superficie terrestre, pasan por un proceso de hipergénesis, que provoca la erosión de la roca madre, ayudando a su degradación y a la formación de detritos. Los agentes geológicos actúan sobre estos detritos transportándolos y sedimentándolos. Más tarde, estos sedimentos sufren un proceso llamado diagénesis, que da lugar a una serie de cambios físico-químicos en los sedimentos, transformándolos en rocas sedimentarias. A partir de aquí, las rocas sedimentarias pueden seguir dos caminos, pueden sufrir un proceso de metamorfismo, convirtiéndose en rocas metamórficas o puede ocurrir que, por la acción de fluidos químicamente activos procedentes de otras rocas sedimentarias, se conviertan en rocas metasomáticas sedimentarias. Estas rocas metasomáticas sedimentarias, tras sufrir un metamorfismo, darán lugar a rocas metamórficas. Las rocas



metamórficas resultantes pueden, por un lado, dar lugar a rocas ígneas mediante un proceso de migmatización o fusión parcial, y por otro, salir a la superficie, convirtiéndose en detritos, transformándose estos en rocas sedimentarias y siguiendo de nuevo el ciclo. (p.12)

El ciclo de las rocas no tiene un inicio ni un fin, en efecto el ciclo no es más que un proceso constante en el cual el material atraviesa diferentes circunstancias para transformarse en algún tipo de roca de los antes mencionados, estos procesos pueden durar millones de años y algunos pueden ser más acelerados.

4.2.2.1. Rocas Ígneas. Las rocas ígneas son la consecuencia de un enfriamiento del material que se encuentra en estado líquido a consecuencia de la temperatura, el enfriamiento se puede dar de manera intrusiva o extrusiva, la masa que se encuentran en estado líquido se encuentra a altas temperaturas. Cuando se enfría y solidifica durante el periodo en el que asciende hacia la superficie de la Tierra, en zonas cercanas a la superficie (corteza terrestre) da lugar a las rocas plutónicas o intrusivas, mientras que cuando se enfría y solidifica en la superficie da lugar a las rocas volcánicas o extrusiva (Subramanian y Whangbo, 2015).

Duque (2020) detalla algunas generalidades de las rocas ígneas:

- Son el fruto de la solidificación del magma, fragmentado o compacto, sobre o en el interior de la corteza terrestre. Esas temperaturas de cristalización oscilan así: para los magmas riolíticos 1000 ° C, para los andesíticos 1150 ° C y para los basálticos 1250 ° C.
- La composición mineralógica promedio de las rocas ígneas es: 59% feldespatos, 12% cuarzo, 17% anfíboles y piroxenos, 4% micas y 8% otros minerales.
- Por el volumen en la corteza, las rocas ígneas representan el 95% contra el 5% de las sedimentarias, aunque estas últimas exhiben mayor afloramiento. (p.128)

4.2.2.2. Rocas Metamórficas. Las rocas metamórficas son el resultado de la transformación de rocas ígneas y sedimentarias inclusive de rocas propiamente



metamórficas, las cuales han sufrido cambios en su condición física y química en estado sólido, por consiguiente Subramanian y Whangbo (2015) menciona que:

Las rocas metamórficas se generan a partir de rocas preexistentes que, como consecuencia de sufrir un aumento importante de temperatura y de presión por procesos geológicos (enterramiento, intrusión de magmas, etc.), sufren reajustes. Este reajuste ocasiona cambios en sus minerales y composición química de forma que la roca original (sedimentaria, ígnea o metamórfica) se transforma en un nuevo tipo que llamamos roca metamórfica. El proceso metamórfico se realiza en estado sólido, es decir, las transformaciones se producen sin que la roca llegue a fundirse. La mayoría de las rocas metamórficas se caracterizan por un aplastamiento general de sus minerales que hace que aparezcan orientados de forma plana dando lugar a una laminación de la roca. Este fenómeno se denomina foliación. (p.4)

4.2.2.3. Rocas Sedimentarias. Las rocas sedimentarias se encuentran conformadas por la acumulación de materiales de una roca (ígnea, metamórfica o sedimentario) preexistente que se encuentra expuesta en la superficie de la tierra, pasa por un proceso sedimentario (erosión o intemperismo, transporte, depósito, compactación y diagénesis) con el que llega a convertirse en una roca sedimentaria. Tarbuck et al. (2005) acota la siguiente definición sobre las rocas sedimentarias:

Los productos de la meteorización mecánica y química constituyen la materia prima para las rocas sedimentarias. La palabra sedimentaria indica la naturaleza de esas rocas, pues deriva de la palabra latina sedimentum, que hace referencia al material sólido que se deposita a partir de un fluido (agua o aire). La mayor parte del sedimento, pero no todo, se deposita de esta manera. Los restos meteorizados son barridos constantemente desde el lecho de roca, transportados y por fin depositados en los lagos, los valles de los ríos, los mares y un sinnúmero de otros lugares. Los granos de una duna de arena del desierto, el lodo del fondo de un pantano, la grava del lecho de un río e incluso el polvo de las casas son ejemplos de este proceso interminable. Dado que la meteorización del lecho de roca, el transporte y el depósito de los productos de meteorización son continuos, se encuentran sedimentos en casi cualquier parte. Conforme se acumulan las pilas de sedimentos, los materiales próximos al fondo se compactan. Durante largos períodos, la

materia mineral depositada en los espacios que quedan entre las partículas cementa estos sedimentos, formando una roca sólida. (p.202)

4.3. Material Árido y Pétreos

Los materiales áridos y pétreos se consideran un sector estratégico para el desarrollo de una sociedad ya que, según Zúñiga (2016) “El 75 % de áridos y pétreos es utilizado y aplicado para elaborar diferentes obras de construcción e ingeniería, el empleo de este tipo de materiales a través del tiempo ha dado paso a la expansión de diversos territorios y civilizaciones.” (párr.2).

El estado ecuatoriano a través del MERNNR, manifiesta que, 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 (Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, 2020, p.6).

4.3.1. Clasificación de los Áridos y Pétreos.

Existen diferentes tipos de áridos, de acuerdo a sus características físicas, químicas y mecánicas, con el fin de entenderlos se han establecido 3 grandes grupos en los cuales se clasifican de por sus dimensiones, por su origen y por su naturaleza. (Bañón y Beviá, 2000)

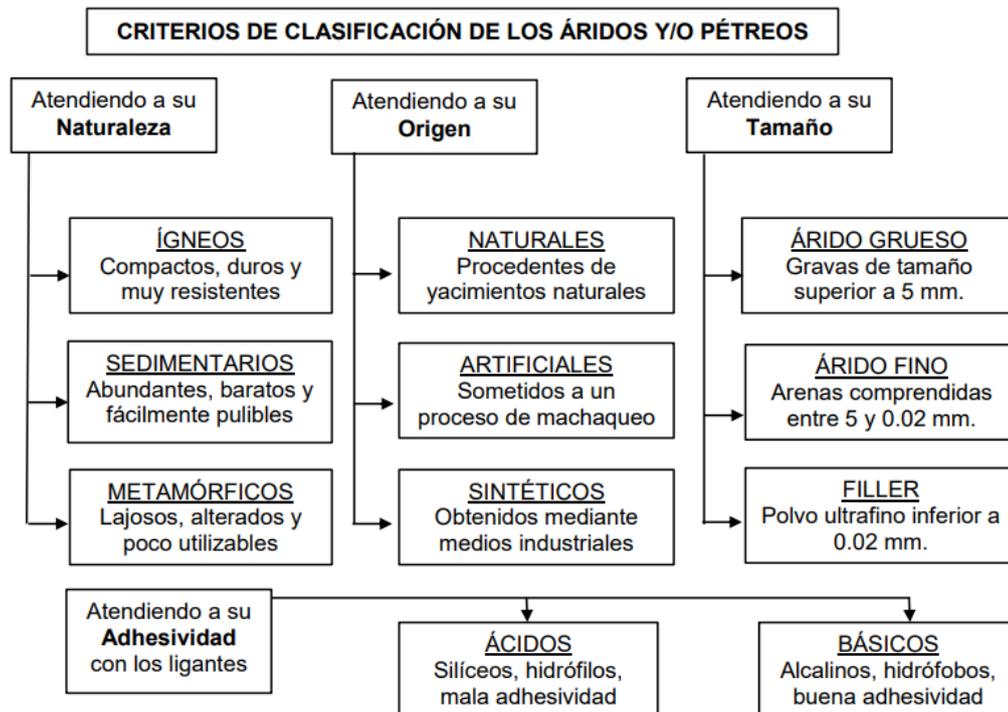


Figura 1. Clasificación de áridos y pétreos. (Bañón y Beviá, 2000, p. 129)



4.3.1.1. Criterio de Naturaleza Mineral. Construmatica (2010) nos detalla los diferentes tipos de áridos que existen atendiendo a su naturaleza:

- Áridos silíceos: Provenientes de la descomposición del cuarzo, son los que más se utilizan, por cuanto pueden considerarse los mejores áridos por su dureza y estabilidad química.
- Áridos calizos: Originados por la disgregación de rocas calizas, son áridos blandos y de poca durabilidad.
- Áridos arcillosos Son áridos silíceos, que también incorporan arcillas, no suelen dar buen resultado. (párr.10)

4.3.1.2. Criterio de Origen o Procedencia. Se entiende por áridos naturales a los materiales que son encontrados en el pie de una roca que ha sido meteorizada, pueden ser ubicados en diversos lugares como una montaña, o en la orilla de un río o playa en el caso de que hayan sido arrastrados. (Construmatica, 2010, párr.7)

4.3.1.3. Criterio de Tamaño. Los materiales luego de ser recolectados, por lo general son clasificados por medio de instrumentos, esta clasificación se hace en tres grandes grupos en función de la granulometría, así como Bañón Blázquez y Beviá García (2000) nos señala:

- Áridos gruesos: están compuestos fundamentalmente por gravas, comprende un tamaño de 60 y 5 mm.
- Áridos finos: Se corresponden con las arenas, por lo que se excluyen partículas que no atraviesen el tamiz de 5 mm.
- Filler o rellenedor: se define como una fracción mineral que pasa por el tamiz 0.090 UNE; esta especie de polvillo fino se obtiene como un producto residual procedente del lavado de los áridos machacados. (p.131)



4.3.2. *Tipos de Depósitos Sedimentarios de materiales Detríticos.*

4.3.2.1. Depósitos Aluviales. Los depósitos aluviales están vinculados con el agua, ya que es el elemento que moviliza y permite la depositario, Ayala (2018) ratifica que:

Son producto del transporte y depósito de detritos por medio de la acción del agua. Los elementos que los conforman comprenden arcillas, arenas, gránulos, guijarros, cantos y bloques de formas muy variables desde angulosas a redondeadas. Por lo que ocupan cauces, llanuras y paleocauces bajo la forma de abanicos. Mientras que los que se hallan a lo largo de valles de gran amplitud y recorrido están representados por depósitos fluviales. (párr. 5)

(Armijo, 2015) indica que el aprovechamiento de los depósitos aluviales tiene algunos beneficios como son:

- Eliminar el azolve para así mejorar el flujo de los ríos y evitar desbordamientos y deslizamientos de talud.
- Encauzar de forma adecuada un río para conducirlo en la dirección deseada para evitar daños aguas abajo.
- Aprovechar el material explotado en obras para la población, como construcción de caminos, puentes, edificaciones, etc. (p.70)

4.3.2.2. Depósitos coluviales. se determinan por encontrarse en climas extremos como nos ratifica Ayala, (2018):

Están presentes tanto en climas áridos, como secos, tienen apariencia de conos o pequeños abanicos los que no cuentan con un espesor importante ya que corresponden a acumulaciones locales sin mucho transporte. En algunos casos, pueden formarse en las cabeceras de terrazas aluviales dando la apariencia de ser un mismo depósito. (párr. 6)

4.3.2.3. Depósitos Eólicos. Ayala (2018) da a entender que los depósitos “los encontramos compuestos exclusivamente por granos de arena cuyo diámetro de partículas varían entre 0.5mm a 1mm. Mayormente se les observa en áreas costeras bajo la influencia de climas áridos, presentan laminaciones alargadas



relacionadas a depósitos coluviales o aluviales” (párr.8).

4.3.2.4. Depósitos Marinos aluviales. “Los depósitos marino aluviales son acumulaciones predominantemente arcillosas, producto de la interacción de procesos marinos y aluviales en tiempos antiguos, predominan las arcillas firmes pardo grisáceas con grava diseminada de 0,5 - 1 cm” (Daleccio, 2022, p.23).

4.3.2.5. Depósitos Fluviales. Este tipo de depósitos afloran en terrazas tanto en áreas montañosas o costeras como en otro tipo de depósitos, no obstante Ayala (2018) nos señala que “la textura al interior de éstos es notablemente diferente a los anteriores. Debido a que sus clastos son redondeados, alargados y sobre todo imbricados en una matriz que puede ser arenosa o arcillosa según las condiciones hidrológicas y climáticas de su sedimentación” (párr.12).

4.3.2.6. Depósitos Glaciares o Morrenas. Este tipo de depósitos se ve directamente relacionado con las bajas temperaturas, es decir que por medio de la glaciares o agua de fusión de glaciación son depósitos, Ayala (2018) determina que:

Son acumulaciones de gravas, arenas y arcillas que pueden localizarse en un rango amplio de sitios geográficos relacionados a la caída de nieve y climas secos. Su formación depende directamente de la erosión de la superficie topográfica por abrasión que da lugar al transporte local y captación de sedimentos por el glaciar. Si bien estos depósitos tienen cierto parecido con los depósitos aluviales en secciones estratigráficas, se les diferencia por su morfología menos conspicua y drenaje ramificado a través de lomas alargadas presentes en las partes bajas de las cordilleras o en lagunas glaciares. (párr.15)

4.4. Métodos Para Calcular o Cubicar Reservas de Áridos y Pétreos.

4.4.1. Método de Cubicación

El método de cubicación se basa en utilizar las curvas de nivel, es decir que si tenemos una cartografía detallada se puede realizar el cálculo del volumen, Olivares (2007) manifiesta:

Este método se utiliza para calcular volúmenes aproximados teniendo en cuenta que el volumen que encierran dos curvas de nivel consecutivas se puede asemejar a troncos de cono, por supuesto irregulares. Este método se utilizaba antes cuando no disponíamos de modelos digitales, pues resultaba sencillo calcular las superficies aproximadas de las curvas de nivel. Por supuesto, hay algunos programas que tienen la opción de calcular por este método, ya que al tener la cartografía digital es ahora más sencillo calcular estas superficies. (p.1)

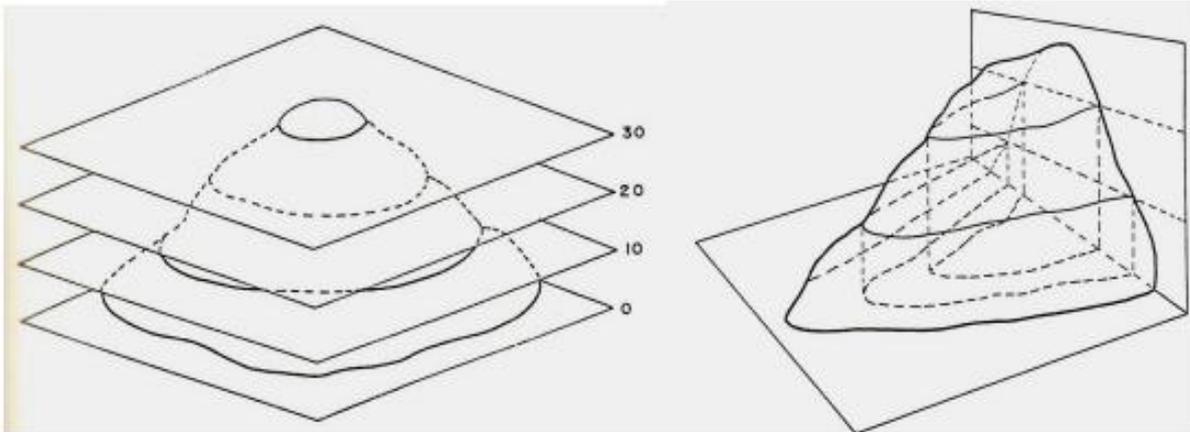


Figura 2 Método de cubicación. (Olivares, 2007, p. 1)

4.4.2. Método de la Cuadrícula

“Este método se basa en establecer una retícula, la cual puede ser cuadrada con el fin de simplificar el cálculo de volumen total, el cual sería una suma del volumen de cada uno de los prismas generados por cada cuadrícula, tomando como altura de éste la media de las cuatro aristas que lo forman”. (Olivares, 2007, p.2)

Otros autores nos indican que:

Se emplea en áreas pequeñas debido al gran trabajo que se tiene que realizar, el terreno se divide en cuadrados o rectángulos de 5, 10, 15 o 20 metros. Colocando estacas en los vértices para luego realizar el levantamiento altimétrico y determinar por la interpolación u otro método de determinación de curvas de nivel. (Navarro, 2008, p.80)

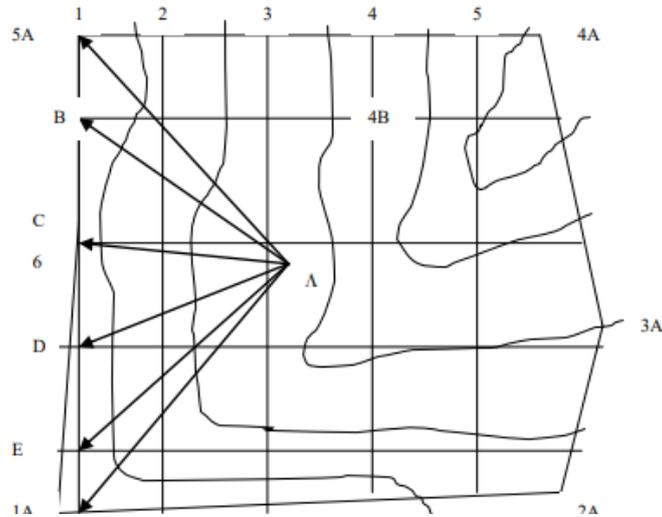


Figura 3. Método de la cuadrícula. (Navarro, 2008, p.80)

4.4.3. Método de Triangulación o Triángulos

UNSJ (2020) Se basa en unir los sondeos o datos mediante líneas rectas formando un mallado triangular. Cada triángulo es la base de un prisma imaginario con una potencia determinada. La ley de cada prisma se calcula como la media aritmética de las leyes medias en los tres sondeos de los vértices del triángulo, o como la ley media ponderada por las potencias en cada una de las tres muestras. Este método se basa en el Criterio de Variación Gradual.

- Ventajas: En general es más adecuado que el método de polígonos porque en la estimación de la ley de cada bloque de base triangular interviene la información de tres sondeos.
- Desventajas: Complicada la generación de los triángulos y el cálculo de las áreas. (p.10)

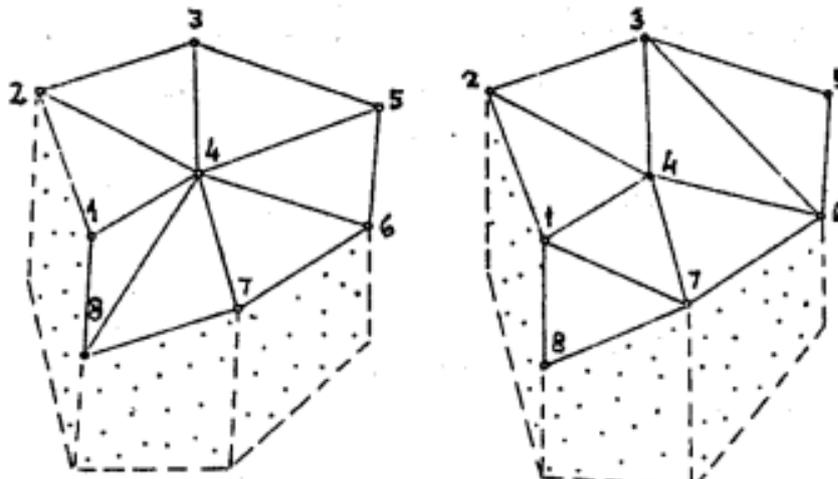


Figura 4. Método de Triangulación o Triángulos. (UNSJ, 2020, p.10)

4.4.4. Método de Polígonos

El método de polígonos se fundamenta en una relación del área del polígono y el espesor tal como indica Jimeno (1994) Se divide el yacimiento en polígonos determinados por las mediatrices de los segmentos que unen los sondeos. Dentro de cada polígono se supone constante la potencia dada por cada sondeo, por lo que el volumen de cada dato se calcula multiplicando el área del polígono por el espesor testificado en el sondeo. (p.78)

4.4.5. Método del Modelo de Bloques.

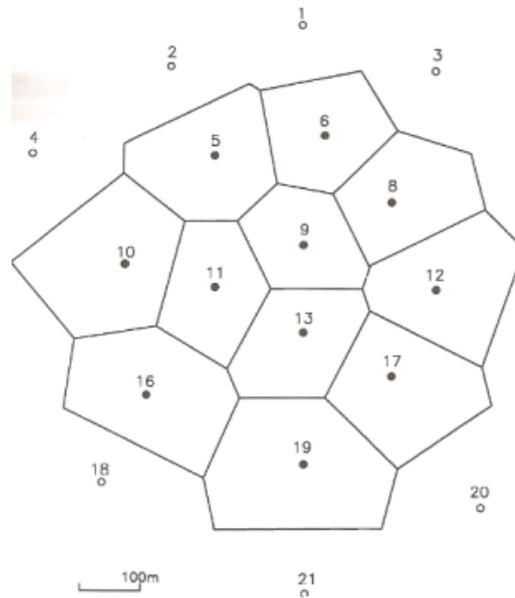


Figura 5. Método de Polígonos. (Jimeno,1994, p.78)

El método de bloques radica en dividir los yacimientos en paralelepípedos, Jimeno (1994) señala que:

Tiene la ventaja de poder representar y calcular volúmenes de las variaciones de calidad del yacimiento, si bien para obtener esta efectividad, es necesario contar con un gran número de datos. Consiste en dividir el yacimiento en paralelepípedos, con una o dos dimensiones variables y la tercera constante (esta generalmente se hace coincidir con la altura de los bancos). Cada paralelepípedo está caracterizado con la información necesaria (litología, mineralogía, calidades, parámetros geo mecánicos, parámetros hidrogeológicos, etc.) y para estimar el contenido de cada bloque, una vez investigado e interpretado el yacimiento, se procede a utilizar una función de extensión (distancia ponderada o geoestadística). Además de esto, su valor se basa en poder actualizar los datos según avanza la explotación del recurso, obteniendo a menudo modificaciones importantes. (p.28-29)

4.4.6. Método De Las Secciones Transversales Adyacentes

El método de secciones transversales adyacentes consiste en una relación de intervalos verticales y el área de cada sección, ExploraGeología (2010) indica que:

Se trazan secciones geológicas verticales en las que a intervalos regulares se representa la forma del depósito y el área que ocupa en cada sección y dentro del hueco proyectado. La reserva se calcula multiplicando el área de cada sección por la equidistancia entre ellas y sumando a continuación los volúmenes obtenidos. Es el método más utilizado junto con el del modelo de bloques. (p.26-27)

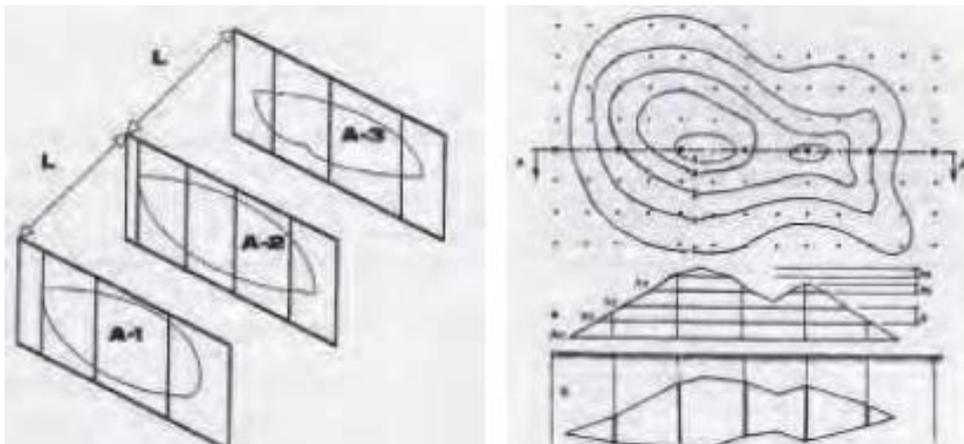


Figura 6. Método de las secciones transversales adyacentes. (ExploraGeología, 2010, p.26-27)

4.4.7. Método de alturas medias

Un método es el de las alturas medias el cual consiste en determinar el promedio de todas las alturas por cada cuadrícula. La elevación por el método de las alturas media será un promedio de todas las alturas. (Navarro, 2008)

Es aplicable cuando el terreno no tiene grandes cambios de pendiente. Se calcula la diferencia de altura de cada punto con el plano de excavación, se promedian todas las diferencias, y se multiplica por la superficie. (Corral y Villena, 2018)

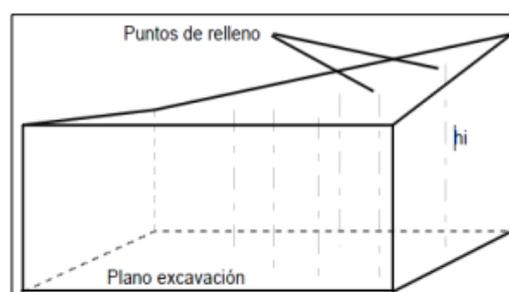


Figura 7. Método de altura media. Corral y Villena (2018)



$$V = Sb * \frac{h1 + h2 + h3}{3}$$
$$V_t = Sb * \frac{\Sigma h}{n}$$

Dónde:

Vt= Volumen

Sb= Superficie

Σh= Sumatoria de las alturas

n= Número de puntos

4.5. Métodos y Sistemas de Explotación

4.5.1. Minería a Cielo Abierto

La minería a cielo abierto se refiere a una minería en superficie donde se extrae un mineral con valor económico rentable. El material deseado se retira, se transporta a un sitio lejos de los límites de la mina, donde posterior es llevado a una planta de tratamiento o a su vez se comercializa directamente dependiendo del mineral. (Centro Nacional Minero de Colombia, 2001, p.68)

4.5.2. Métodos de Explotación Para Minería a Cielo Abierto

4.5.2.1. Bancos. El método de explotación de bancos se basa en dividir el yacimiento en escalones, el Centro Nacional Minero de Colombia (2001) indica que:

Explotación en la cual se divide el yacimiento en escalones, de una altura que está relacionado con el tamaño de los equipos de carga. Normalmente se comienza su explotación en forma descendiente. El ancho década banco debe ser lo suficiente para que el equipo de carga y el de transporte pueden trabajar libremente. Los bancos están conectados unos a otros por medio de rampas y se debe realizar cunetas para el manejo del agua. (p.65)

4.5.2.2. Terrazas. El método de terrazas se basa en un banqueo con avance unidireccional, el cual es aplicado en yacimientos en su mayoría 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. Las profundidades que se alcanzan son importantes. (Herrera, 2006, p.7)



Figura 8. Método de explotación por terrazas. (Herrera, 2006, p.7)

4.5.2.3. Cortas. El método Cortas para explotación minería a cielo abierto es aplicada en yacimientos masivos o de capas inclinadas, cuya explotación es llevada a cabo tridimensionalmente por banqueo descendente, con secciones verticales en forma troncocónica. Este método está considerado dentro de los tradicionales de la minería metálica y en los últimos tiempos se ha destacado ya que gracias algunas modificaciones ha sido adaptado a la explotación yacimientos de carbón. La profundidad de estas explotaciones suele ser grande, llegándose en algunos casos a superar los 300 m. (Herrera, 2006, p.5)

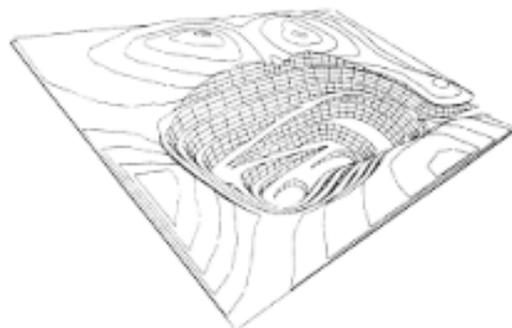


Figura 9. Método de explotación por Cortas. (Herrera, 2006, p.5)

4.5.2.4. Descubiertas. Descubiertas es el método que se aplica en planos cercanos a la horizontal recubiertos por cuerpos estériles, el Centro Nacional Minero de Colombia (2001) indica que:

Es aplicable en yacimientos más bien planos casi horizontales, con recubrimientos de estériles no muy grandes (20 - 30 cm) y casi siempre se recupera un solo banco o manto de mineral. La maquinaria que se utiliza depende del volumen de las reservas extraíbles siendo aplicable en grandes minas la dragalina y en las minas pequeñas la maquinaria convencional como volquetes, cargadores y tractores. (p.66)

4.5.2.5. Graveras. Para Herrera Herbert y Pla Ortiz de Urbina (2006) las graveras se centran en los materiales detríticos como la arena y grava albergados en depósitos de valle y terrazas de los ríos, donde se realiza una explotación intensa por la alta demanda en el sector de la construcción, este material es poco cohesionado o presenta bajo grado de consolidación por lo que el arranque se efectúa por equipos mecánicos, suele realizarse en un solo banco con profundidad inferior a los 20m.

Cuando el yacimiento se encuentra situado por encima del nivel freático se emplea maquinaria como excavadoras o buldózer, estas máquinas atacan el yacimiento desde la parte superior del banco de explotación o desde el pie del mismo, en el caso de que el yacimiento se encuentre por debajo del nivel freático es necesario utilizar máquinas como dragalinas con cables y cuchara, o excavadoras que operan desde la orilla.



Figura 10. Método de explotación de “Graveras” Herrera Herbert y Pla Ortiz de Urbina (2006)

4.5.2.6. Canteras. El método de explotación de canteras se utiliza para referirse a las explotaciones por lo general de rocas industriales, ornamentales y de material de construcción, Herrera (2006), clasifica el método en dos:

- El primero, donde se desea obtener un todo-uno fragmentado apto para alimentar a las plantas de tratamiento y obtener un producto destinado a la construcción en forma de áridos, a la fabricación de cementos, a la fabricación de productos industriales, etc. En este tipo de explotación se dan canteras donde la extracción no es cuidadosa y se dan grandes alturas de banco.
- El segundo, dedicado a la explotación cuidadosa de grandes bloques paralelepíedicos, que posteriormente se cortan y elaboran. Estas explotaciones se caracterizan por el gran número de bancos que se abren para arrancar los bloques y la maquinaria especial con la que se obtienen planos de corte limpios. (p.8)

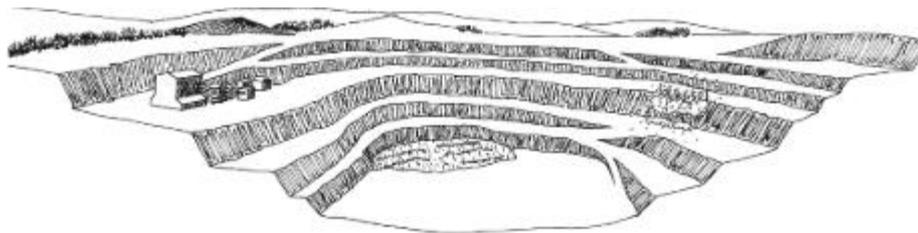


Figura 11. Método de explotación “Cantera”. (Herrera, 2006, p.8)

4.5.3. Sistemas de Explotación Para Materiales Áridos Y Pétreos.

4.5.3.1. Explotaciones Secas. Consisten en excavaciones tridimensionales hasta alcanzar el fondo previsto o lecho del depósito de gravas y arenas. Estas explotaciones se localizan en las terrazas altas de los depósitos fluviales y se trabaja siempre por encima del nivel del río o, en su caso, del nivel freático. Según la profundidad, el avance se realiza con un frente único o escalonado en varios bancos. La maquinaria empleada es típica de cualquier explotación a cielo abierto, siendo lo habitual las retroexcavadoras o las palas cargadoras sobre ruedas. (Herrera, 2006, p.14)

4.5.3.2. Explotaciones Bajo Lámina De Agua. En estas explotaciones el nivel freático se encuentra muy próximo a la superficie o a una cierta profundidad cuando el paquete productivo es de gran potencia. Por ello, la extracción se realiza total o parcialmente bajo el agua. En la mayoría de los casos se lleva un



solo banco con una altura igual a la de la profundidad del hueco inundado. Solo cuando la parte alta del depósito se encuentra seca, la extracción se hace con un método mixto, pudiendo emplearse equipos distintos en cada zona. Los más comunes son dragalinas, cucharas de arrastre y retroexcavadoras. (Herrera, 2006, p.14)

4.5.3.3. Explotaciones Con Rebajamiento De Nivel Freático. Este sistema se basa principalmente en la depresión del nivel freático, Herrera (2006) indica que el rebajamiento es mediante:

- Conjunto de pozos de bombeo perimetrales al área de explotación
- Red de zanjas excavadas por debajo del nivel de extracción
- Pantallas de impermeabilización

En cualquier caso, requiere disponer y mantener un equipo permanente de bombas para mantener el nivel de agua a la altura deseada. La cantidad de agua que es preciso bombear puede llegar a ser notable debido a la alta conductividad hidráulica y radios de influencia de varios cientos o miles. (p.15)

4.5.3.4. Explotaciones Por Diques Transversales. El sistema de explotación por diques transversales es utilizado para la explotación de material de arrastre, Mojica & Manrique (2008) señala que:

El sistema de explotación por diques transversales utiliza lo mínimo en recursos económicos proporcionando una mejor producción manteniendo siempre una armonía con el medio ambiente. El diseño de los diques depende del caudal presente en el río. Las herramientas utilizadas en este sistema son la retroexcavadora y las volquetas para el cargue y transporte. (p.3)

4.6. Operaciones Básicas Para Extracción de Áridos

4.6.1. Labores de Preparación

Las labores de preparación son las principales que se llevan a cabo cuando inicia un proyecto de extracción de materiales áridos y pétreos, ExploraGeología (2010) indica que:



Consisten en la retirada de los materiales de recubrimiento, que son la cubierta vegetal y el perfil de meteorización y otros materiales estériles, con objeto de dejar al descubierto los materiales a explotar. Si bien en algunos casos sólo se requiere la retirada de pequeños volúmenes de tierra mediante excavadoras y camiones, en otros casos, los grandes volúmenes de recubrimiento exigen cuidar la planificación de esta tarea para optimizar el coste de la misma. (p.68)

4.6.2. Arranque

Es el proceso mediante el cual existe una separación física del material de interés y la corteza terrestre, ExploraGeología (2010) afirma que:

Consiste en separar los materiales del terreno del que forman parte. Puede realizarse directamente mediante equipos excavadores adecuados (retroexcavadoras, mototrillas, bulldocers o dragas, cuando se realiza bajo lámina de agua), o utilizando explosivos, cuando el macizo rocoso no permite el arranque directo. Cuando se hace uso de explosivos, el arranque se descompone en las fases de perforación y voladura. Estas perforaciones se cargan con el explosivo necesario para conseguir la fragmentación del macizo rocoso tras la voladura. (p.68)

4.6.3. Carga

Posterior a la separación física del material de la corteza terrestre, es necesario realizar la carga, ExploraGeología (2010) afirma que “En este proceso los materiales en bruto se cargan en equipos de transporte. La maquinaria más comúnmente utilizada para realizar esta tarea son las retroexcavadoras y las palas cargadoras, dependiendo de la magnitud de los trabajos” (p.69).

4.6.4. Transporte y Vertido

El proceso de transportar se debe realizar con equipos adecuados, con la finalidad de realizar un transporte eficiente, ExploraGeología (2010) afirma que:

La retirada de materiales de la zona de extracción para llevarlo según el caso al vertedero (los estériles), a la planta de transformación o directamente a la obra en el caso de productos en bruto se realiza en la mayoría de los casos con camiones (dumper, doble carro y bañeras), aunque también se utilizan mototrillas, que realizan todo el proceso de arranque, transporte y vertido, y cintas transportadoras. (p.70)



Dentro del transporte y vertido existen varios sistemas, los cuales son: discontinuo y continuo; el Instituto tecnológico Geominero de España (1995) menciona que “En el sistema discontinuo la operación de arranque, se lleva a cabo con equipos discontinuos y el transporte se efectúa con volquetes mineros, es actualmente, el sistema más implantado debido a su gran flexibilidad y versatilidad, por otro lado, tenemos el sistema continuo el que se basa en realizar el arranque, carga y transporte mediante un solo equipo, este sistema se caracteriza por trabajar con índice elevado de energía” (p.30)

4.6.5. Clasificación

La etapa de clasificación se basa en determinar el material por su granulometría, de acuerdo al libro del 2007 Áridos Y Cementos de Lauces nos indica que la operación de clasificación “permiten seleccionar el tamaño de las partículas separándolas entre las que pasan y las que no pasan por las mallas. De este modo, se logran áridos de todos los tamaños posibles, en función de la demanda del mercado” (p.161)

4.6.6. Lavado

La operación de lavado este compuesto en un proceso de limpiar los áridos con el propósito de obtener material de calidad.

Las operaciones de desenlodado y lavado del material se realizan cuando el yacimiento presenta lodos, arcillas u otras sustancias que afecten en la calidad de los áridos, y permiten obtener áridos limpios con el fin de responder a las necesidades de determinadas aplicaciones de la industria, evitando así la alteración de la adherencia con los ligantes (cemento, cal, compuestos bituminosos u otros) permitiendo así proceder a su correcta aplicación. (Lauces, 2007, p.161)

4.7. Maquinaria y Equipos Para la Extracción de Áridos

4.7.1. Equipo de Arranque y Carga

Las operaciones de carga y arranque se realizan fundamentalmente con equipos móviles como excavadoras, palas cargadoras sobre ruedas, bulldozers y dragalinas. (Lauces, 2007) detalla los equipos:

- 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 caso 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. (p.162)

4.7.2. Equipo de Transporte

Independientemente del método de explotación, en las operaciones de transporte dentro de la extracción de materiales áridos y pétreos se usan los siguientes equipos según Lauces (2007) son los siguientes:

- 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.
- 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. (p.162)

4.7.3. Equipos de Planta De Tratamiento

Dentro de la planta de tratamiento de áridos y pétreos se debe realizar una serie de procedimientos con el fin de clasificar y triturar de una manera óptima el material, Lauces (2007) ratifica que “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” (p.162).

5. Metodología

Con la finalidad de elaborar un diseño de un sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, se utilizó un conjunto de métodos.

Método Científico con el que se estimó los resultados mediante un análisis y síntesis con la finalidad de comprender las relaciones de los elementos como son la base topográfica y geológica con la ubicación con la finalidad de elaborar un sistema de explotación técnico, el enfoque de la investigación es mixto ya que fue tanto cualitativo y cuantitativo.

Método de estudio deductivo, inducción y analítico de campo fueron aplicados en el levantamiento geológico y topográfico ya que nos permitieron realizar un análisis desde lo general hasta lo específico basándonos en las observaciones y el análisis dentro del campo.

Se realizó una investigación documental cualitativa por lo que se recopiló información sobre los materiales áridos y pétreos, así como los métodos de ubicación de los mismos.

Investigación cuantitativa ya que se procesó datos topográficos con la finalidad de elaborar el mapa topográfico además se realizaron cálculos que permitan obtener el volumen del material a explotar. De igual manera es una investigación experimental ya que se realizaron ensayos en laboratorios con las diferentes muestras recolectadas.

5.1. Materiales y Equipos

Los materiales son las herramientas necesarias para el desarrollo y elaboración del proyecto de tesis. En función de su aplicabilidad se clasifican en materiales de oficina los cuales nos permitieron analizar y procesar datos obtenidos en campo, por otra parte, se encuentran los materiales de campo que son aquellos que facilitaron la realización del trabajo in situ (tabla 1).

Tabla 1. *Materiales empleados en el desarrollo del proyecto.*

Materiales			
Campo	Laboratorio	Geoprocesamiento	Oficina
Ácido clorhídrico	Microscopio	Hoja geológica Paquisha	Computadora
Brújula tipo Brunton	Placas mineralógicas	- escala 1: 100.000, la cual se recopila bibliográficamente en el Instituto de Investigación Geológico y Energético	Documentos Bibliográficos
Cámara fotográfica	Mandil		Escuadras
Cinta métrica y Flexómetro	Reactivos		Esferos
Distanciómetro	Vasos de precipitación	Hoja topográfica de los Encuentros - escala	Excel 2010

Ficha de descripción en campo	Mortero	1:50.000, la cual se encuentra en el Geoportal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador	Global Mapper
Fotografía área referenciada			Impresora
Fundas plásticas de muestreo			Libreta de apuntes
Libreta de campo		GPS	Software ArcGIS
Lupa			Software Auto CAD
Martillo geológico			Word 2018
Spray			
Navaja de campo			

Nota. Elaborado por Torres (2022)

5.2. Procedimiento

• **Recolección y análisis de información preliminar**

Se realizó una recolección de datos para la fase de levantamiento geológico y topográfico mediante un análisis de la hoja topográfica de Los Encuentros - escala 1: 50.000 (anexo 5), la cual se encuentra en el Geoportal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador y de la hoja geológica Paquisha - escala 1: 100.000 (anexo 4), la cual se recopiló bibliográficamente en el Instituto de Investigación Geológica y Energética.

La recolección de datos de la zona de estudio con la ayuda del plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia Chicaña el cual ha sido desarrollado por el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Chicaña (2015) además se realizó una visita a la zona de estudio con la finalidad de realizar observaciones previas y reconocimiento.

Se recolectó información bibliográficamente de los materiales de construcción (áridos y pétreos), metodología para realizar la cubicación de materiales y el proceso para realizar una elaboración de un sistema de explotación, así como las diferentes actividades que se realizan dentro del sistema de explotación de materiales áridos y pétreos.

• **Fase de campo**

En la fase de campo en primera estancia se ejecutó una visita de campo para cumplir con el reconocimiento de la zona estudio, posterior se cumplió con un levantamiento topográfico y geológico, del área de libre aprovechamiento. Dentro de esta fase se realizó una descripción de afloramientos, así como calicatas, además se tomó medidas dentro de la zona de estudio, lo cual va contribuir con la cubicación de material,



Con la finalidad de determinar las actividades que se desarrollan en el área de libre aprovechamiento se realizó entrevistas, registros y observaciones directa en campo.

• Fase de laboratorio

Se efectuaron ensayos de análisis microscópico de los minerales que componen las muestras obtenidas en los afloramientos con la finalidad de determinar sus características, de la misma manera se efectuaron ensayos del material obtenido de las calicatas con el propósito de determinar la calidad del material de arados y pétreos.

• Fase de Oficina

Dentro de esta fase se procesó y organizó las fichas de campo para poder determinar la geología de la zona de estudio, así mismo se procesó los datos recolectados mediante el levantamiento topográfico con la finalidad de elaborar un mapa donde se representan todas las características del área estudiada.

Con la ayuda de la información recolectada en campo se cubicó el material y se elaboró el sistema de explotación, por último, se redactó el informe de una forma ordenada y legible.

5.2.1. Metodología Para el Primer Objetivo.

“Realizar un levantamiento topográfico y geológico en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926”.

La superficie que se levanto fue de 24 ha, el levantamiento topográfico permitió ubicar el área explotable, las vías e infraestructuras en el terreno, con la finalidad de delimitar el área de estudio.

Para el cumplimiento de este objetivo fue necesario arrancar con la ubicación de la zona de estudio, luego se realizó una georreferenciación del área de libre aprovechamiento, la cual se realizó con la ayuda de la hoja topográfica de Los Encuentros - escala 1:50.000, la cual se encuentra en el Geoportal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador. Para el levantamiento topográfico es importante tener en cuentas las condiciones meteorológicas.

Una vez identificada el área de estudio se procedió a tomar puntos de control con la ayuda de un GPS diferencial (tabla 2), los cuales ayudaron a corroborar la información tomada por el dron, eliminado el error. Se cumplió con el levantamiento topográfico con ayuda del dron

Phantom 4 Pro V2.0 – DJI, mediante un sobrevuelo de la zona de estudio, el cual fue pilotado por el operador profesional teniendo en cuenta la trayectoria y diferencias de altitud, con la finalidad de ubicar espacialmente todos los rasgos geográficos existentes.

Tabla 2. *Puntos de control previos al levantamiento topográfico.*

Nro. De punto	Puntos de control previos al levantamiento topográfico		
	Coordenadas UTM/PSAD56/17S		
	X	Y	Z
1	751231,984	9583558,19	827,06
2	751364,966	9583531,99	827,808
3	751313,023	9583557,35	827,102
4	750825,294	9584126,62	864,63
5	751052,25	9583860	867,492
6	750808,851	9584446,77	831,38
7	750816,585	9584333,57	831,012
8	750869,972	9584278,81	829,514
9	750947,925	9584131,62	828,289
10	751051,146	9584043,84	827,161
11	751116,758	9583982,63	826,215
12	751210,88	9583889,61	827,393
13	751250,857	9583832,04	826,329
14	751270,686	9583795,78	825,123
15	751306,519	9583655,35	830,288
16	751035,57	9584092,87	826,882
17	750928,699	9584227,43	828,66
18	750906,241	9584326,36	829,895
19	750883,47	9584389,89	829,95
20	750927,571	9584429,46	830,738
21	750952,784	9584395,53	830,484
22	750955,13	9584350,23	829,925
23	751021,712	9584253,85	828,068
24	751063,203	9584129,21	826,495
25	751110,154	9584039,51	825,961
26	751160,708	9583966,34	825,542
27	751225,912	9583910,9	825,56
28	751283,869	9583852,92	826,364
29	751261,092	9584003,68	830,062
30	751273,476	9583947,98	828,487
31	751291,827	9583897,91	827,813

Nota. Puntos de control que fueron tomados previo al levantamiento topográfico en la zona de estudio.
 Elaborado por Torres (2022)

Para el levantamiento topográfico se ubicó el punto de partida (tabla 3), donde se procedió a efectuar el vuelo a una altura de 50 metros durante 15 minutos aproximadamente.

Al culminar el levantamiento topográfico en campo con ayuda del dron, se exporto los puntos mediante el propio software de la herramienta utilizada. Se procedió a elaborar el mapa topográfico a escala 1: 500 con la ayuda del software ArcGIS 10.1, con el sistema de coordenadas; UTM/PSAD56/17S.

Tabla 3. Puntos de control previos al levantamiento topográfico.

Punto de partida – dron Phantom 4 Pro V2.0 – DJI			
Coordenadas	X	Y	Z
UTM/PSAD56/17S	751017,4525	9584118,168	827
Descripción	El punto se ubicó en la parte central del área a levantar, el cual debe ser visible y descubierto.		
Ubicación física			

Nota. Puntos de control que fueron tomados previo al levantamiento topográfico en la zona de estudio. Elaborado por Torres (2022)

Como sustento para la geología regional se tomó en consideración la zona de estudio y 5 km alrededor de la misma, con ayuda de la hoja geológica Paquisha - escala 1: 100.000, la cual se recopiló bibliográficamente en el Instituto de Investigación Geológico y Energético, misma que sirvió como referencia previo al levantamiento de la geología local.

Para establecer la geología local se cumplió con un levantamiento de información en campo, partiendo de la toma de datos in situ, lo que incluyo el reconocimiento de seis afloramientos (tabla 4) dentro del área de libre aprovechamiento y a sus alrededores (figura 12) con ayuda de una ficha de campo denominada “Ficha de descripción de afloramientos (tabla 5), en la cual los parámetros establecidos se han tomado del libro de Ingeniería Geológica elaborado por (González de Vallejo et al., 2002).

Afloramiento	X	Y
1	751248	9583913
2	751082	9584064
3	751662	9584335
4	751610	9584588
5	751264	9583312
6	751233	9583624

Tabla 4. Afloramientos levantados a lo largo del área de libre aprovechamiento Río Chicaña
 Nota. Elaborado por Torres (2022)

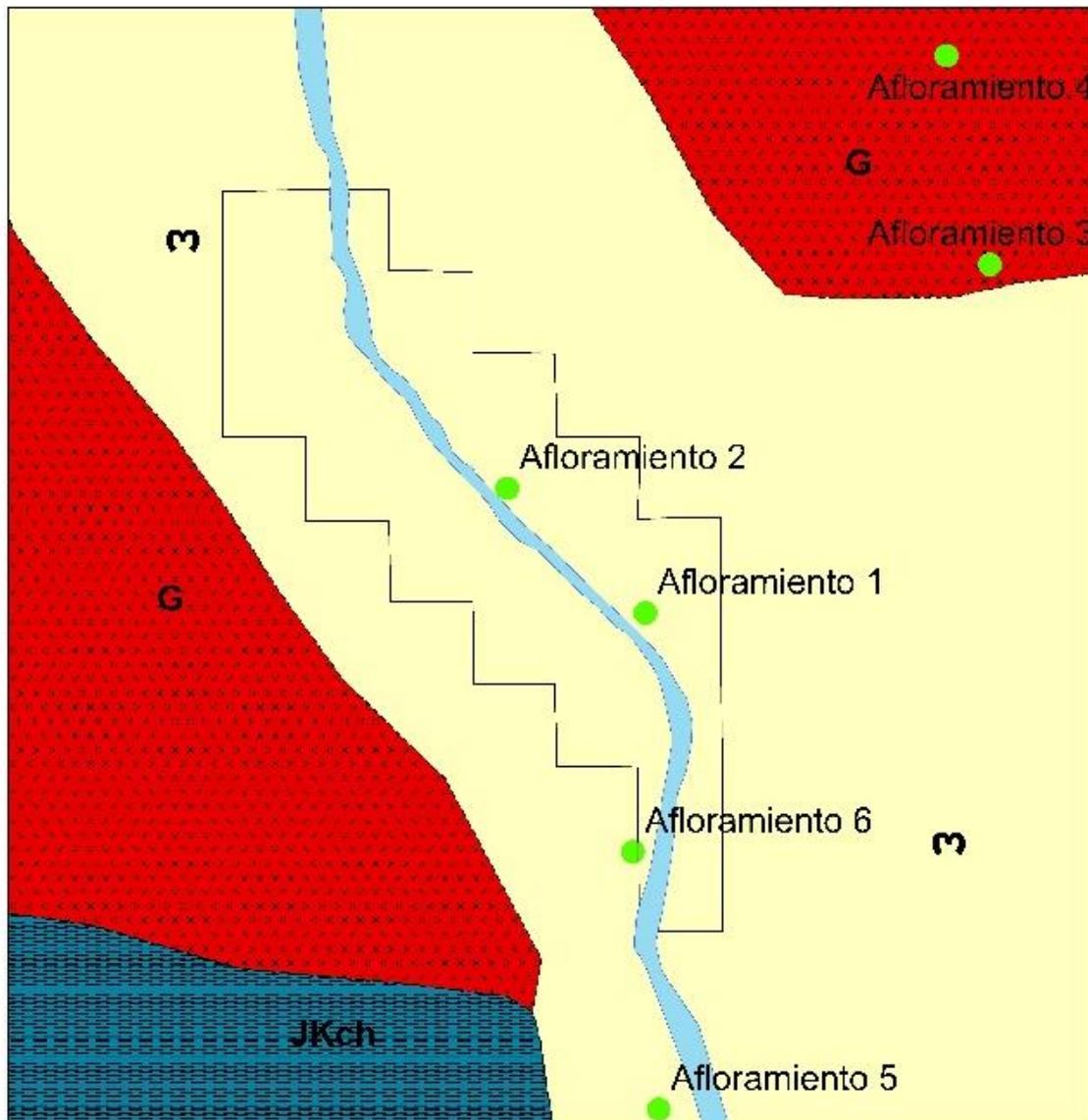


Figura 12. Puntos de ubicación de Afloramientos. Elaborado por Torres (2022)

Tabla 5. Ficha para la descripción de afloramientos dentro de la zona de estudio.

Ficha de descripción de afloramientos									
Proyecto									
Afloramiento Número				Genesis					
Autor:				Ígneo		Metamórfico		Sedimentario	
Fecha									
Localización				Plutónica		Foliada		Clástica	
Coordenadas de ubicación PSAD56	X:	Y:	Z:						
Tipo de Afloramiento				Volcánica		No Foliada		No Clástica	
Dimensiones del Afloramiento	Altura:								
Vegetación	Longitud:								
Resistencia de la Matriz Rocosa	Extremad. Blanda Uña ()	Muy blanda Navaja ()	Blanda Punta martillo ()	Media 1 golpe martillo ()	Dura +1 golpe martillo ()	Muy dura varios golpes ()	Extremada. Dura Solo raya con martillo ()		
Grados de Meteorización	Sana ()	Algo meteorizada ()	Medianamente meteorizada ()		Muy meteorizada ()		Completamente meteorizada ()	Suelo residual ()	
Hidrología	Sin presencia de agua ()		Seco (con señales de agua) ()		Húmedo ()		Goteos ()	Flujo ()	
Foto									
Descripción litológica									
Observaciones									

Nota. Elaborado por Torres (2022)

Simultáneamente a la descripción de afloramientos, se tomó muestras de mano de los materiales encontrados siendo una muestra por cada afloramiento, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:

- Extraer una muestra de roca representativa con la ayuda de una piqueta u cincel y combo.
- La muestra debe ser guardada dentro de una bolsa hermética con su respectivo etiquetado el cual debe contar con código, coordenadas, muestreador y fecha.
- Traslado al laboratorio de la FERNNR del campus universitario en el menor tiempo posible con la finalidad que la muestra no se altere.

En el laboratorio de la FERNNR se realizó un análisis petrológico de los materiales que componen las muestras obtenidas en campo mediante la observación con microscopio, con la finalidad de establecer sus propiedades.

Con la finalidad de una mejor descripción de la geología local se elaboró cuatro calicatas a lo largo del área de libre aprovechamiento (figura 13), lo que permitió una mejor descripción geológica de la zona de estudio con el apoyo de una ficha de campo denominada “Ficha de Descripción De Calicatas” (tabla 6). Para la ubicación de cada calicata se tomó en cuenta dos factores, que se encuentren dentro del área de libre aprovechamiento y en el área explotable, ya que las calicatas tendrán dos funciones, aportar en el levantamiento geológico y en la extracción de muestras de material para determinar la calidad mediante ensayos en el laboratorio DELTA ubicado en la ciudad de Yantzaza.

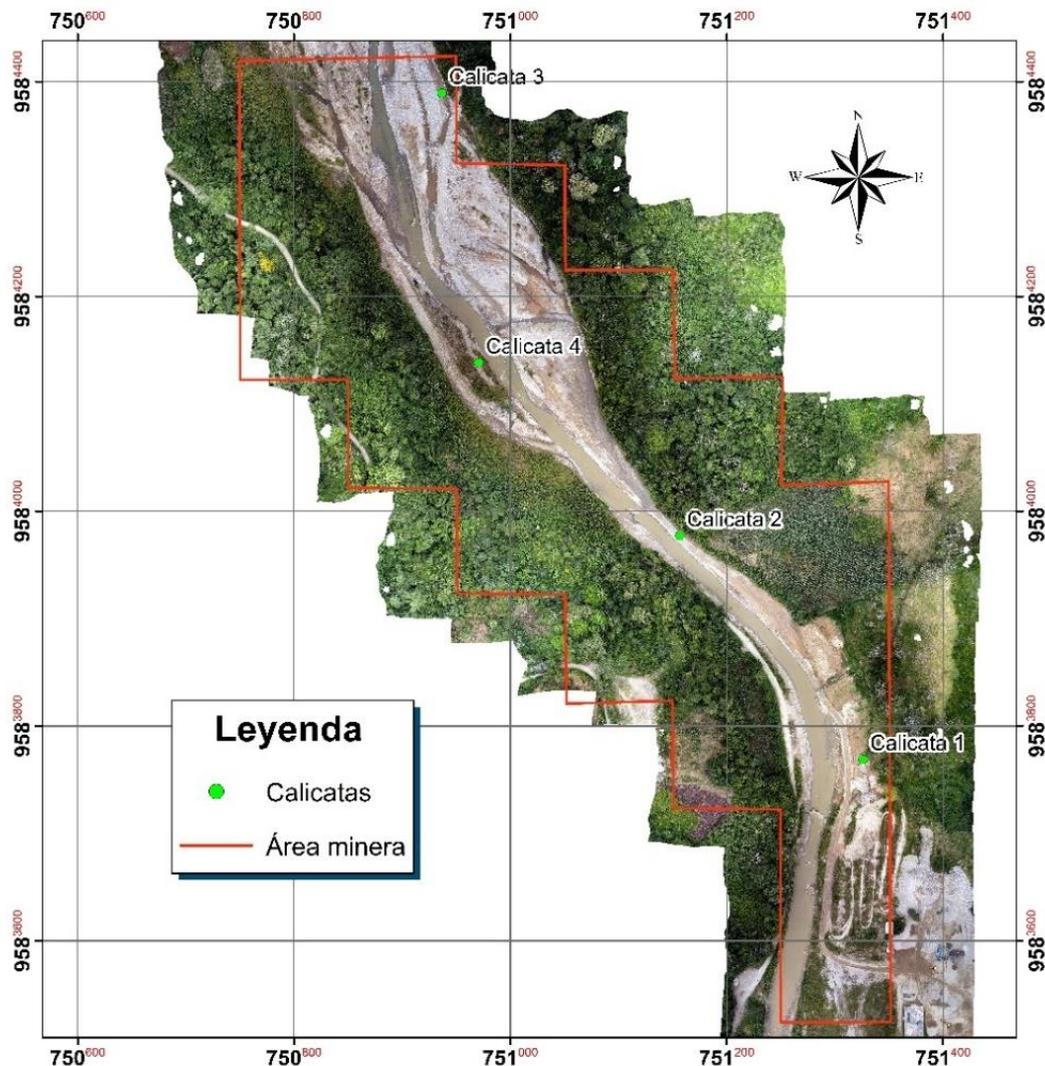


Figura 13. Ubicación de calicatas en el área de libre aprovechamiento. Elaborado por Torres (2022)

Tabla 6. Ficha de caracterización de las calicatas elaboradas en el área de estudio.

Ficha de Descripción De Calicatas					
Proyecto					
Nro. de Calicata		Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 SUR		X	
				Y	
				Z	
Tipo de afloramiento		Natural		Antrópico	
Vegetación					
Dimensiones	Potencia		Longitud	Ancho	
Origen	Aluvial		Residual	Coluvial	
	Lacustre		Eólico	Glacial	
Tipo de deposito	Llanura de inundación		Terraza Aluvial		
Tipo de materiales					
Forma	Redondeado		Sub redondeado	Angular	
Diámetro			Matriz		
Fotografía					
Observaciones					

Nota. Elaborado por Torres (2022)

En gabinete se ordenó los datos tomados en campo los cuales fueron digitalizados en Excel generando una base de datos para luego ser cargados en el software ArcGIS 10.1. Con la ayuda de los datos en el software ArcGIS 10.1 se procedió a elaborar el mapa geológico a una escala 1: 500 con el sistema de coordenadas; UTM/PSAD56/17S. en el cual se representó cada litología.

Para la elaboración del corte geológico se tomó en cuenta el levantamiento de la geología local y la información otorgada por la hoja geológica de Paquisha 1: 100.000 para determinar los espesores de las litologías tomadas en cuenta. *del mapa geológico*

5.2.2. Metodología para el Segundo Objetivo.

“Calcular las reservas de áridos y pétreos en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926”.

Para el cálculo de volumen de áridos y pétreos se consideró el área explotable dentro del área de libre aprovechamiento Río Chicaña tomando en cuenta criterios como la topografía y geología local, además de descartar zonas como son el área de cribado, área de stockeado y zonas de espesa vegetación.

Los principales criterios que se tomaron en cuenta para determinar el volumen de áridos y pétreos, son el espesor y el área ocupada por el material. Para el cálculo de volumen se planteó dos métodos: secciones transversales adyacentes y alturas medias.

La determinación de potencias del material árido y pétreo en el área libre aprovechamiento consistió en realizar 4 excavaciones (tabla 7) con ayuda de una excavadora Caterpillar 320 cuya maquinaria tiene capacidad en el cucharón de 1 m^3 y una profundidad de excavación de 7 metros, las excavaciones se realizaron de forma paralela a calicatas realizadas en el levantamiento geológico, las potencias se determinaron en base a tomar la longitud del brazo de la excavadora enterrado dentro del material.

Tabla 7. Potencias del material en el área de explotación en el área de estudio.

Excavación	Profundidad (m)
Excavación Nro. 1	6,10 m
Excavación Nro. 2	6,80 m
Excavación Nro. 3	6,30 m
Excavación Nro. 4	6,70 m

Nota. Elaborado por Torres (2022)

El método de secciones transversales adyacentes, consistió en formar perfiles transversales los cuales representan la potencia del bloque y en determinar la longitud existente entre cada perfil transversal. El cálculo consiste en promediar las áreas de cada sección o perfil para multiplicar por la longitud existente entre estas.

$$V_T = A_i \times L_i$$

$$V_T = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L_i$$



unl



Donde:

A_1 = Área de la sección 1

A_2 = Área de la sección 2

L = longitud entre las dos secciones

Para el método de alturas medias se tomó en cuenta las alturas o profundidades de un bloque y el área de la superficie de este bloque. El cálculo consistió en promediar las alturas o profundidades de un bloque para multiplicarlas por el área de la superficie de este bloque.

$$V = Sb \times \left(\frac{h1 + h2}{2} \right)$$

Donde

Sb= área de superficie

H = altura/profundidad

Una vez determinado el volumen de material árido y pétreo, fue precisó el análisis de calidad del mismo, para lo cual fue esencial obtener 4 muestras del material a lo largo del área de libre aprovechamiento, las cuales fueron obtenidas de las calicatas realizadas previamente en el levantamiento de datos de la geología local.

- Se procedió a la obtención de muestras tomando en cuenta un protocolo de muestreo el cual consistió en los siguientes pasos:
- Se determino la profundidad adecuada donde exista material fresco (figura 14).



Figura 14. *Extracción de material fresco de las calicatas.* Elaborado por Torres (2022)

- Se tomó la muestra manualmente con la ayuda de una pala y un saco, él cual debe estar debidamente codificado con simbología de MM – 01 hasta MM - 05. La cantidad de muestra tomada debe ser del 50% de la capacidad del saco (figura 15).



Figura 15. *Toma de muestra manualmente del material extraído de las calicatas.* Elaborado por Torres (2022)

- Una vez guardada la muestra con su respectiva codificación y etiquetado el cual debe contar con código, coordenadas, muestreador y fecha.
- El material se trasladó en un vehículo particular hasta el laboratorio DELTA ubicada en la ciudad de Yantzaza.



- En el laboratorio se procedió a formar una muestra compuesta a partir de las 4 muestras tomadas de 25 kg, con la finalidad de ejecutar los ensayos pertinentes.

Para determinar la calidad del material se cumplieron una serie de ensayos como son: ensayo de compactación Proctor - ASTM D- 1557, índice de soporte californiano " C. B. R. " ASTM C – 1883.", determinación del valor de abrasión del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles - INEN 860 ASTM C – 131, análisis granulométrico - AASHTO-T-91, contenido de humedad y ensayo de solidez en sulfato de sodio - ASTM C – 88. Los cuales fueron basados en el libro amarillo de especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio De Transporte Y Obras Públicas Del Ecuador, ya que el material que se extrae del área de libre aprovechamiento "Río Chicaña" será usado principalmente para la construcción y mantenimiento de vías públicas.

5.2.3. Metodología Para el Tercer Objetivo.

"Proponer un sistema de explotación que permita la correcta extracción de materiales áridos y pétreos del área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 50000926".

Se describió los procesos que se desarrollan en la actualidad en el área de libre aprovechamiento como son: destape y preparación, arranque o extracción, carga y acarreo, clasificación o cribado y almacenamiento o stock, con la finalidad de determinar la maquinaria, infraestructura, costo de producción y producción diaria en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña con código "50000926".

Elección del método de explotación

En primera instancia se realizó la elección del método de explotación teniendo en cuenta criterios como: la geología, topografía, tipo de depósito, geometría del depósito, distribución del material a explotar, propiedades del material.

Elección del sistema de explotación

Una vez determinado el método de explotación, se realizó una comparación entre tres sistemas de explotación aplicables en graveras, con ayuda de una tabla multicriterio (tabla 8), en la que se consideró diferentes parámetros como son: la geología, topografía, rentabilidad, construcción, reservas, calidad del material, rentabilidad, maquinaria e infraestructura existente



en el área, con la finalidad de que el sistema cumpla con los requerimientos técnicos dentro del área del libre aprovechamiento.

Tabla 8. *Tabla multicriterio para la elección del sistema de explotación*

Sistema	Criterio				
	Caudal	Construcción	Maquinaria y herramientas	Rentabilidad	Ambiental
Sistema 1	-	-	-	-	-
Sistema 2	-	-	-	-	-
Sistema 3	-	-	-	-	-

Nota. Tabla multicriterio elaborada por el autor con la finalidad de comparar sistemas para la elección del sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento río Chicaña. (2022).

Descripción del sistema

Una vez elegido el sistema, se describió las etapas del mismo: destape y preparación, arranque o extracción, carga y acarreo, clasificación o cribado y almacenamiento o stock.

La etapa de destape y preparación consiste en laboreos de retirar cubiertas de material no apto en los frentes de explotación si es necesario, la construcción de diques, elaboración o acondicionamiento de vías e implementación de zonas de cribado y stockeo.

Para la elaboración de diques fue necesario tomar en cuenta diferentes factores como son: el caudal del río Chicaña, los márgenes del río, el cauce normal del río, factores de seguridad, delimitación de la explotación, el BedRock, la maquinaria existente en la concesión, caminos existentes y utilizando material del área de libre aprovechamiento.

El Ancho de dique propuesta por Gárate (2016) toma en cuenta la maquinaria con la que se va realizar la extracción del material y el margen de seguridad

$$\text{Ancho de Dique} = Ae + (2 * \text{Margen de seguridad})$$

Donde

Ad: Ancho de Dique

Ae: Ancho excavadora



Para establecer la longitud de los diques transversales se tomó en cuenta la longitud de la oruga, ancho del río y profundidad máxima de excavación.

$$\textit{Longitud del dique} = (\textit{Ancho del río} \times \textit{Porcentaje de obstrucción}) + (4 \times \textit{Longitud de la oruga}) + (2 \times \textit{Profundidad máxima de excavación})$$

Para determinar la altura del dique transversal se consideró la profundidad del espejo de agua y el 30% de la profundidad del espejo de agua obtener la profundidad de entierro del dique.

Para la construcción de gaviones se toma en cuenta el propio material del área de libre aprovechamiento con cantos deben tener entre 10 a 30 cm con resistencia a la abrasión menor de 50% y resistencia mecánica.

Las longitudes de los noques de explotación se basaron en el ancho del río y la longitud del dique.

$$Bn = 0.2 \times B + 0.1 \times L$$

Donde:

B: Ancho del río 23 m

L: Longitud del dique 40,75 m

Para determinar la profundidad máxima de excavación se obedeció a la siguiente formula propuesta por Gárate (2016):

$$P. E. = PME - ADR - AP$$

Dónde:

P.E.= Profundidad de excavación

PME = Profundidad máxima de excavación maquina

ADR = Altura entre el nivel del Dique y el punto más bajo del río en la sección

AP= Altura de protección



Se diseñó la vía de acceso principal en caso de ser necesario o adecuación de las vías existentes teniendo en cuenta la maquinaria empleada para la carga y acarreo de material, así como una berma de seguridad.

En el arranque y acarreo del material se detalló como se va realizar este proceso y que maquinaria será necesaria tomando en cuenta su rendimiento y producción, así como el tiempo necesario.

Para el transporte y acarreo se calculó el proceso tomando en cuenta la maquinaria y el tiempo de traslado por las vías desde los frentes de explotación hasta las zonas de cribado.

Clasificación y stock consistió en especificar, las cribas disponibles en el área de libre aprovechamiento, así como los tipos de material obtenidos de la clasificación.

Planificación Del Ciclo De Trabajo

Luego de diseñar el sistema de explotación fue necesario definir la secuencia de extracción, el cronograma de producción y el rendimiento de la maquinaria que se va utilizar para las labores mineras de acuerdo al sistema.

Se calculó de rendimiento de la maquinaria para los diferentes procesos como son el arranque, carga y transporte, con la finalidad de establecer la producción por hora. El cálculo se lo realizo a las retroexcavadora y volquetas siendo esta la maquinaria más importante dentro de la explotación.

- **Rendimiento teórico**

El cálculo de rendimiento de la maquinaria de arranque y carga, mediante ecuaciones matemáticas que ayudaron a obtener el rendimiento de la maquinaria en metros cúbicos por hora.

- **Rendimiento teórico de maquinaria**

$$Rt = \frac{Qc \times 3600 \times Fe \times Ec \times Ct}{Tcc}; m^3 / hora$$

Donde:

Rt: Rendimiento teórico

Qc: Es la capacidad del cucharón de o el cargador frontal medida en metros cúbicos.

Fe: Es el factor de eficacia de la máquina, que varía entre 70 y 80%.

Ec: Es el factor de eficacia del cucharón, que depende de la clase de terreno (tabla 9)

Tabla 9. Factor de eficacia del cucharon

Tipo de terreno	Coefficiente
Arcilla arenosa o marga mojada	1.00 – 1.10
Arena y grava	0.90 – 1.00
Arcilla dura y compacta	0.80 – 0.90
Roca bien fragmentada por voladura	0.60 – 0.75
Roca mal fragmentada por voladura	0.40 – 0.50

Nota. Caterpillar (2010)

Ct: Es el coeficiente de transformación según el material que va a ser transportado por la máquina, sea este esponjado o compactado (tabla 10).

Tabla 10. Coeficiente de transformación según el material

Clase de terreno	Material Esponjado	Material Compactado
Tierra	1.25	0.90
Arcilla	1.40	0.90
Arena / grava	1.10	0.95

Nota. Caterpillar (2010)

Tcc: Es el tiempo de duración del ciclo en segundos, comprende la excavación y el giro hasta la descarga y el giro hasta el origen. El tiempo del ciclo con rotación de 360° teóricamente dependiendo del tipo del terreno (tabla 11).

Tabla 11. Tiempo de duración del ciclo en segundos

Tipo de terreno	Tcc en segundos
Flojo	15 – 20
Medio	20 – 25
Duro	25 – 30

Nota. Caterpillar (2010)

- **Ciclos de carga por hora:**

Se calcula el número de cucharones que puede realizar la excavadora en una hora.

$$Cc = \frac{60 \text{ min}}{Tcc} ; \text{ ciclos/hora}$$



Donde:

Cc: Ciclos en 60 minutos hora

Tcc: tiempo de ciclo de cargado

- **Para establecer los ciclos efectivos (Ce).**

$$Ce = Cc \times Eo \times Eg ; \text{efectivos /hora}$$

Donde:

Eo: Eficiencia de operador

Ec: Eficiencia de cucharon

Eg: Eficiencia de operación en general

- **Numero de cucharas para cargar la máquina de transporte o acarreo:**

$$Cc = \frac{Qv}{Qc \times Ec}$$

Donde:

Qv: capacidad de volqueta

Qc: capacidad de cucharon

Ec: Eficiencia de cucharon

- **Numero de volquetes cargador en una hora**

$$\text{Numero de volquetes /hora} = \frac{\text{Numero de cucharones por hora}}{\text{Numero de cucharones para llenar volquete}}$$

- **Maquinaria para el transporte o acarreo (Volqueta)**

$$Rt = \frac{Qv \times 60 \times Fe}{Tca \times E} ; \text{m}^3 / \text{hora}$$



unl



Donde:

Qv: Capacidad de las volquetas

Fe: Factor de eficiencia de la maquina

Tca: Tiempo actual de carga y acarreo

E: Factor de esponjamiento (arena y grava)

- **Rendimiento real promedio del equipo de acarreo:**

$$Rr = Rt \times Eg ; m^3 /hora$$

Donde:

Eg: Eficiencia de equipo de acarreo.

- **Producción total promedio por jornada de trabajo**

$$Pp = Rr \times Nv \times Jt; m^3 /día$$

Donde:

Nv: Numero de volquetas

Rr: Producción promedio del equipo de transporte

Jt: Duración de la jornada de trabajo 8 horas /día

- **Costo de producción por metro cubico**

$$\text{Costo de producción} = \frac{\text{Producción diaria}}{\text{Costo por metro cubico}}$$

6. Resultados

6.1. Información general de la concesión

Se detalla la información más fundamental en la tabla 12, la cual está constituida por código, coordenadas geográficas, ubicación política y tipo de minería.

Tabla 12. Ficha de la concesión. Técnica de la concesión minera “Río Chicaña”

FICHA TÉCNICA		
Nombre del área	Río Chicaña	
Código	50000926	
Ubicación política	Parroquia	Chicaña
	Cantón	Yantzaza
	Provincia	Zamora
Tipo de minería	No metálica	
Mineral de interés	Áridos y pétreos	
Superficie Total	24 hectáreas	
Dirección	Avenida troncal amazónica	

Nota. Geoportal del catastro minero (2022)

6.2. Descripción Del Área De Estudio

6.2.1. Ubicación

El área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” se encuentra ubicado en la región sur del Ecuador en la provincia de Zamora Chinchipe, al noreste del cantón Yantzaza dentro de la parroquia Chicaña, la cual está limitada por la parroquia de Los Encuentros. El área de estudio está constituida con un área de 24 hectáreas (figura 16).

Las coordenadas UTM/WGS84/17S, del polígono de la zona de estudio del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” (tabla 13) son las siguientes:

Tabla 13. Coordenadas UTM/WGS84/17S y Coordenadas UTM/PSAD56/17S del polígono del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”

Coordenadas del polígono del área de libre aprovechamiento "Río Chicaña"					
Coordenadas UTM/WGS84/17S			Coordenadas UTM/PSAD56/17S		
Punto	X	Y	Punto	X	Y
1	750740	9584424	1	751000	9584800
2	750939	9584426	2	751200	9584800

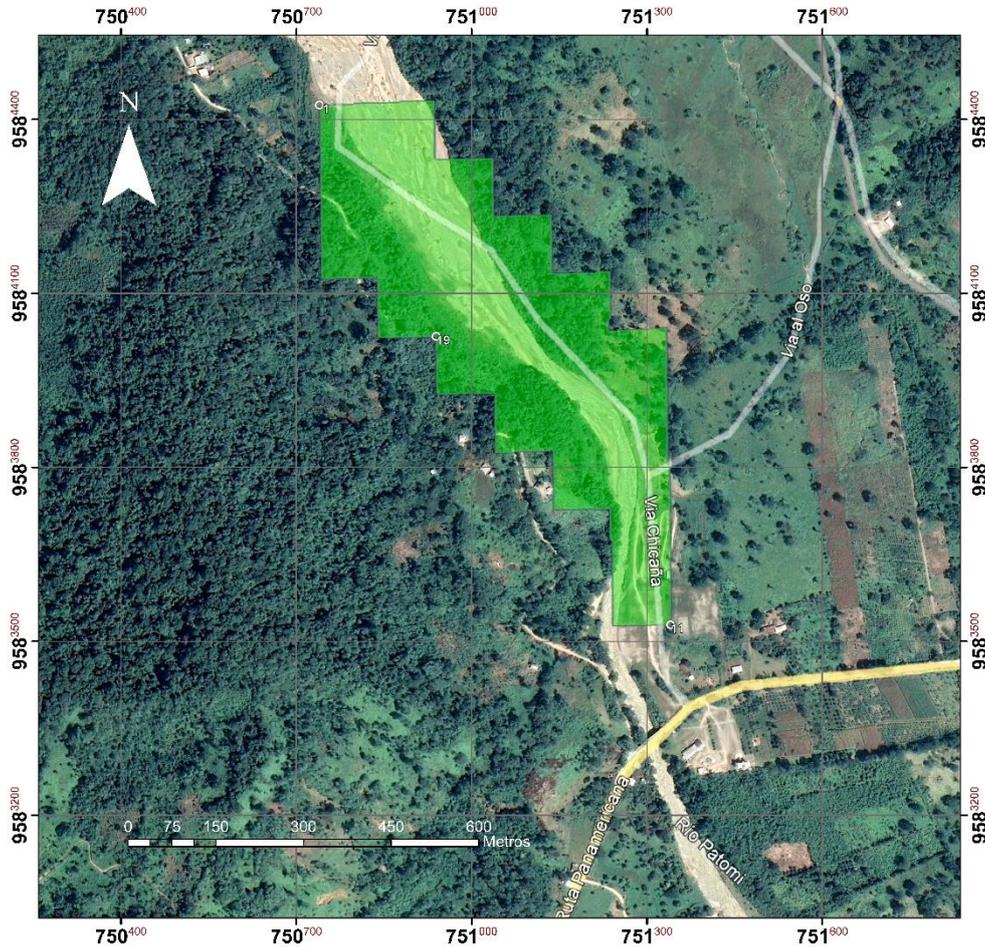


Coordenadas del polígono del área de libre aprovechamiento "Río Chicaña"

Coordenadas UTM/WGS84/17S			Coordenadas UTM/PSAD56/17S		
Punto	X	Y	Punto	X	Y
3	750940	9584328	3	751200	9584700
4	751040	9584326	4	751300	9584700
5	751040	9584228	5	751300	9584600
6	751139	9584227	6	751400	9584600
7	751141	9584127	7	751400	9584500
8	751241	9584127	8	751500	9584500
9	751239	9584027	9	751500	9584400
10	751338	9584029	10	751600	9584400
11	751341	9583528	11	751600	9583900
12	751240	9583527	12	751500	9583900
13	751239	9583726	13	751500	9584100
14	751141	9583727	14	751400	9584100
15	751139	9583827	15	751400	9584200
16	751042	9583826	16	751300	9584200
17	751040	9583926	17	751300	9584300
18	750941	9583927	18	751200	9584300
19	750940	9584025	19	751200	9584400
20	750840	9584025	20	751100	9584400
21	750840	9584126	21	751100	9584500
22	750740	9584126	22	751000	9584500

Nota. Geoportal de catastro minero (2022)

**UBICACIÓN DEL ÁREA DE LIBRE DE APROVECHAMIENTO
 "RÍO CHICAÑA"**



<p>Leyenda</p> <p> Área de libre aprovechamiento "Río Chicaña"</p> <p> Ruta Panamericana</p>	<p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES</p> <p>INGENIERIA EN GEOLOGÍA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL</p> <p>Autor: Jaime Torres M.</p> <p>Cantón: Yantzaza</p> <p>Escala de Impresión: 1:6.000</p> 	<p>Ubicación Geográfica</p> 
<p>Coordinate System: PSAD 1956 UTM Zone 17S Projection: Transverse Mercator Datum: Provisional S American 1956</p>		

Figura 16. Mapa de ubicación del área de libre aprovechamiento "Río Chicaña". Google Earth (2022)

6.2.2. Acceso

Para acceder al área de estudio se parte desde la ciudad de Quito por medio de vía terrestre con un recorrido de 667 km durante 11 h 57 min (figura 17), hasta el área de libre aprovechamiento ubicada en la parroquia Chicaña en el cantón Yantzaza.

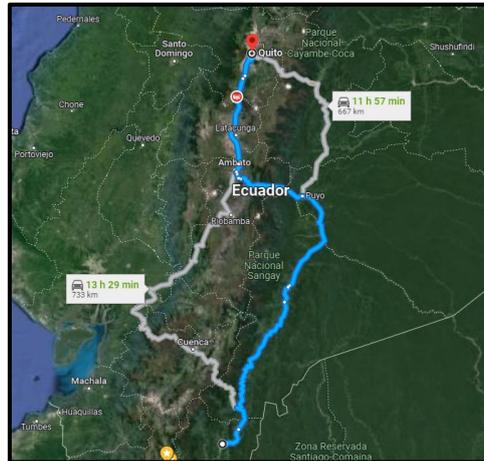


Figura 17. Acceso al área de libre aprovechamiento vía terrestre “Río Chicaña”. (Google Maps, 2022)

Otra manera de acceder a la zona de estudio es mediante vía aérea, se parte desde la ciudad de Quito hasta la ciudad de Cuenca en un vuelo de 45 minutos y luego por vía terrestre hasta la parroquia Chicaña del cantón de Yantzaza en un recorrido e 202 km durante 4 h 24 min horas (figura 18).

6.2.3. Clima

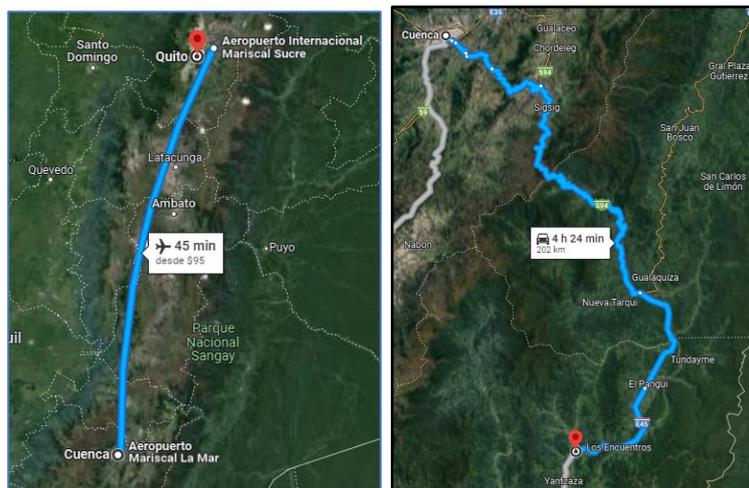


Figura 18. Acceso al área de libre aprovechamiento vía aérea “Río Chicaña”. (Google Maps, 2022)

El clima del Ecuador es muy variado por su ubicación geográfica, según el GAD Municipal de Yantzaza (2013) indica que en la provincia de Zamora Chinchipe el clima es tropical en la mayoría de su territorio con un promedio de 28 grados centígrados (p.40).

El Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Chicaña (2015) indica que la parroquia de Chicaña cuenta con una temperatura media anual de 10 a 22 °C, siendo los climas que predominan el Ecuatorial de alta montaña (se da en altitudes de 500 y 1500 msnm) y Tropical mega térmico húmedo (precipitaciones anuales elevadas que superan los 300 mm llegando hasta los 6000) (p.34).

El área de estudio se ve caracterizada por un clima que va desde los 23,05 °C hasta 23,43 °C, según el mapa de isotermas elaborado con datos recopilados (tabla 14) de 20 años del INAMHI (figura 19).

Tabla 14. Estaciones del INAMHI cercanas al área de libre aprovechamiento "Rio Chicaña"

No	COD	UTM PSAD56		ESTACIÓN	TIPO	ALTURA	PROVINCIA	TEMP. 20años	PRECIP. 20años
		X COORD	Y COORD						
1	M189	769128,60	9623697,88	GUALAQUIZA INAMHI	AU, CO	851	MORONA SANTIAGO	23,01	152,89
2	M190	748500,79	9577410,37	YANZATZA	CO	830	ZAMORA CHINCHIPE	23,80	211,99
3	M502	769520,62	9596272,57	EL PANGUI	PG	820	ZAMORA CHINCHIPE	22,69	158,32
4	M506	767488,54	9598225,59	PAQUISHA	PV	650	ZAMORA CHINCHIPE		141,40

Nota. INAMHI (2022)

ISOTERMAS DEL ÁREA DE LIBRE DE APROVECHAMIENTO "RÍO CHICAÑA"

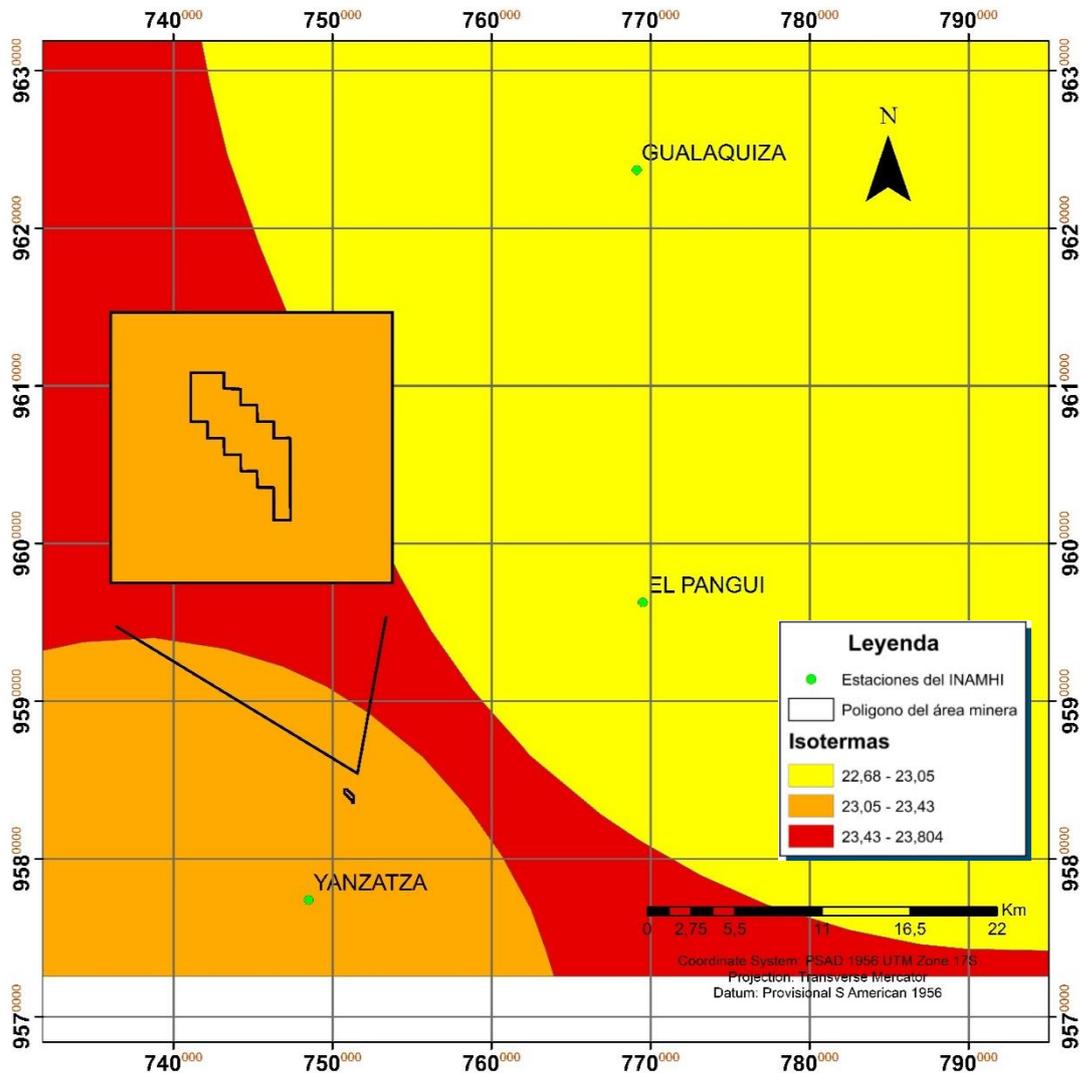


Figura 19. Mapa de isotermas del área de libre aprovechamiento "Río Chicaña". Elaborado por el autor con datos recopilados de 20 años de las estaciones del INAMHI (tabla 14) más cercanas al área de estudio. Fuente: (INAMHI, 2022)

6.2.4. Precipitaciones

La parroquia de Chicaña al ser parte de la región amazónica, cuenta con un nivel de humedad alto, según el Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Chicaña (2015) la parroquia presenta lluvias durante todo el año con precipitaciones de 1800 a 2500 mm, siendo el mes más seco agosto con 128 a 216 mm y durante el mes de abril a julio como los de temporada invernal (p.36).

Según los datos recolectados de 20 años del INAMHI (tabla 14), el área de estudio se ve caracterizada por precipitaciones bajas (figura 20).

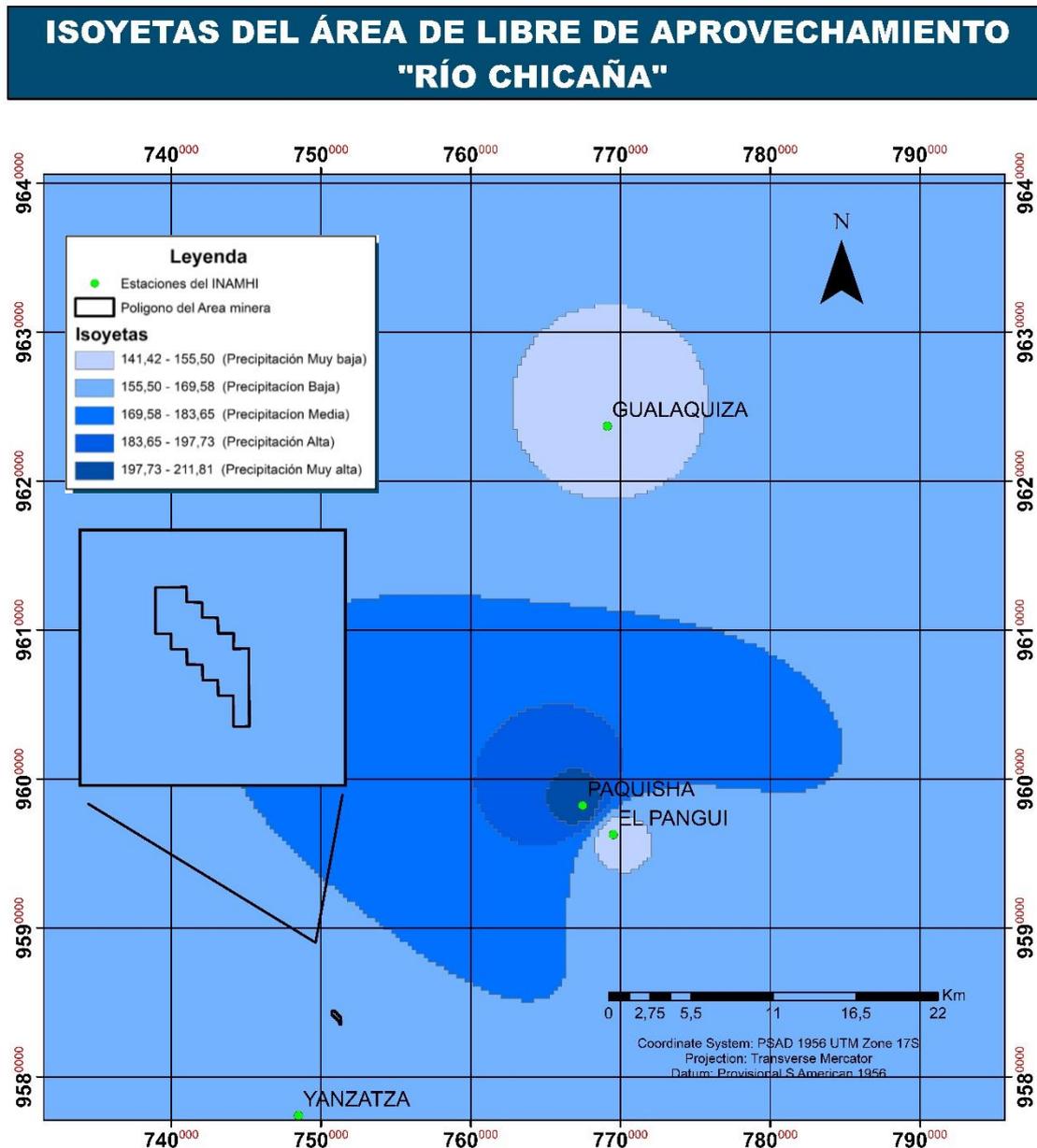


Figura 20. Mapa de isoyetas del área de libre aprovechamiento "Río Chicaña" Elaborado por el autor con datos recopilados de 20 años de las estaciones del INAMHI (tabla 14) más cercanas al área de estudio. Fuente: (INAMHI, 2022)

6.2.5. Sísmica

El informe anual de sísmica que otorga el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador no se encontraba disponible al momento de realizar la investigación, por lo cual se determinó la sísmica del Ecuador mediante el informe del año 2021 del Instituto



Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador, el cual nos indica que el año 2021 se cataloga con sismicidad moderada y con un número de eventos en el rango de lo esperado.

En la provincia de Zamora Chinchipe existió uno de los 8 sismos que superaron la magnitud local, el cual fue un sismo profundo que supero la magnitud de 5, además las provincias de Zamora y Loja fueron parte de uno de los sismos que causaron alarma en el país con intensidades máximas (5-6 EMS). Los daños registrados en algunos puntos del sur del Ecuador se explican por la duración del movimiento, característica particular de este tipo de eventos. (Instituto Geofísico Escuela Politécnica Nacional, 2021, p.31)

6.2.6. Hidrogeología

La hidrogeología de la provincia de Zamora Chinchipe, según SENAGUA (2014) se ve caracterizada por:

Una serie de depósitos aluviales (depósitos de sedimentos fluviodeltáticos arrastrados por ríos que bajan de la Cordillera Real), depósitos coluviales (gravas angulosas a subangulosas pobremente consolidadas en matriz limo, arcillosa y arena, arcillosa), abanicos aluviales (depósitos de sedimentos fluviodeltáticos ubicado en zonas de pie de monte) que al estar compuestos de detritos de variadas dimensiones, podrían representar acuíferos muy productivos, y terrazas aluviales (depósitos paleofluviales estratiformes, conglomerados, conformados por cantos rodados en matriz limo arenosa y arcilla limosa), que favorecen a una muy alta permeabilidad y transmisividad por lo que podrían albergar importantes acuíferos. (p.145)

Por otra parte, la hidrología de la zona de estudio está conformada por el Rio siendo el 20,30% de la hidrografía de la parroquia, el cual desemboca en el rio Zamora metros más adelante del área de libre aprovechamiento. El rio Chicaña esta abastecido por varias quebradas como son la quebrada permanente Wintza además de quebradas intermitentes las cuales se habilitan en su mayoría en el periodo invernal. (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural ed Chicaña, 2015,p.41-43)

6.2.7. Geomorfología

Geomorfológicamente según el SIGTIERRAS (2015), el área de estudio se encuentra constituido por: Terrazas bajas en el flanco este a lo largo del cauce del río Chicaña con alturas de 830 msnm a 840 msnm. Valle fluvial que no es más que el cauce actual del Río Chicaña, esta geoforma atraviesa la zona de estudio de norte a sur. Relieves volcánico colinados medios en la parte oeste de la zona de estudio teniendo cotas de 850 msnm hasta 875 msnm.

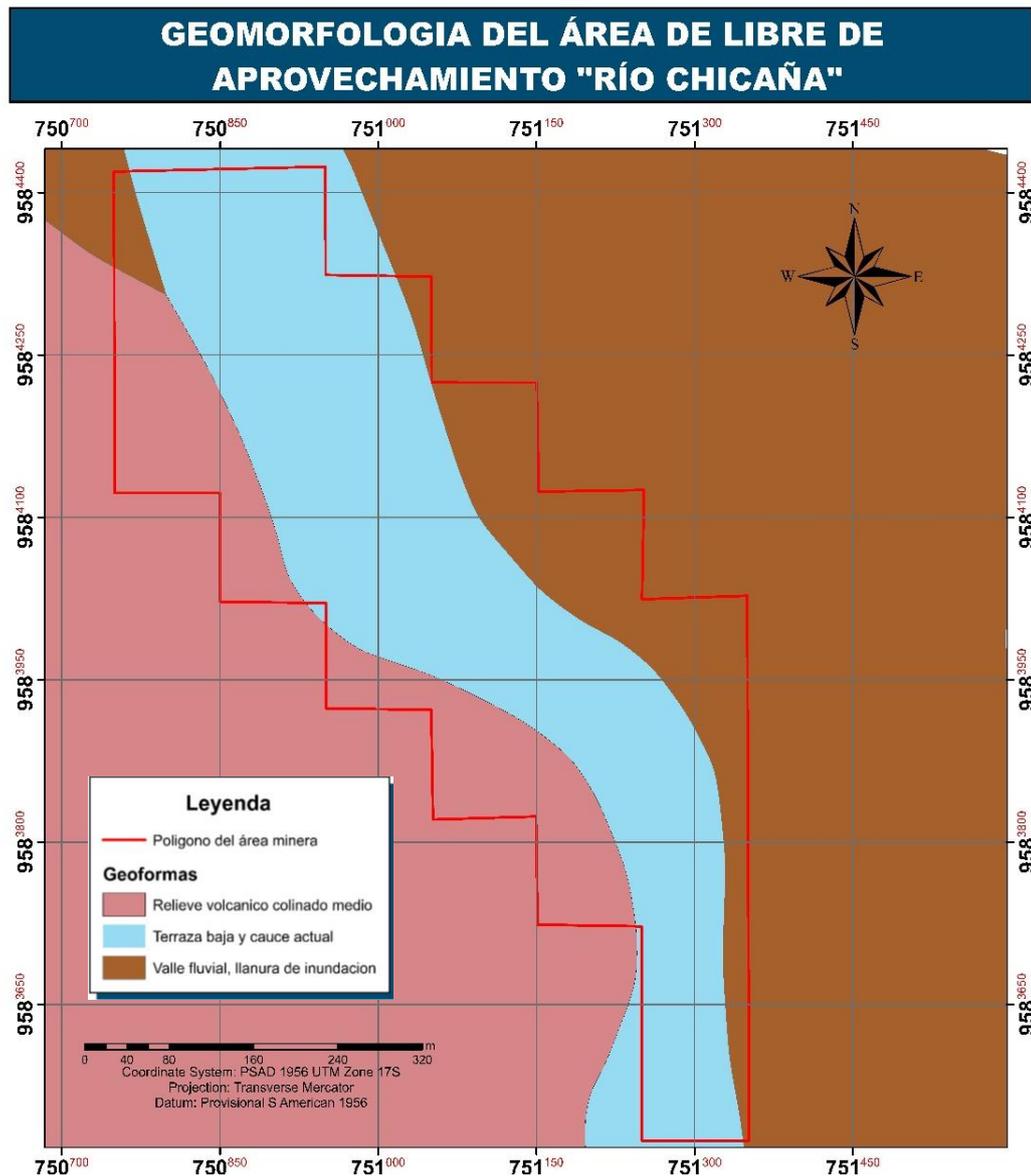


Figura 21. Mapa geomorfológico del área de libre aprovechamiento "Río Chicaña". Mapa elaborado por el autor en base a la información de SIG TIERRAS y con ayuda del software ARCGIS. Fuente: (SIG TIERRAS, 2022)



Figura 22. *Geoformas del flanco este del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.* Elaborado por Torres (2022)

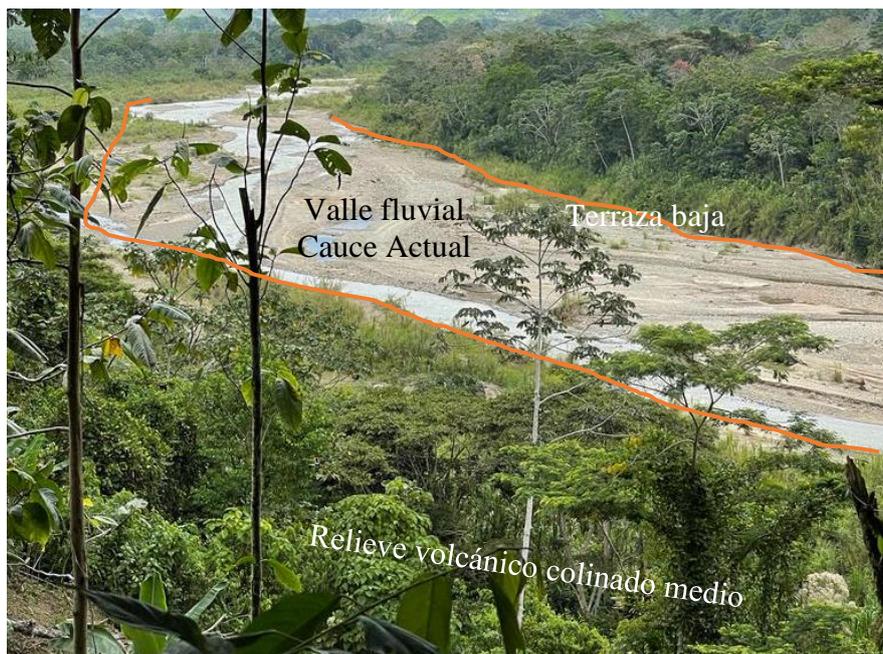


Figura 23. *Geoformas del flanco este y oeste del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.* Elaborado por Torres (2022)

La geomorfología de la zona de estudio se pudo determinar con la relación de la información del SIG TIERRAS (figura 21). y la comprobación en el campo, dentro del área de libre aprovechamiento se pudo determinar 3 geoformas, en el flanco oeste se encuentra relieve volcánico colinado medio (figura 22) , en la parte central un valle fluvial que es el cauce actual del río Chicaña (figura 22) y por último en el flanco este se encuentran las llanuras de



inundación (figura 23), que se pueden identificar en la figura 19, las cuales son características de geoformas que se encuentran cerca de sistemas fluvial en la región amazónica.

6.3. Topografía

El área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” se caracteriza por tener un relieve irregular, esto se debe a que el río Chicaña atraviesa de norte a sur el área minera., la cota más baja se encuentra en la parte sur del área de libre aprovechamiento y la más alta en la parte noroeste.

La zona de estudio ha sufrido varias modificaciones a causa de la explotación de materiales de construcción, así como de cambios de dirección del cauce del río Chicaña. En el flanco este del área de estudio se caracteriza por tener un relieve semiplano, en el flanco oeste encontramos pendientes.

El área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, código 50000926 tiene una superficie de 241,007.3945 m^2 , las curvas de nivel secundarias se encuentran cada metro y las primarias cada 5 metros como se indica en la figura 24. Las playas en las que se extrae el material pétreo dentro del área de libre aprovechamiento se encuentran sobre las cotas 825 msnm y 830 msnm.

Existen vías dentro del área minera las cuales son usadas para la explotación y extracción del material, la vía del flanco oeste tiene una longitud de 609,81 metros y la vía del flanco este cuenta con una longitud de 1115,31 metros. En la parte sureste del área de libre aprovechamiento sobre las cotas 830 msnm y 835 msnm, se encuentra la zona de acopio de material extraído.

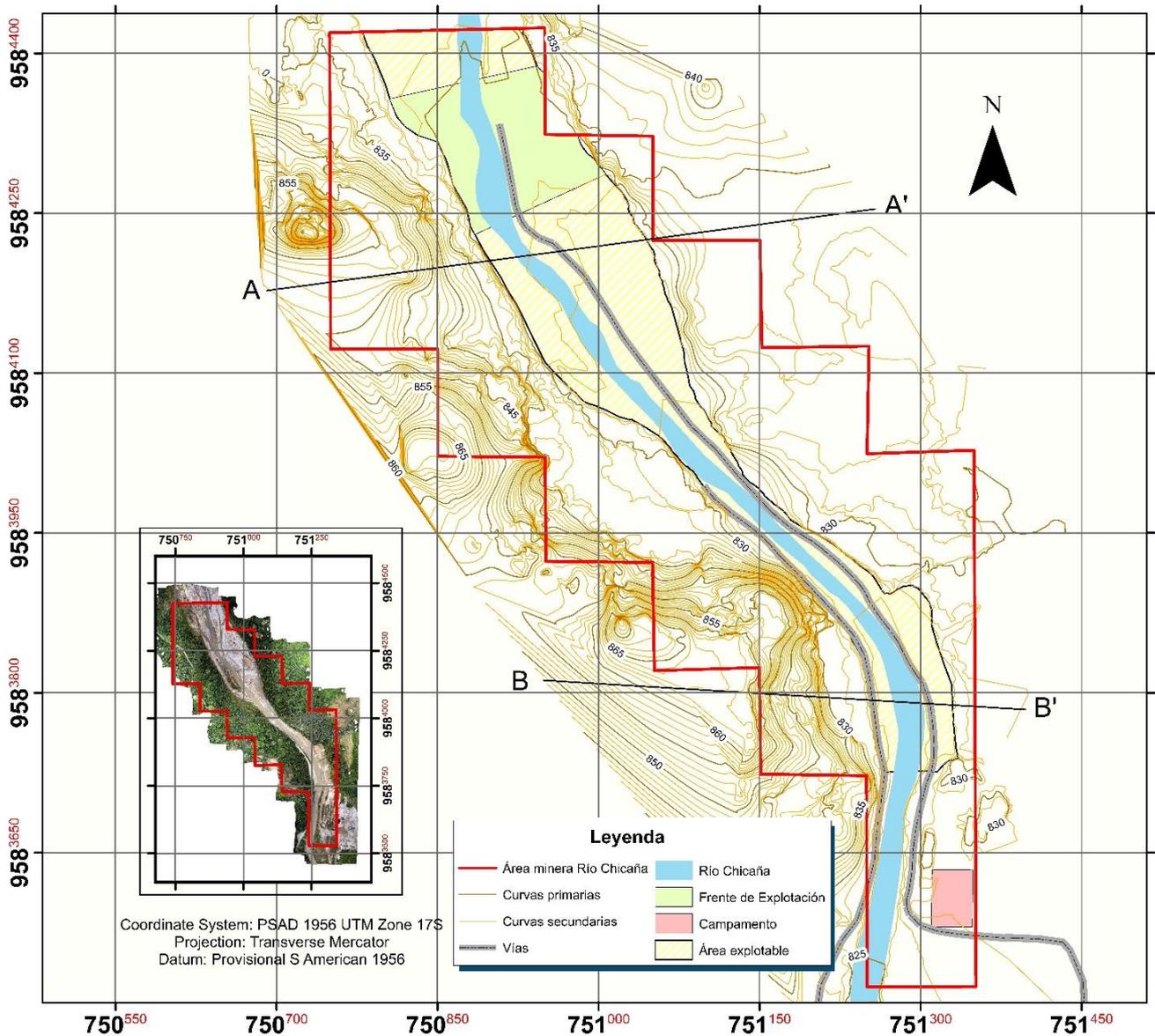


Figura 24. Mapa topográfico del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”. Elaborado por Torres (2022)

Las pendientes que encontramos en la zona de estudio son desde pendientes ligeramente inclinadas hasta pendientes empinadas, las cotas van desde 825 msnm siendo la más baja, hasta 875 msnm siendo la más alta.

Se realizaron dos perfiles topográficos para determinar los grados de las pendientes existentes en el área de estudio, teniendo resultado del corte topográfico A – A' (figura 25) una pendiente de 14,28%, y en el corte topográfico B – B' (figura 26) presenta una pendiente de 27,58%.

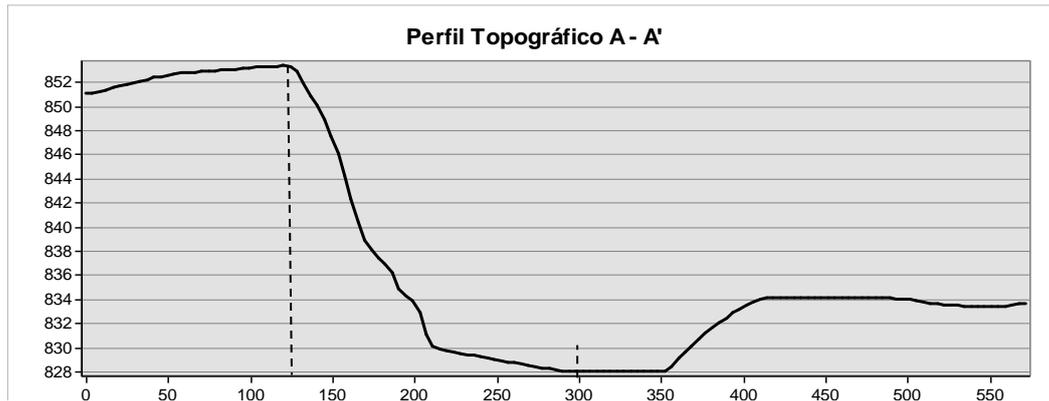


Figura 25. Perfil topográfico A – A' del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.
 Elaborado por Torres (2022)

$$\text{Pendiente} = (\text{distancia vertical} / \text{distancia horizontal}) * 100$$

$$\text{Pendiente} = ((P1 - P2) / \text{distancia horizontal}) * 100$$

$$\text{Pendiente} = (853 - 828) \text{ m} / 175 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente} = 25 \text{ m} / 175 \text{ m} = 0,1428 * 100 = 14,28\%$$

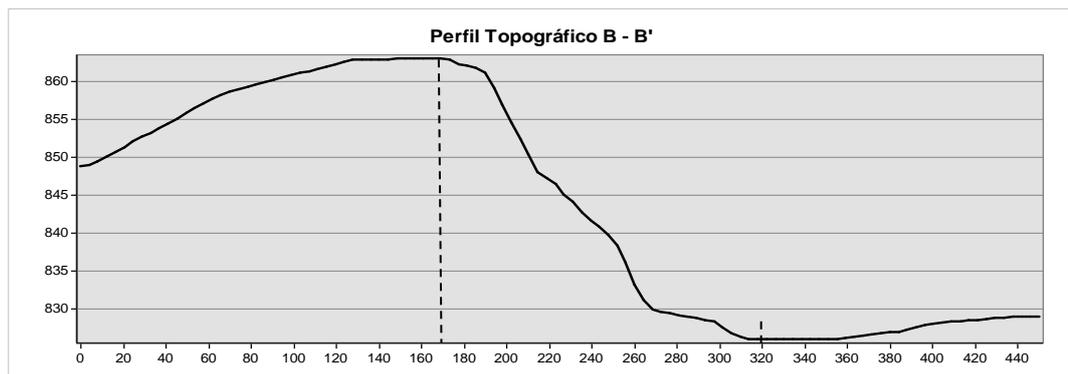


Figura 26. Perfil topográfico B – B' del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”
 Elaborado por Torres (2022)

$$\text{Pendiente} = (\text{distancia vertical} / \text{distancia horizontal}) * 100$$

$$\text{Pendiente} = ((P1 - P2) / \text{distancia horizontal}) * 100$$

$$\text{Pendiente} = (865 - 825) \text{ m} / 145 \text{ m}$$

$$\text{Pendiente} = 40 \text{ m} / 145 \text{ m} = 0,2758 * 100 = 27,58\%$$

6.4. Geología

6.4.1. Geología regional

6.4.1.1. Batolito de Zamora.

Este batolito comprende un cuerpo elongado con dirección norte sur. Este intrusivo tiene una extensión aproximada de 200 km de largo por 50 km de ancho, con un espesor de 10 a 15



km y esta segmentado por las fallas La canela y Nangaritza. El batolito este compuesto por granito, granodiorita y diorita. La edad es incierta, pero probablemente está entre 170 y 190 millones de años.

6.4.1.2. Formación Chapiza.

Comprende una sucesión de sedimentos clásticos continentales (capas rojas) de clima seco o desértico, con pequeñas incursiones marinas (transgresiones) de distribución local (Baby, Rivadeneira, 1997). Es decir, la edad de la Formación Chapiza abarca el periodo Jurásico y puede alcanzar el Cretácico Temprano. Tschopp (1953) introduce tres divisiones:

- Chapiza Inferior: conocida como Chapiza roja y gris, consiste en una alternancia de lutitas y areniscas de color gris, rosado y violeta, con evaporitas.
- Chapiza Medio: es una alternancia de lutitas y areniscas de color rojo, pero sin intercalaciones de evaporitas. Su potencia máxima es de 1000 metros.
- Chapiza Superior: comprende lutitas, areniscas, y conglomerados de color rojo y también areniscas feldespáticas, tobas de color gris, verde y violeta, areniscas tobáceas, brechas y basaltos. (Baby y Rivadeneira, 1999).

6.4.1.3. Deposito aluvial.

Generalmente los ríos que desembocan hacia el Oriente forman planicies aterrazadas, las mismas que en algunos sectores son de considerable extensión y sirven como plantaciones y potreros. Estas terrazas se localizan a lo largo de las riberas de los ríos principales como Zamora. Nangaritza, Yacuambi. Quini, Chicañe, etc., compuestos por material de arrastre como grandes y pequeños bloques de intrusivo. lavas de la Formación Misahualli y bloques de areniscas de la Formación Molin, cabe mencionar que en algunos sitios donde están asentadas estas terrazas se extrae oro aluvial.

6.4.1.4. Deposito coluvial.

Formados por material meteorizado y transportado por acción de la gravedad hacia las partes bajas.

La geología regional se representa en la figura 27, se puede observar las distintas formaciones que componen el área de estudio y sus alrededores como son: el batolito de Zamora, la formación Chapiza, deposito aluvial y deposito coluvial. La geología regional se ve marcada por un depósito aluvial que atraviesa de norte a sur y este a oeste, la génesis de la

formación es gracias a un sistema fluvial que conforman el Río Chicaña y el Río Zamora. Los depósitos coluviales han sido formados por materiales meteorizado y transportados por acción de la gravedad.

El basamento está constituido por rocas graníticas como es la granodiorita, estas rocas pertenecen al batolito de Zamora el cual se del jurásico. La formación chapiza está compuesto por lutitas intercaladas con areniscas.

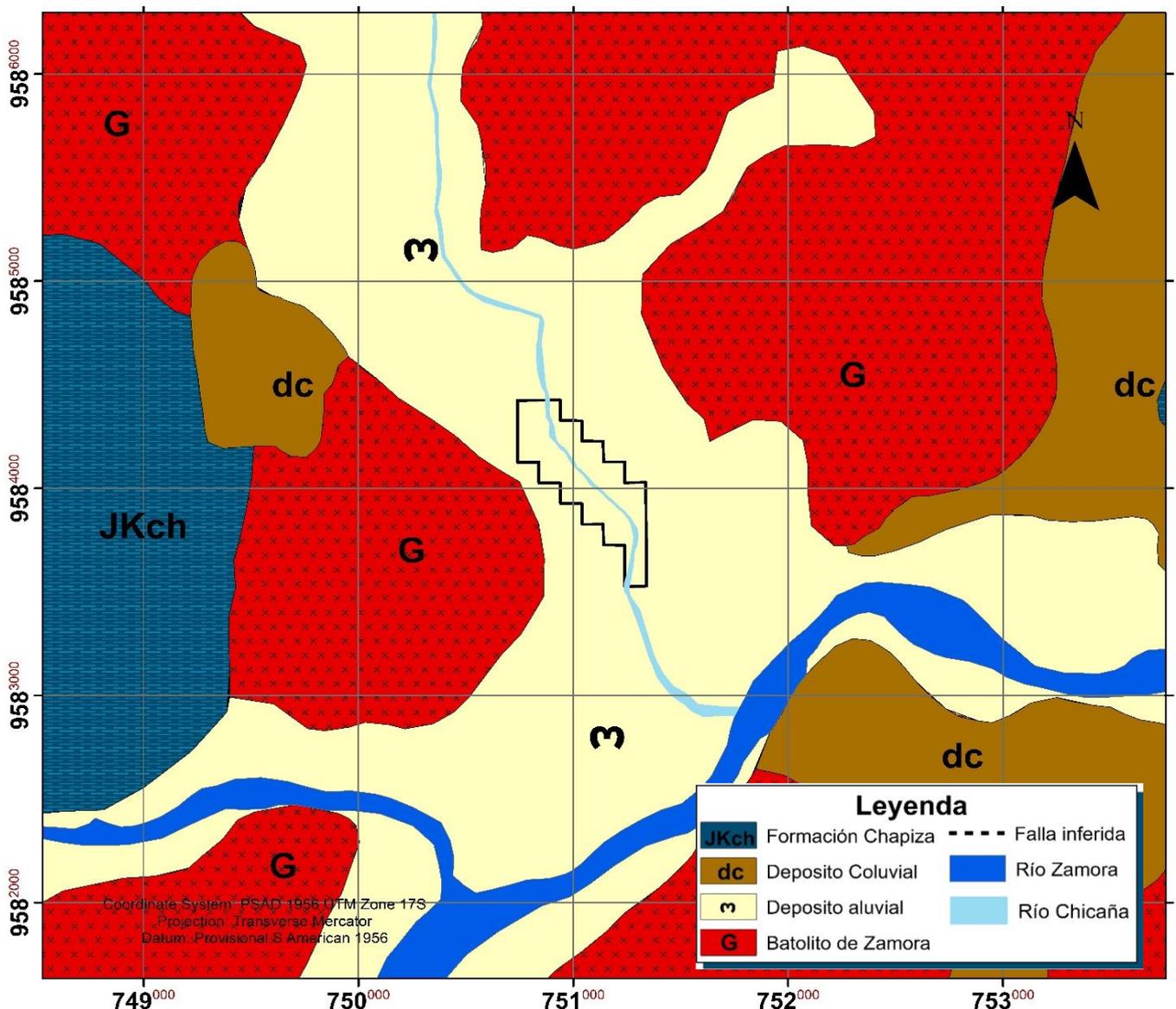


Figura 27. Mapa de geología regional del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”. (Instituto de Investigación Geológico y Energético, 2022)

6.4.2. Geología local

6.4.2.1. Caracterización geológica de los afloramientos

Afloramiento 1 y 2

En la parte central de la zona de estudio yaciendo sobre el basamento de batolito de Zamora, los afloramientos 1 (figura 28) y 2 (figura 29), nos indican que existe un depósito aluvial el cual este compuesto por material depositado. Existe la presencia de depósitos aluviales y llanuras de inundación, el material con el que está constituido principalmente este depósito son clastos granulados que van desde 1 cm hasta 30 cm, con una matriz arenosa arcillosa.



Figura 28. Afloramiento 1. Elaborado por Torres (2022)

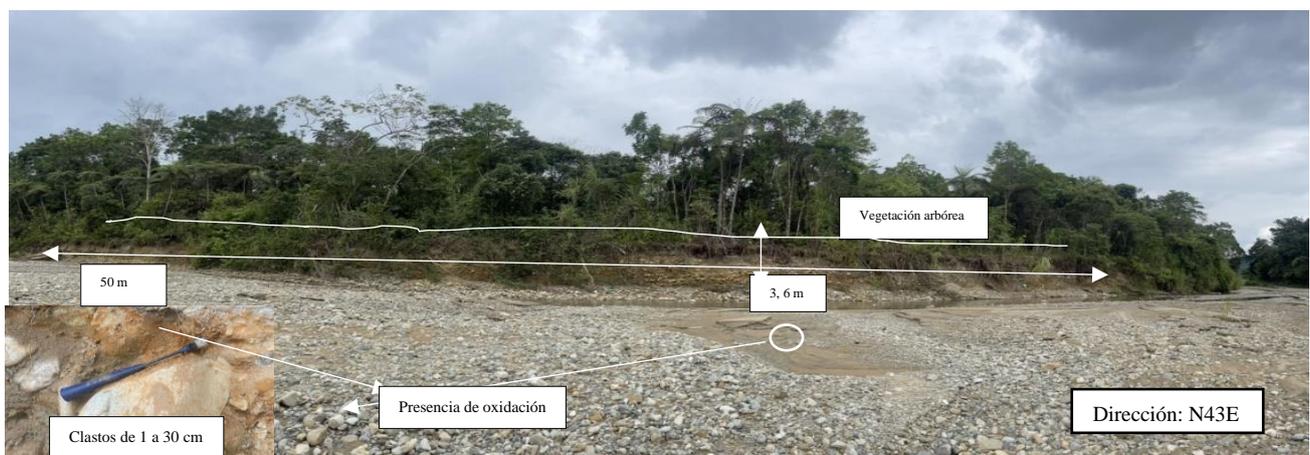


Figura 29. Afloramiento 2. Elaborado por Torres (2022)

Afloramiento 3 y 4



Figura 30. Afloramiento 3. Elaborado por Torres (2022)

En el flanco este del área de estudio, gracias al levantamiento del afloramiento 3 de origen antrópico (figura 30), se determinó lutita arcillosa perteneciente al depósito aluvial y en una baja cantidad granodiorita correspondiente al batolito de Zamora de la edad del jurásico, se establece que se encuentra un contacto inferido entre el depósito aluvial y el batolito de Zamora cerca del afloramiento.

En el afloramiento 4 (figura 31) existe la presencia de granodiorita altamente meteorizado, similar al afloramiento número 03, material perteneciente al Batolito de Zamora, el cual está compuesto por rocas graníticas que además es el basamento del área de estudio y nos sirve para confirmar el contacto.

Al correlacionar el afloramiento 3 y 4 (figura 30 y 31) con la geología regional de la hoja geológica Paquisha - escala 1: 100.000, se determinó la presencia de granodiorita altamente meteorizado cuyo material corresponde al batolito de Zamora, siendo este el basamento de la zona de estudio.

En el afloramiento 3 se determinó la baja presencia de material perteneciente al depósito aluvial por lo que se determinó que existe un contacto cerca lo cual se comprobó con la geología regional.

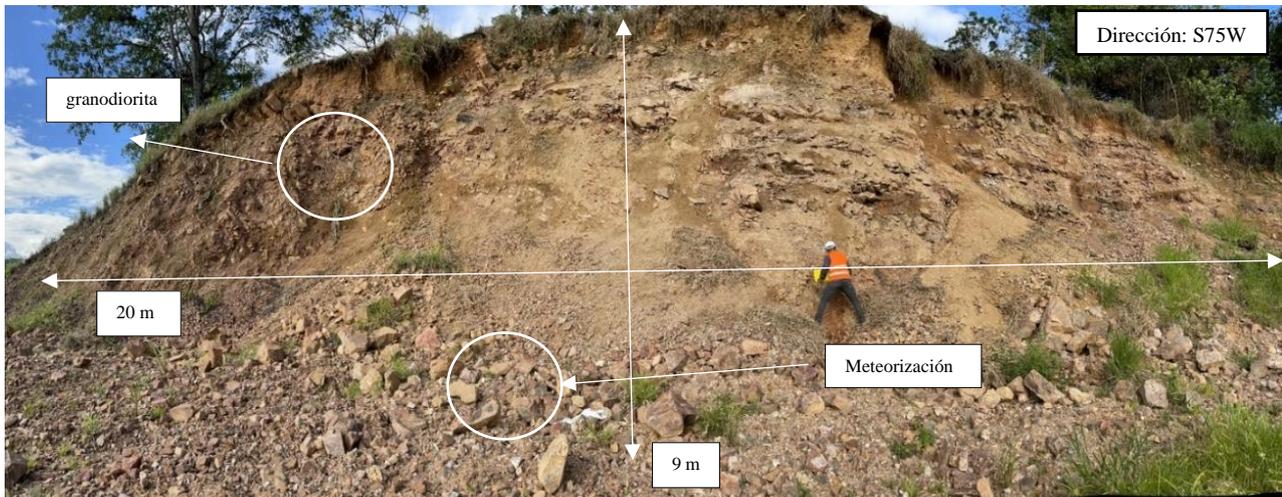


Figura 31. Afloramiento 4. Elaborado por Torres (2022)

Afloramiento 5



Figura 32. Afloramiento 5. Elaborado por Torres (2022)

En la parte suroeste del área de estudio afloramiento 5 (figura 32) se encontró la presencia en bajo porcentaje de lutitas tobáceas de color gris en proceso de metaforización las cuales corresponden a la formación Chapiza de la edad jurásico además se encontró la presencia de

clastos con matriz arenisca arcillosa cuyo material pertenece al depósito aluvial por lo que se correlaciono con la carta regional para identificar un contacto inferido entre la formación Chapiza y el depósito aluvial.

Afloramiento 6



Figura 33. Afloramiento 6. Elaborado por Torres (2022)

En el flanco noroeste del área de estudio, mediante el afloramiento 6 (figura 33) se determinó la presencia de material depositado que pertenece al depósito aluvial con presencia en menor porcentaje de granodiorita altamente meteorizado correspondiente al batolito de Zamora, cuya presencia del material perteneciente al batolito, nos sirve para identificar que existe un contacto inferido más al oeste entre el batolito de Zamora y el depósito aluvial que atraviesa el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

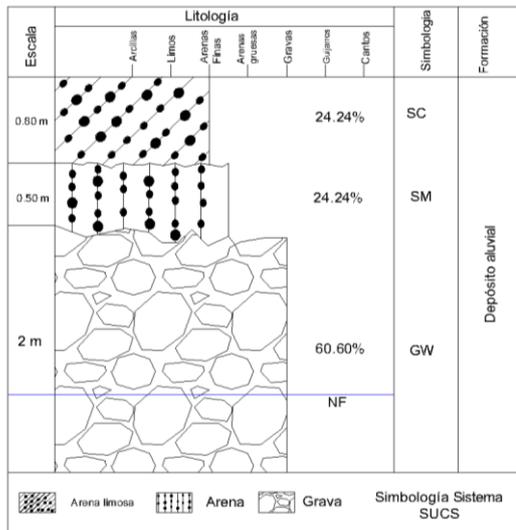
6.4.2.2. Caracterización geológica de las calicatas

Las 4 calicatas realizadas revelaron la disposición del material de arrastre, registrada en las columnas estratigráficas adjuntas (tabla 15). Estas permiten evaluar visualmente la composición del suelo, facilitando el análisis detallado de su estado actual.

Tabla 15. Descripción de las calicatas realizadas

Calicatas							
Nro.	1	Coordenadas			Descripción		
		X: 751316	Y: 9583773				
Escala	Litología					Simbología	Formación
0.8 m	Arcillas	Limos	Arenas Finas	Arenas gruesas	Gravas	Guilmos	Cantos
1.2 m	40%					SM	Depósito aluvial
	60%					GW	
	NF					GW	
		 Arena	 Grava	Simbología Sistema SUCS			
Granulometría							
Grava	10%	Gravilla	60%	Arena	30%		
Nro.	2	Coordenadas			Descripción		
		751146	9583981				
Escala	Litología					Simbología	Formación
0.45 m	Arcillas	Limos	Arenas Finas	Arenas gruesas	Gravas	Guilmos	Cantos
0.25 m	30%					SC	Depósito aluvial
0.80 m	16.66%					SM	
	53.33%					GW	
	NF					GW	
		 Arena limosa	 Arena	 Grava	Simbología Sistema SUCS		
Granulometría							
Grava	5,5%	Gravilla	55,5%	Arena	39%		

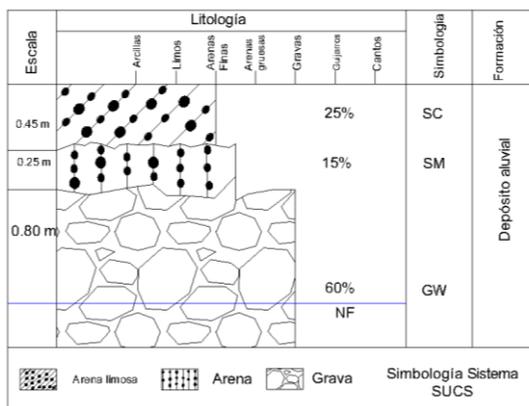
Nro.	3	Coordenadas		
		X :750926	Y:9584393	Descripción



La tercera calicata consta de una profundidad de 3.30 m. La primera capa consta de arena limosa con cantos de aproximadamente 5 - 10 cm siendo el café predominante. En la segunda capa se puede observar oxidación con cantos de 10 - 15 cm con matriz areno arcillosa. La tercera capa se presencia grava predominando el color gris

Granulometría		
Grava 13%	Gravilla 52%	Arena 35%

Nro.	4	Coordenadas		
		X:750961	Y:9584143	Descripción



La tercera calicata tiene una profundidad de 3.30 metros y presenta tres capas distintas:

La capa superior (primera) está compuesta por arena limosa con cantos de 5-10 cm de diámetro, con un color predominante café.

La capa intermedia (segunda) muestra signos de oxidación, con cantos de 10-15 cm y una matriz areno-arcillosa.

La capa inferior (tercera) está dominada por grava de color gris."

Granulometría		
Grava 17%	Gravilla 50%	Arena 33%

Nota. Elaborado por Torres (2022)

De acuerdo a la información recolectada en la hoja geológica de Paquisha 1: 100 000 y la información levantada en la geología regional por los 6 afloramientos y 4 calicatas (tabla 15), se pudo determinar que el área de libre aprovechamiento se encuentra sobre el depósito aluvial que está formado por material de arrastre como son cantos, gravas redondeados con matriz areno-limosa y areno-arcillosa (figura 28 y 29), el cual es material transportado por el río Chicaña y su composición esta enlazada a las unidades litológicas por donde atraviesa como son la formación Masahualli y formación Hollín.

El depósito aluvial está rodeada a sus ambos flancos por el batolito de Zamora perteneciente al jurásico medio a superior, el cual tiene una extensión aproximada de 200 km

de largo por 50 km de ancho y de 10 a 15 km de espesor, mismo que se haya constituido por granodiorita altamente meteorizada, el batolito además es el basamento del depósito aluvial como se puede observar en el corte geológico (figura 36) lo cual se pudo corroborar con el levantamiento geológico local y con la geología regional (figura 27).

El depósito aluvial que atraviesa el área minera “Río Chicaña” se determinó con la ayuda del afloramiento 1 y 2 (figura 28 y 29) y la correlación de la geología regional de la hoja geológica Paquisha - escala 1: 100.000, en la cual se determinó que existe material depositado compuesto por material de arrastre con ayuda del medio fluvial que en este caso es el “Río Chicaña”.

Las terrazas del río se presentan generalmente separadas por desniveles muy abruptos de altitudes no mayores a los 10 m. El depósito aluvial cuaternaria perteneciente al holoceno, se encuentra yaciendo sobre el batolito de Zamora del jurásico (figura 35).

Se encuentran varias terrazas aluviales a lo largo del río Chicaña, las cuales tienen potencias desde 3 a 4 metros con longitudes extensas a lo largo del río, las cuales están compuestas como se ha mencionado por materiales que han sido arrastrados por la corriente. En la parte suroeste de la zona de estudio se determinó la presencia de lutitas tobáceas altamente meteorizadas, pertenecientes a la formación Chapiza de la edad jurásico.



Figura 34. Depósito aluvial presente en la geología local. Elaborado por Torres (2022)

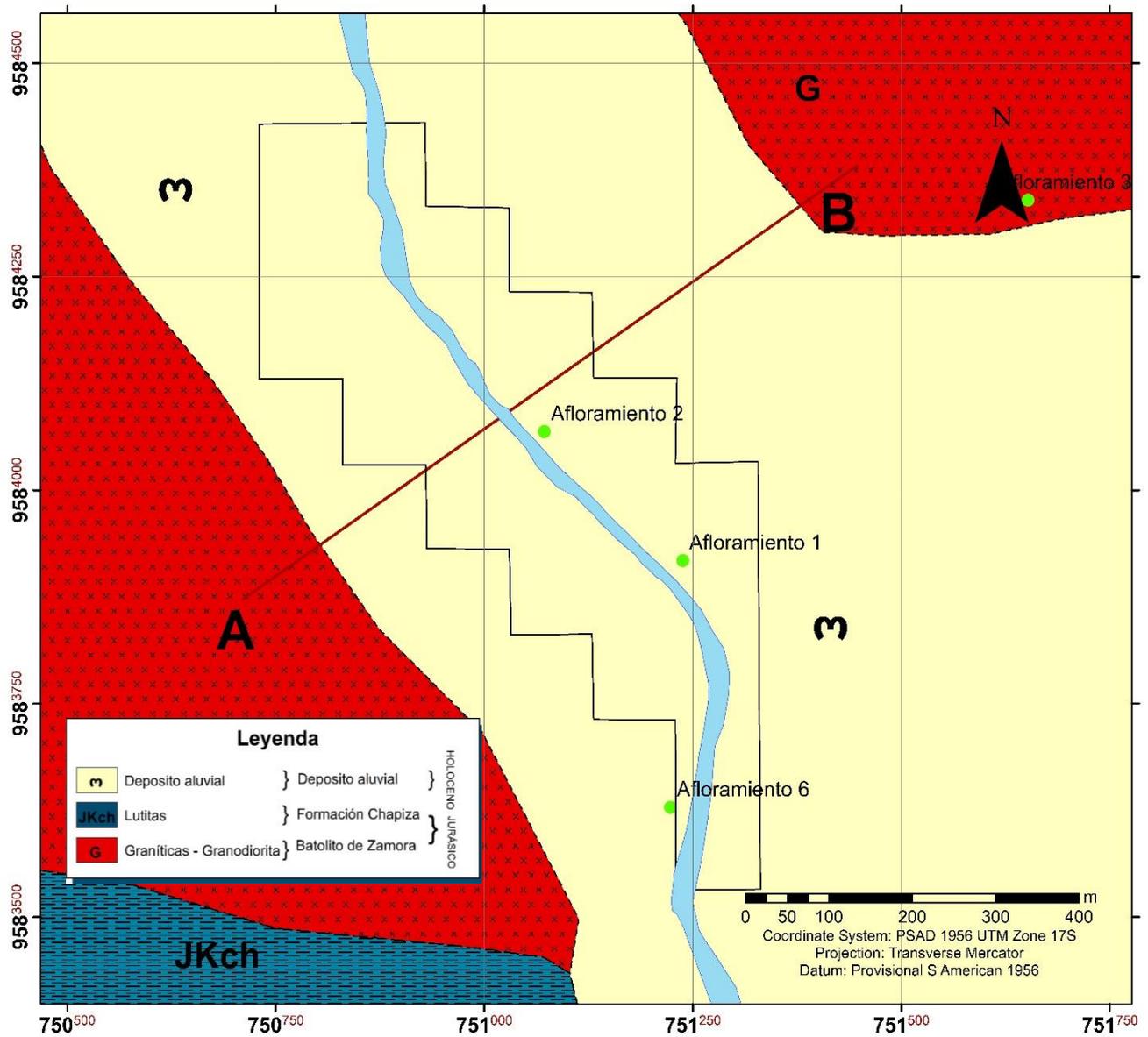


Figura 35. Geología local del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”. Elaborado por Torres (2022)

Corte Geológico del área de estudio

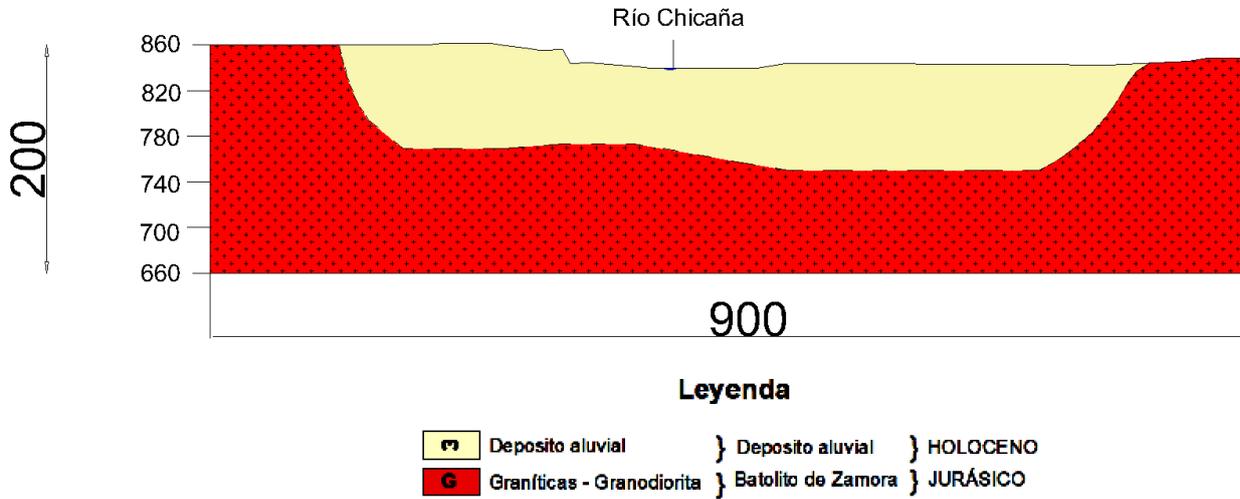


Figura 36. Corte geológico del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”. Elaborado por Torres (2022)

6.4.3. Batimetría

Se realizó la toma de mediciones (profundidad y ancho del caudal) (tabla 16) denominados puntos batimétricos a lo largo del río Chicaña, además de recopilar imágenes satelitales y ortofotos de la zona de estudio (figura 37), con la finalidad de determinar el relieve del río Chicaña, el cual está constituido por una longitud de 766.66 m.

Tabla 16. Profundidad y ancho del Río Chicaña dentro del área de estudio.

Punto de medición	Profundidad (m)	Ancho (m)
P1	1,03	21,7
P2	1	21,5
P3	1,07	19,3
P4	1,04	23,5
P5	1,10	25,4
P6	1,06	26,6
Profundidad Promedio	1,05m	23 m

Nota. Elaborado por Torres (2022)



2018



2020



2023

Figura 37. Fotografías del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”. Fotografías año 2018, 2020 tomadas de Google Earth, Fotografía del 2023 Ortofoto obtenida del levantamiento topográfico con dron en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

El río Chicaña exhibe un perfil longitudinal irregular, caracterizado por sectores con pendientes suaves y otras zonas con pendientes más pronunciadas. En cuanto a sus dimensiones, el río presenta:

- Profundidad media: 1,05 metros
- Anchura: entre 19 y 27 metros, con un promedio de 23 metros

Esta variabilidad en la pendiente y anchura refleja la complejidad geomorfológica del río Chicaña, influenciada por factores como la topografía, geología y precipitación en su cuenca hidrográfica."

Según la Figura 37, se aprecia un ligero ensanchamiento en el norte del área de libre aprovechamiento, resultado de la combinación de temporadas invernales y la explotación de materiales áridos y pétreos en el frente actual.

6.5. Calidad del material y reservas

6.5.1. Delimitación de las áreas a explotar

El área minera de libre aprovechamiento “Río Chicaña” tiene una superficie de $241,007.3945 \text{ m}^2$, en la que se determinó el área explotable tomando en cuenta criterios como la topografía y geología local, además de descartar zonas como son el área de cribado, área de stockeado, zonas de espesa vegetación. y áreas que se encuentran en los límites del perímetro del área de libre aprovechamiento (figura 38).

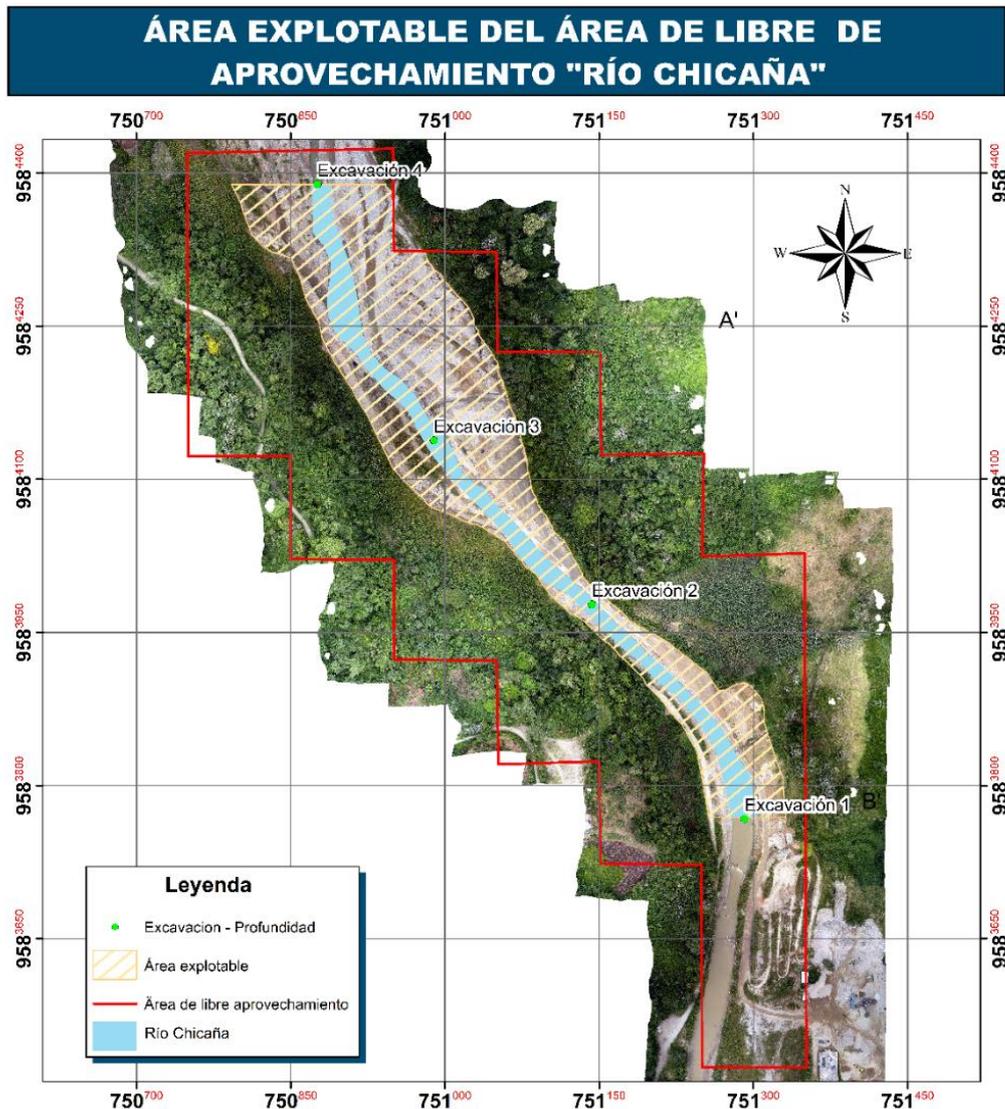


Figura 38. Área explotable en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña. Elaborado por Torres (2022)

6.5.2. Cálculo de reservas

Para el cálculo de volumen de áridos y pétreos se consideró el área explotable (figura 38) y las profundidades (tabla 17) fueron obtenidas en base a la longitud del brazo de la

excavadora enterrado en el material del área explotable dentro del área de libre aprovechamiento Río Chicaña.

Tabla 17. Profundidades para determinar el volumen de material árido y pétreo en el área de libre aprovechamiento.

Excavación	Profundidad (m)
Excavación Nro. 1	6,10 m
Excavación Nro. 2	6,80 m
Excavación Nro. 3	6,30 m
Excavación Nro. 4	6,70 m

Nota. Elaborado por Torres (2022)

6.5.2.1. Método De Alturas Medias

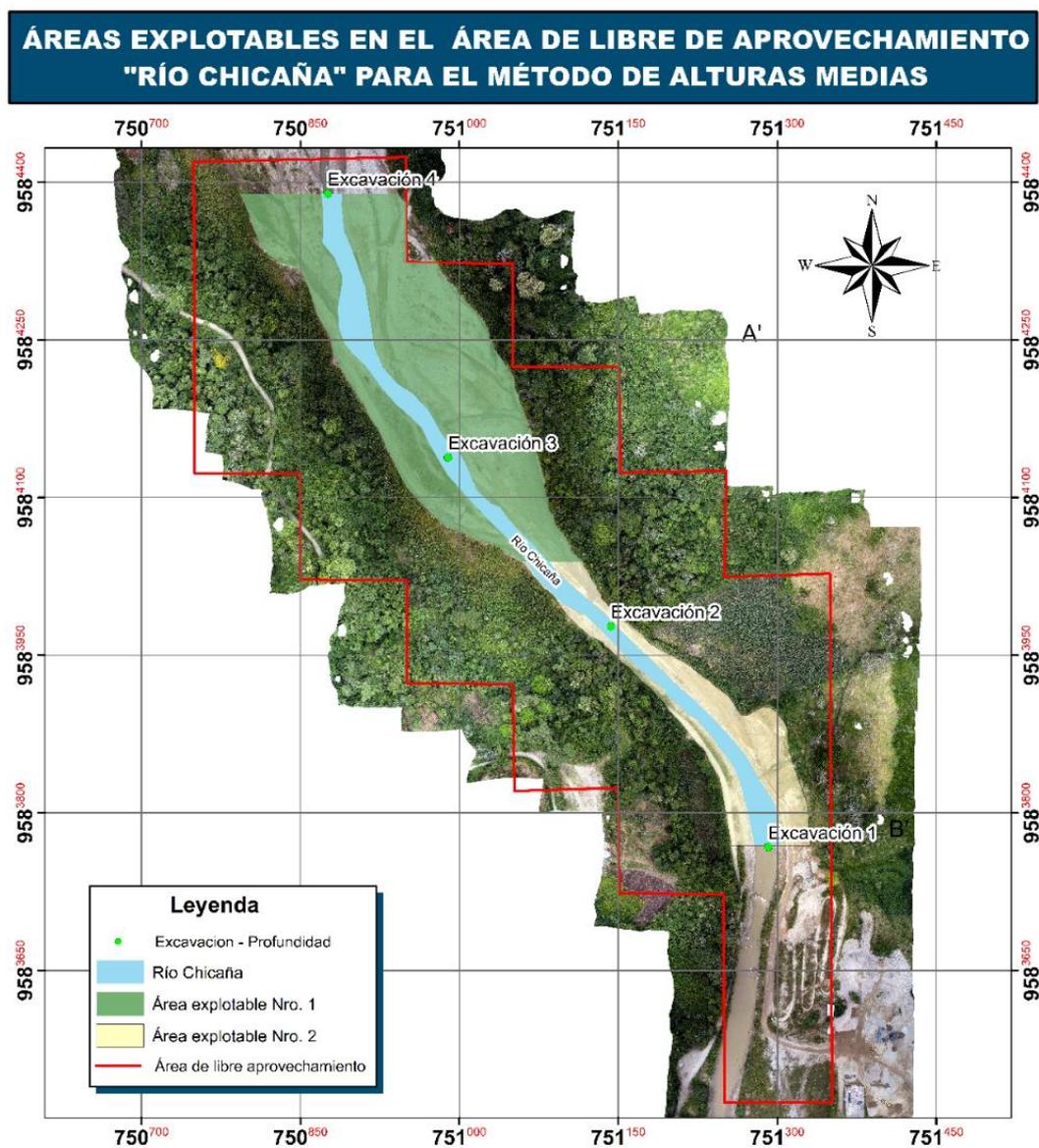


Figura 39. Áreas a explotar en el área de libre aprovechamiento río Chicaña.
 Elaborado por Torres (2022)

Tabla 18. *Datos empleados en el cálculo de reservas mediante el método de alturas medias*

Áreas para el cálculo de reservas		
Área 1		45412.30 m ²
Área 2		13225.45 m ²
Área total		65637.74404 m ²
Potencias de las áreas		
	Profundidad 1	6,10 m
Área 1	Profundidad 2	6,80 m
	Promedio	6,45 m
	Profundidad 3	6,30 m
Área 2	Profundidad 4	6,70 m
	Promedio	6,50 m

Nota. Elaborado por Torres (2022)

$$V = Sb \times \left(\frac{h1 + h2}{2} \right)$$

Donde

Sb= área de superficie

H = altura/profundidad

Volumen de área uno

$$V = Sb \times \left(\frac{h1 + h2}{2} \right)$$

$$V = 45412.30 \text{ m}^2 \times \left(\frac{6,10 \text{ m} + 6,80 \text{ m}}{2} \right)$$

$$V_1 = 45412.30 \text{ m}^2 \times 6.45 \text{ m}$$

$$V_1 = 292909.335 \text{ m}^3$$

Volumen de área dos

$$V = Sb \times \left(\frac{h1 + h2}{2} \right)$$

$$V = 45412.30 \text{ m}^2 \times \left(\frac{6,30 \text{ m} + 6,70 \text{ m}}{2} \right)$$

$$V_2 = 17225.45 \text{ m}^2 \times 6.50 \text{ m}$$

$$V_2 = 111965.425 \text{ m}^3$$

Volumen total

$$V_{total} = 292909.335 \text{ m}^3 + 111965.425 \text{ m}^3$$

$$V_{total} = 404874.76 \text{ m}^3$$

Volumen del río Chicaña en el área explotable

Tabla 19. *Volumen del río Chicaña en el área explotable del área de libre aprovechamiento*

Medidas	Calculo
Longitud: 766.66 m Área de la Sección: 17.04 m ²	Volumen del río = 766.66 m x 17.04 m ² Volumen del río = 13063.88 m ³

Nota. Elaborado por Torres (2022)

Volumen total del material mediante el método de altitudes medias

$$Volumen \text{ del material} = \text{Volumen total} - \text{Volumen del rio Chicaña}$$

$$Volumen \text{ del material} = 404874.76 \text{ m}^3 - 13063.88 \text{ m}^3$$

$$Volumen \text{ del material} = 391810.88 \text{ m}^3$$

6.5.2.2. Método de Secciones transversales adyacentes

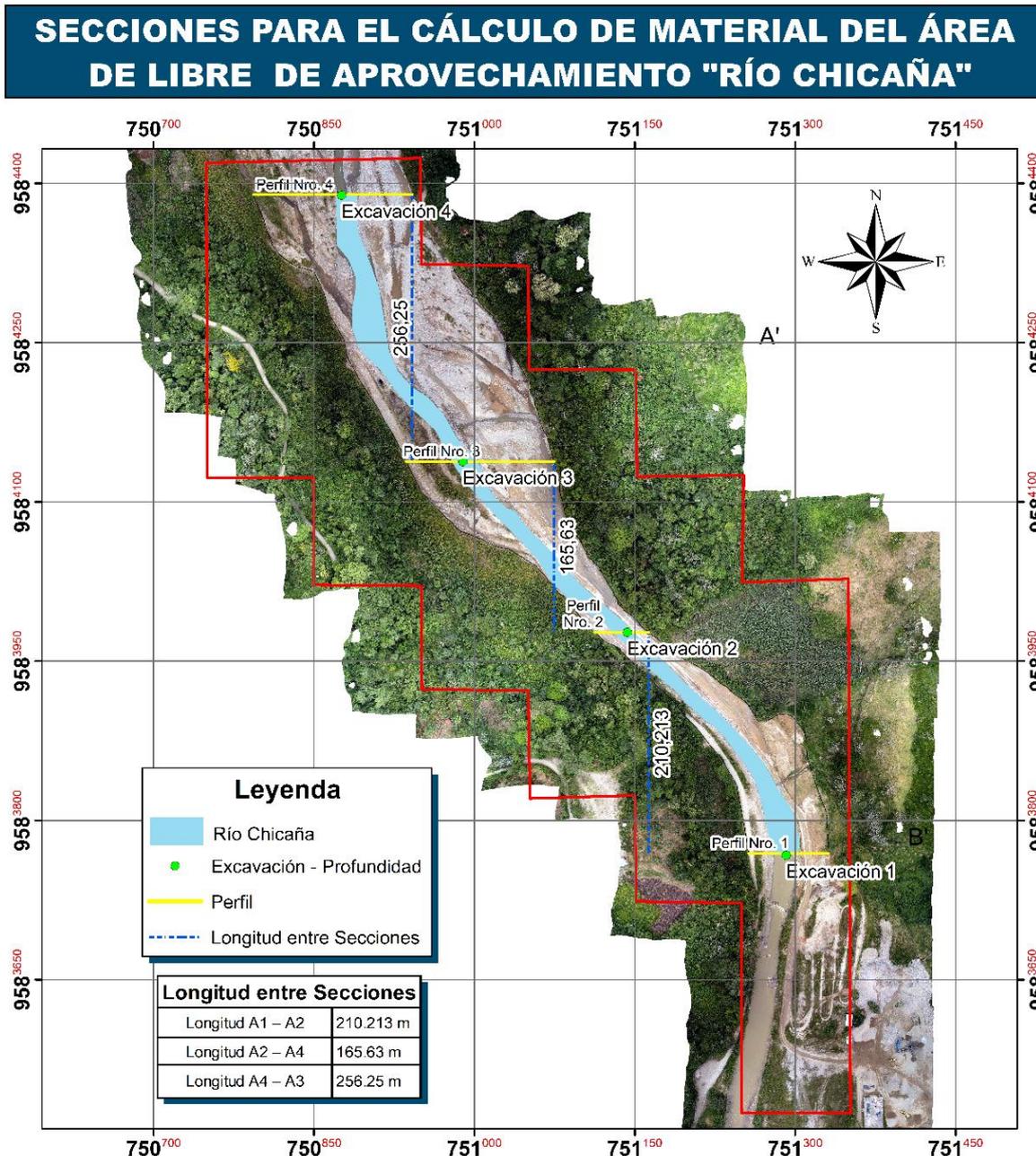
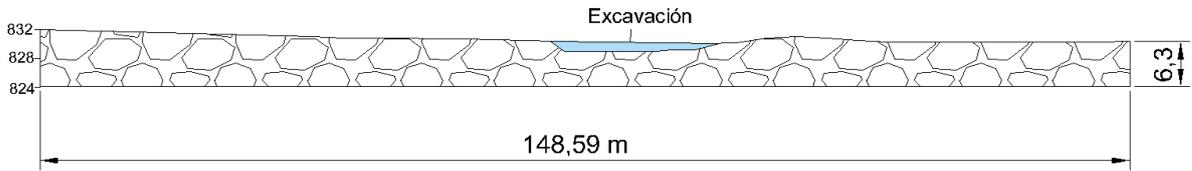
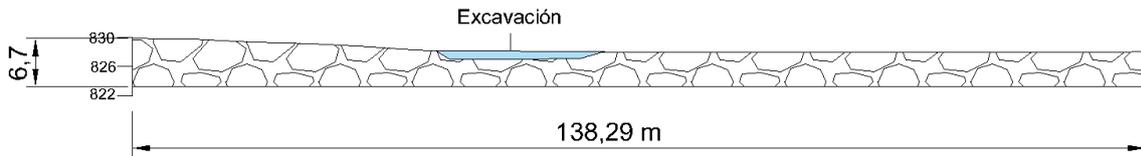


Figura 40. Secciones empleadas en el cálculo del método secciones transversales adyacentes. Elaborado por Torres (2022).

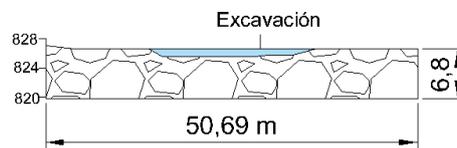
Perfil Nro. 4 Área = 714.2311 m³



Perfil Nro. 3 Área = 977.0549 m³



Perfil Nro. 2 Área = 345.80 m³



Perfil Nro. 1 Área = 400.112 m³

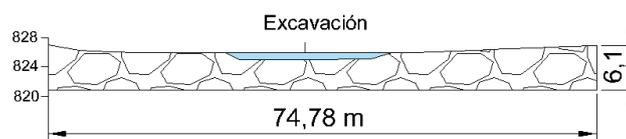


Figura 41. Áreas de los perfiles empleados en la cubicación de material mediante secciones transversales adyacentes. Elaborado por Torres (2022)

$$V_T = A_i \times L_i$$

$$V_T = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L_i$$

Donde:

A_1 = Área de la sección 1

A_2 = Área de la sección 2

L = longitud entre las dos secciones

Sección uno

$$V = \frac{A_1 + A_2}{2} \times L$$

$$V = \frac{400.12 \text{ m}^2 + 345.80 \text{ m}^2}{2} \times 210.213 \text{ m}$$

$$V = 78401.15 \text{ m}^3$$

Sección dos

$$V = \frac{A_2 + A_4}{2} \times L$$

$$V = \frac{345.80 \text{ m}^2 + 714.2311 \text{ m}^2}{2} \times 165.63 \text{ m}$$

$$V = 87786.48 \text{ m}^3$$

Sección tres

$$V = \frac{A_4 + A_3}{2} \times L$$

$$V = \frac{714.2311 \text{ m}^2 + 977.0549 \text{ m}^2}{2} \times 256.25 \text{ m}$$

$$V = 216696.8038 \text{ m}^3$$

Volumen total

$$V = \text{Sección 1} + \text{Sección 2} + \text{Sección 3}$$

$$V = 78401.15 \text{ m}^3 + 87786.48 \text{ m}^3 + 216696.80 \text{ m}^3$$

$$V = 382884.43 \text{ m}^3$$

Volumen del río Chicaña en el área de libre aprovechamiento

Tabla 20. Volumen del río Chicaña en el área explotable del área de libre aprovechamiento

Medidas	Calculo
Longitud: 766.66 m	Volumen del río = 766.66 m x 17.04 m ²
Área de la Sección: 17.04 m ²	Volumen del río = 13063.88 m ³

Nota. Elaborado por Torres (2022)

Volumen total del material mediante el método de altitudes medias

$$\text{Volumen del material} = \text{Volumen total} - \text{Volumen del rio Chicaña}$$

$$\text{Volumen del material} = 382884.43 \text{ m}^3 - 13063.88 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen del material} = 369820.55 \text{ m}^3$$

6.5.2.3. Resultados del cálculo de reservas

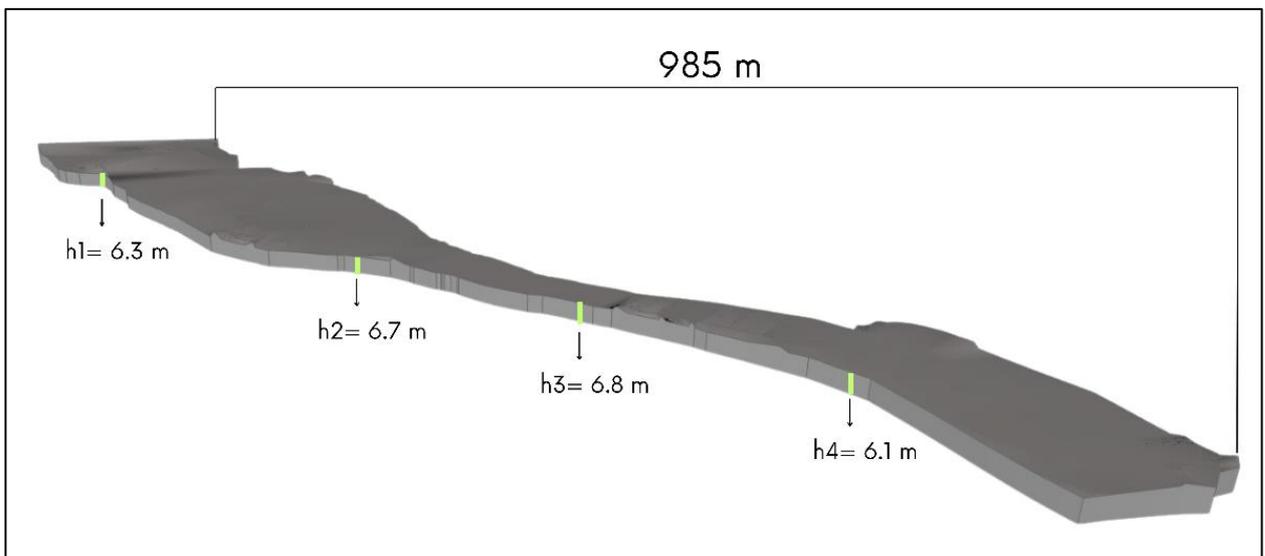


Figura 42. Modelo 3D de las reservas de material del área de libre aprovechamiento "Río Chicaña". Elaborado por Torres (2022)

A pesar de realizar la cubicación del material mediante dos métodos, con el resultado que se va desarrollar el sistema de explotación será el obtenido mediante el método de secciones transversales adyacentes ya que es el más preciso según indica Juan Luis Fernández (2003), el cual nos da como resultado un volumen de 369820.55 m³.

El volumen obtenido de material incluye los materiales de interés como son el gravon que va de > 2" a < 4", la gravilla >3/16" a <2" y las arenas de < 3/16" y los de no interés que tienen una

granulometría > 4. En la siguiente tabla se determina el volumen de acuerdo a la granulometría teniendo en cuenta los porcentajes de cada material (tabla 21).

Tabla 21. *Metros cúbicos que existen en el área de libre aprovechamiento de acuerdo a su granulometría.*

Volumen del material en el área de libre aprovechamiento río Chicaña de acuerdo a su granulometría			
Material	Granulometría (“)	Porcentaje por día	Metros cúbicos
Piedra gruesa	> 4	8%	29585,64
Gravón	> 2 a < 4	9%	33283,84
Gravilla	>3/16 a <2	50%	184910,27
Arena gruesa y fina	< 3/16	33%	122040,78
Total		100%	369820,55 m ³ .

Nota. Elaborado por Torres (2022)

El material superior a > 4 representa un 8% con un volumen de 29585,64 m³, el cual no es de interés, motivo por el cual se lo resta del volumen del material del área de libre aprovechamiento, teniendo un resultado de 340234,91 m³ de material de interés.

6.5.3. Calidad del material

En el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” se extrae material usado para mejoramiento de las vías en la parroquia de Chicaña y cantón Yantzaza, el cual es utilizado por el GAD Municipal del Cantón Yantzaza para la planta de pavimento.

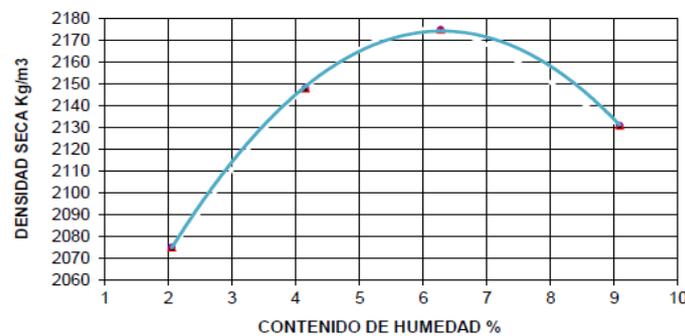
Se realizó un análisis para determinar la calidad del material árido y pétreo en el área explotable, se ejecutó una serie de ensayos en el laboratorio “Delta” (Anexo 9) a partir de una muestra compuesta obtenida de las muestras extraídas de las calicatas realizadas a lo largo de las superficies explotables.

6.5.3.1. Ensayo de compactación Proctor - ASTM D- 1557.

Tabla 22. *Resultados del ensayo de compactación Proctor*

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR				
Norma ensayo	T-180-D		DATOS DEL MOLDE	
Golpes/capa	56		DIÁMETRO	15,25 cm.
No. De capas	5		ALTURA	11,67 cm
Peso martillo:	4,5	Kg.	VOLUMEN	2.132 cm ³
Alt. De caída:	46	cm.	PESO	5.987 gramos
Datos Para La Curva				
PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10.501	10.756	10.914	10.942

Peso suelo:	4.514	4.769	4.927	4.955				
Dens. Hum :	2.118	2.237	2.311	2.325				
Contenidos De Humedad								
W. hum.:	124,36	121,54	115,69	118,47	126,35	117,48	115,98	102,45
W. seco:	122,16	119,47	111,75	114,49	119,86	111,88	107,91	95,35
W. caps:	17,25	16,36	17,24	18,25	19,69	19,69	18,54	17,69
w (%) :	2,1	2,01	4,17	4,14	6,48	6,07	9,03	9,14
promedio	2,05	4,15	6,28	9,09				
Dens. Seca:	2.075	2.148	2.175	2.131				
RESULTADOS:	Densidad seca maxima =						2.174 Kg/m ³	
	Cont. De agua optimo =						6,30%	



Nota. Laboratorio Delta CIA. LTDA (2023)

El material se analizó mediante el ensayo de compactación Proctor con la norma T-180-D, se determinó después de 56 golpes en 5 capas con un peso de martillo de 4,5 kg, una densidad seca máxima de 2.174 Kg/m³, con un contenido de agua optimo de 6,30% (tabla 22).

6.5.3.2. Índice de soporte california " C. B. R. " ASTM C – 1883.

Tabla 23. Resultados del ensayo de índice de soporte california "C.B.R."

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. " ASTM C - 1883													
MOLDE N.º		4				5				6			
N ° de golpes por capa		56				25				10			
Condición de muestra		Antes satur.		Desp. Satur.		Antes satur.		Desp. Satur.		Antes satur.		Desp. Satur.	
Peso muestra humedad + molde	gr.	118	22	1184	9	1127	1	1132	9	1087	4	109	45
Peso del molde	gr.	604	5	6045	5	6040	5	6040	5	6025	5	602	5
Peso de la muestra húmeda	gr.	577	7	5804	7	5231	7	5289	7	4849	7	492	0
Volumen de muestra	cm ³	250	0	2500	0	2499	0	2499	0	2443	0	244	3
Densidad húmeda	gr/cm ³	2,31	3	2,321	3	2,09	4	2,117	4	1,985	3	2,01	4
HUMEDAD		Arri	Ab	Arri	Aba	Arri	Ab	Arri	Aba	Arri	Aba	Arri	Ab
		ba	ajo	ba	jo	ba	ajo	ba	jo	ba	jo	ba	ajo



RECIPIENTE N°	12	4	3	4	1	99	154	163	1	7	3	147
Peso del recipiente.	gr. 17,36	18,49	18,54	17,69	18,24	17,25	19,65	18,14	17,58	17,36	18,24	18,99
Peso muestra húmeda + recipiente	gr. 95,26	96,14	97,26	96,48	99,65	98,74	102,36	110,54	99,68	100,45	98,65	97,86
Peso muestra seca + recipiente	gr. 90,67	91,48	92,25	91,34	94,88	93,81	96,54	103,96	94,74	95,48	92,38	91,74
Peso de agua.	gr. 4,59	4,66	5,01	5,14	4,77	4,93	5,82	6,58	4,94	4,97	6,27	6,12
Peso de muestra seca.	gr. 73,31	72,99	73,71	73,65	76,64	76,56	76,89	85,82	77,16	78,12	74,14	72,75
Contenido de humedad.	gr. 6,26	6,38	6,88	6,98	6,22	6,44	7,57	7,67	6,4	6,36	8,46	8,41
Humedad promedio.	%.	6,32	6,89	6,33	7,62	6,38	8,43					
Densidad seca.	gr/c3	2,173	2,172	1,969	1,967	1,866	1,858					

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE N°	4	5	6
Peso muestra húmeda + molde después de saturación.	11849	11329	10945
Peso muestra húmeda + molde antes de saturación.	11822	11271	10874
Peso de agua absorbida	27	58	71
Porcentaje de agua absorbida	0,47	1,11	1,46

DATOS DE ESPONJAMIENTO

Fec ha y Hor a	Tie mpo en Días	Molde n°4			Molde n°5			Molde n°6		
		Lectu ra dial Mm x10 - 2	Cambi o de Longit ud mm	Esponj am. %	Lectura dial Mm x 10 -2	Cambio de Longitud mm	Esponja m. %	Lectura dial Mm x 10 -2	Cambio de Longitud mm	Esponj am. %
1	18 4,6	0	0	200,3	2,003	0	136,5	0	0	
2	18 4,6	1,8 46	1,39	200,9	2,009	1,51	136,6	1,366	1,03	
3	18 4,9	1,8 49	1,39	201,1	2,011	1,51	136,9	1,369	1,03	
4	18 5,1	1,8 51	1,39	201,5	2,015	1,51	137,2	1,372	1,03	
5	18 5,1	1,8 51	1,39	201,6	2,016	1,51	137,2	1,372	1,03	

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN

Pen etr en plg.	Carg as tipo lb/pl g	Molde n°4			Molde n°5			Molde n°6		
		Lectu ra dial Plgx 10 -4	Pre sión Lb/plg 2	C.b.r. Correg . %	Lectura dial Plgx10 -4	Presión Lb/plg 2	C.b.r. Correg. %	Lectura dial Plgx10 -4	Presión Lb/plg 2	C.b.r.corr eg. %
0,0 25	5 9	43,4	29	21,31	9	6,61				
0,0 5	16 8	123 ,5	63	46,3	25	18,37				

0,0	36	270			146	107,2		69	50,71		
75	8	,4				9					
0,1	1000	61	453	45,5	302	221,9	22	147	3	108,0	10,9
		7	,4			3					
0,1		78	574		415	304,9		213	3	156,5	
25		2	,7			7					
0,1		89	659		502	368,9		263	7	193,2	
5		8	,9								
0,1		96	707		567	416,6		301	9	221,1	
75		3	,7			7					
0,2	1500	10	735	49,33	623	457,8	30,6	332	8	243,9	16,13
		01	,6			2	7				
0,2		10	770		689	506,3		356	1	261,6	
5		49	,9			2					
0,3	1900	10	797		726	533,5		369	7	271,1	
		85	,3			1					
0,4	2300	11	825		742	545,2		386	6	283,6	
		23	,3			7					
0,5	2600	11	878		762	559,9		401	8	294,6	
		96	,9			7					

Nota. Laboratorio Delta CIA. LTDA (2023)

El material se analizó mediante el ensayo de índice de soporte californiana " C. B. R. " bajo la norma ASTM C – 1883 (tabla 19), obteniendo como resultado después de 56 golpes en 5 capas con un peso de martillo de 4,5 kg, un porcentaje de C.B.R de 33.10% (tabla 23).

6.5.3.3. Determinación del valor de abrasión del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles - INEN 860 ASTM C – 131.

Tabla 24. Resultados de la determinación del valor de abrasión.

GRADACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO SEPARADA POR TAMIZADO					
Tamices en mm		Masa de la muestra de ensayo en gramos			
		Gradación			
Pasa	Retenido	A	B	C	D
37,5	25	1249			
25	19	1250			
19	12,5	1250			
12,5	9,5	1251			
9,5	6,7				
6,7	4,75				
4,75	2,36				
Total		5000			
Número de esferas=		12		Masa de la carga abrasiva= 5048 g	
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A)=		5000			
Masa total de la muestra después de 500 revoluciones (B)=		3714			
Valor de la abrasión (en porcentaje) después de 500 revoluciones (V)=		25,72%			
<i>Valor de abrasión en porcentaje</i>		<i>Requisito de desgaste a la Abrasión Máximo</i>			
$V = (A - B)/A \times 100$		<i>Porcentaje 40 %</i>			

Nota. Laboratorio Delta CIA. LTDA (2023)

Se ensayó el material mediante la de determinación del valor de abrasión del árido grueso de partículas menores a 37,5 mm mediante el uso de la máquina de los ángeles, basado en la norma INEN 860 ASTM C – 131 (tabla 24), se determinó que el valor de la abrasión después de 500 revoluciones (V) es 25,72%.

6.5.3.4. Análisis granulométrico - AASHO-T-91.

Tabla 25. Resultados del análisis granulométrico.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Micr.	Tamiz	Peso retenido acumulado (gr.)	% Retenido	% Que pasa	Faja de diseño
100	4"	986	8	92	100
75	3"	1768	14	86	
63	2 1/2"	1926	15	85	
50	2"	2145	17	83	
37,5	1 1/2"	3369	27	73	
25	1"	4512	36	64	
19	3/4"	5198	42	58	
12,5	1/2"	6625	53	47	
9,5	3/8"	7145	57	43	
4,75	Nº.4	8374	67	33	
	Pasa Nº.4	4127	33	67	
2,36	Nº.8				
2	Nº.10	129	8	25	
1,18	Nº.16	228	14	19	
0,85	Nº.20				
0,6	Nº.30				
0,425	Nº.40	395	23	10	
0,3	Nº.50				
0,15	Nº.100	483	29	4	
0,075	Nº.200	512	30	2,6	0 - 20
	Pasa Nº.200	44	2,6		
	TOTAL	12501			
	Peso Total de Lavado:		556		
	Peso Total después de Lavado:		512		

Nota. Laboratorio Delta CIA. LTDA (2023)

Se ensayó el material mediante un análisis granulométrico basado en la norma AASHO-T-91.1 (tabla 25), se determinó que el material > 4" denominado piedra gruesa corresponde al 8%, el material > 2" a < 4" denominado gravón corresponde al 9%, el material >3/16" a <2" corresponde al 50% y el material < 3/16 denominado arenas corresponde al 33%.

6.5.3.5. Contenido de humedad

Tabla 26. Resultados del contenido de humedad.

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Peso húmedo	Peso seco	Peso de cápsula	% de humedad	Resultado
69,07	64,65	17,39	9,35	9,45
70,22	65,74	18,26	9,44	
89,36	83,15	18,11	9,55	

Nota: Laboratorio Delta CIA. LTDA (2023)

Se determino mediante el ensayo de la muestra compuesta extraída del área de estudio, que el contenido de humedad es de 9,45 (tabla 26).

6.5.3.6. Ensayo de solidez en sulfato de sodio - ASTM C – 88.

Tabla 27. Resultados del ensayo de solidez en sulfato de sodio.

TAMAÑO DEL AGREGADO		A gr.	B gr.	C %	D % RET.	E % Ponderado	Porcentaje De Perdida
Pasa tamiz	Retiene tamiz						
21/2"	2"	487	481	1,23	8,97	11,05	4,02%
2"	11/2"	536	524	2,24	9,87	22,1	
11/2"	1"	785	763	2,8	14,46	40,52	
1"	3/4"	1147	1102	3,92	21,13	82,89	
3/4"	1/2"	963	908	5,71	17,74	101,31	
1/2"	3/8"	869	824	5,18	16,01	82,89	
3/8"	N°4	642	609	5,14	11,83	60,78	
TOTAL		5429	5211		100	401,55	

TAMAÑO DEL AGREGADO		A gr.	B gr.	C %	D % RET.	E % Ponderado	Porcentaje De Perdida
Pasa tamiz	Retiene tamiz						
N°4	N°8	685	635	7,3	32,22	235,18	6,68%
N°8	N°16	597	563	5,7	28,08	159,92	
N16	N°30	478	447	6,49	22,48	145,81	
N°30	N°50	366	339	7,38	17,22	127	
TOTAL		2126	1984		100	667,92	

Porcentaje Medio Desgaste A Los Sulfatos 5,35 %

Nota. Laboratorio Delta CIA. LTDA (2023)

Analizado el material de la muestra compuesta extraída del área de estudio mediante el ensayo de solidez en sulfato de sodio bajo la norma ASTM C – 88 (tabla 27), se determinó que el porcentaje medio desgaste a los sulfatos 5,35 %.

6.5.3.7. Resultados de los ensayos

Como resultados de los ensayos realizados en el laboratorio “DELTA” al material explotado en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña con código “50000928”, se han determinado los siguientes resultados como los más importantes (tabla 28), los cuales fueron comparados con los parámetros del libro amarillo del Ministerio de Transportes y Obras Públicas (MTO) y la norma ASTM C – 88., determinando que el material que existe dentro del área de libre aprovechamiento puede ser usado para capas de base y sub base.

Tabla 28. Resultados del ensayo del material explotado en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”

Ensayos	Resultados	Norma	Parámetros del libro amarillo del MTO			
			Superficie de Rodadura	Base	Sub Base	Cumple No cumple
" C. B. R. "	33.10%	ASTM C – 1883.	-	≥ 80%	≥ 30%	x
Valor de abrasión	25.72%	INEN 860 ASTM C – 131.	50 máx. %	< 40%	50 máx%	x
Índice de plasticidad	0		< 9	< 6	< 6	x
Limite liquido	0		35	< 25	25 max	x
% del material que pasa el tamiz 4”	92%	AASHO-T-91.	-	-	-	x
% de material que pasa el tamiz #200	0%		8 – 25%	0 – 15%	0 – 20%	x
ASTM C88						
Ensayo de solidez en sulfato de sodio -	Porcentaje Medio Desgaste A Los Sulfatos 5,35 %	ASTM C – 88.	Materiales para pavimentos y carreteras	Materiales para construcción de obras de tierra	Cumple	No cumple
			≤ 12%	≤ 15%		

Nota. Elaborado por Torres (2022)

6.6. Situación Actual del Área de Libre Aprovechamiento “Río Chicaña”.

En el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” se aplica el método de explotación a cielo abierto. El diseño de explotación que se ha venido llevando no se encuentra bien definido, es decir se extrae de una manera empírica en el cual se excava de forma mecánica una trinchera de corte cercana a la llanura de inundación.

La producción que se extrae en el área de libre aprovechamiento según el ministerio de minería (2017) es de 240 m³ diarios, el cual es usado única y exclusivamente para obras públicas como el mantenimiento de las calles de la parroquia Chicaña y para el mejoramiento de vías del cantón de Yantzaza.

6.6.1. Esquema de explotación

En la actualidad en el área de libre aprovechamiento las actividades que se realizan son: preparación del frente de explotación, extracción, carga y acarreo de materiales explotados, cribado y clasificación (figura 43). Actualmente la concesión no cuenta con una escombrera, debido a que el material es en su totalidad aprovechado como material de construcción.



Figura 43. Esquema del sistema de explotación actual en el área de libre aprovechamiento río Chicaña. Elaborado por Torres (2022)

6.6.2. Descripción del proceso actual en el área de libre aprovechamiento.

6.6.2.1. Destape y Preparación

El destape es la fase inicial de los proyectos de explotación de materiales áridos y pétreos, sin embargo, en la actualidad esta etapa consiste en elegir el lugar apropiado en el frente de explotación de acuerdo a la experticia del operador de la excavadora Caterpillar 320, con la que se realiza la extracción del material en el área de libre el río Chicaña.

6.6.2.2. Arranque o Extracción

Las labores de arranque o extracción en la actualidad se desarrollan con la ayuda de una excavadora Caterpillar – 320 (Tabla 29).

Para dar inicio al proceso de extracción la excavadora se coloca de preferencia de forma perpendicular a la corriente del río y empieza el laboreo de extracción formando una trinchera que incrementa sus dimensiones mientras se extrae el material, cuando trinchera llegan a tener dimensiones de aproximadamente 15 m de longitud x 10 m de ancho las actividades de explotación se paralizan en ese frente de explotación para que el río Chicaña rellene naturalmente el espacio explotado. Se moviliza la excavadora aproximadamente 75 m hacia otro frente de explotación con la finalidad de realizar nuevamente la extracción de material pétreo y árido con la finalidad de repetir la misma secuencia de actividades antes mencionadas.

Tabla 29. *Maquinaria utilizada para la extracción o arranque del material.*

Maquinaria mecánica usada en el arranque o extracción		
	Nombre	Excavadora de Caterpillar – 320
	Peso	22.5 ton
	Fuerza de rotura	150 kN
	Capacidad de cuchara	1.1 m ³
	Long	9.53 m
	Ancho	3.17 m
	Rendimiento motor:	121 kW

Nota. Caterpillar (2020)

Al momento de realizar la extracción se toma en cuenta las rocas de un diámetro mayor a 50 cm, ya que no se las considera para el proceso productivo y se las coloca en lugares estratégicos elegidos por el operador de la excavadora para evitar socavamiento.

6.6.2.3. Carga y Acarreo

Se procede a realizar el proceso directamente desde el frente de explotación con la excavadora Caterpillar - 320 con capacidad de 1.1 m³ en la cuchara, se carga a la volqueta Man TGS 40.400 6x4 (Tabla 30) para que posterior sea transportado mediante las vías del área de libre aprovechamiento a la zona de cribado y clasificado en donde se descarga el material para

regresar al frente de explotación para ser nuevamente cargado, convirtiéndose en un ciclo de trabajo durante toda la jornada laboral.

Tabla 30. Maquinaria utilizada para la carga y acarreo

Maquinaria mecánica usada para la carga y acarreo	
	Nombre Man TGS 40.400 6x4
	Capacidad de Carga 15 m ³
	Potencia 400 HP
	Dimensiones 58.40x2.55x3.90 m
	Cilindrada 6

Nota. Man (2019)

El tiempo de transportar el material del frente de explotación a la zona de cribado y clasificación depende del frente de explotación que se encuentre, pero el aproximado es de 10 a 13 minutos. Para el proceso de carga y acarreo es necesario dos operadores como son el de la excavadora Caterpillar – 320 y la volqueta Man TGS 40.400 6x4.

6.6.2.4. Clasificación o Cribado

En el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” se cuenta con una criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953 (tabla 31) y una criba fija metálica para clasificar el material < 4”.

Previo al uso de la criba mecánica se realiza la clasificación mediante la criba fija metálica para separar el material < 4”, el cual va ser transportado mediante una retroexcavadora a la criba mecánica, ya que la criba mecánica tiene un tamaño de entrada máximo de 100 x 160 mm y clasifica el material mediante 3 tamices en grano fino (arena fina y gruesa), grano medio (gravilla 2” aprox) y grano grueso (2” a 4” aprox). Por otra parte, el material > 4” es transportado y apilado para el stock

Esta operación se realiza con dos operadores, uno que es el operador de la retroexcavadora que abastece las cribas para el clasificado y el otro es el operador o supervisor de la criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953.

Tabla 31. Maquinaria utilizada para el cribado y clasificación del material

Maquinaria mecánica usada para el cribado y clasificación	
Nombre	Kleemann mobiscreen ms 953 evo
Peso	36.3 ton
Numero de tamices	3
Potencia motriz	105 kW
Capacidad de tolva	8 m ³
Capacidad de alimentación	550 t/h



Nota. Kleemann (2022)

6.6.2.5. Almacenamiento o Stock

Luego de que se ha extraído los materiales de construcción y se han clasifican de acuerdo a su granulometría: grava, gravilla, arena fina y gruesa. Este proceso es realizado por dos operadores como son el de la retroexcavadora Komatsu y el de la cargadora Caterpillar.

Cuando se ha cribado o clasificado una cantidad considerable en la criba fija, el material >4” se transporta con ayuda de una retroexcavadora Komatsu (tabla 32) al lugar de almacenamiento y el material <4” se traslada a la tolva de la criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953.

Una vez que la criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953 clasifique una cantidad considerable de material se transporta con la ayuda de una cargadora Caterpillar (tabla 33) la cual es la encargada de stockear y ordenar el material como es la grava, gravilla, arena fina y gruesa en el área de libre aprovechamiento cerca de la criba mecánica.

La retroexcavadora Komatsu además se encarga de cargar los volquetes que se encargan del transporte externo al área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”

Tabla 32. Maquinaria utilizada para el almacenamiento o stock del material

Maquinaria mecánica usada para el almacenamiento y stock		
	Nombre	Retroexcavadora Komatsu
	Peso	7.6 t
	Fuerza de rotura	63.83 kN
	Capacidad de cuchara	2.75 m ³
	Ancho	2.7 m
	Altura	2.3 m

Nota. Komatsu (2016)

Tabla 33. Maquinaria utilizada para el almacenamiento o stock del material

Maquinaria mecánica usada para el almacenamiento y stock		
	Nombre	Cargadora Caterpillar
	Potencia	202 Hp
	Peso	18,676 kg
	Capacidad de cuchara	3 m ³
	Ancho	2.75 m
	Altura	3,59 m

Nota. Caterpillar (2022)

6.6.3. Análisis técnico del método actual

El método actual consiste en una explotación empírica en la que se extrae el material directamente desde el río Chicaña, lo cual produce un problema de socavamiento además de generar sedimentos suspendidos directamente en el río Chicaña.

Al no tener un sistema de explotación técnico la extracción de materiales pétreos no se lleva a cabo con un rendimiento adecuado y el volumen de material no es óptimo para una jornada laboral, la razón de esto es que no existe un ciclo de trabajo conciso tomando en cuenta el rendimiento de la maquinaria existente dentro del área de libre aprovechamiento. Para realizar el análisis económico de la explotación actual en el área de libre aprovechamiento, se tomó en cuenta el personal, la maquinaria, combustible e insumos (tabla 34), con la finalidad de tener de forma detalla los gastos que existen mensualmente, que en este caso son 22 días.

Tabla 34. Costos del sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”

Personal						
Nro.	Descripción	Cantidad	Costo total mes (\$)		Costo/día (\$)	
1	Operador de excavadora	1	900.00		40.90	
2	Operador de cargadora	1	850.00		38.63	
3	Operador de retroexcavadora	1	850.00		38.63	
4	Operador de volqueta Man TGS 40.400 6x4	2	1700.00		77.27	
5	Supervisor de Criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953.	1	500.00		22.72	
Costo total del personal					218.15	
Maquinaria y Equipos						
Nro.	Descripción	Cantidad	Costo total mes (\$)		Costo/día (\$)	
6	Excavadora Caterpillar 320	1	4400.00		200.00	
7	Cargadora Caterpillar	1	3520.00		160.00	
8	Retroexcavadora Komatsu	1	3080.00		140.00	
9	Volqueta Man TGS 40.400 6x4	2	7040.00		320.00	
10	Criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953.	1	13200.00		600.00	
Costo total de maquinaria y equipos					1420.00	
Combustible						
Nro.	Descripción	Cantidad	Galón/hora	Costo/Galón (\$)	Costo/Hora (\$)	Costo/día (\$)
6	Excavadora Caterpillar 320	1	6	1.749	10.494	83.952
7	Cargadora Caterpillar	1	4.50	1.749	7.8705	62.964
8	Retroexcavadora Komatsu	1	3.50	1.749	6.1215	48.972
9	Volqueta Man TGS 40.400 6x4	2	7.00	1.749	12.243	97.944
10	Criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953.	1	8.50	1.749	14.8665	118.932
Costo total de combustible						412.764
Insumos de repuesto y mantenimiento						
Nro.	Descripción	Cantidad	Costo total mes (\$)		Costo/día (\$)	
16	Repuestos	1	750.00		34.09	
17	Engrasado, cambio de aceite, otros.	1	500.00		22.72	
Costo total de insumos de repuestos y mantenimiento					56.81	
Producción diaria		240 m³	Costo total diario		2107.724 \$	
Costo por metro cubico					8.78 \$	

Nota. Elaborado por Torres (2022)

Como resultado del análisis económico se determinó que el costo de producción diaria en la actualidad es de 2107.724 \$, teniendo en cuenta que se produce al día 240 m³, se obtiene un resultado de 8.782\$ en cada metro cúbico extraído y clasificado.

6.7. Diseño de del sistema de explotación

6.7.1. Elección del sistema de explotación



Para la extracción del material de construcción en el área de libre aprovechamiento río Chicaña se parte con la elección del método de explotación que en este caso será a cielo abierto ya que el material se encuentra directamente en la superficie.

Para la elección del sistema de explotación óptimo se plantó tres sistemas aplicables en graveras que se puedan implementar en el área de libre aprovechamiento de acuerdo a criterios como son: construcción, la topografía, el caudal, maquinaria e infraestructura disponible, geomorfología, reservas de material, rentabilidad, aspecto ambiental, etc.

- **Explotaciones Bajo Lámina De Agua.**

Este sistema se puede aplicar en material que se encuentra en zonas que se encuentran un medio aluvial ya que las explotaciones se realizan a nivel freático que se encuentra muy próximo a la superficie o a una cierta profundidad cuando el paquete productivo es de gran potencia por lo que la extracción se realiza total o parcialmente bajo el agua.

Se pueden retroexcavadoras para la extracción del material y volquetes para el acarreo del material a la zona de criba y clasificación.

- **Explotación por medio de bancos**

Este sistema de explotación consiste en un método de banqueo con avance en una sola dirección, ya que este sistema es el adecuado para depósitos con recubrimientos potentes, además el pozo de excavación creado permite la acumulación de materiales producto del arrastre del caudal del río.

La extracción mediante bancos de manera directa en un pozo se puede realizar en el área de libre aprovechamiento ya que la geomorfología de la zona lo permite además se puede realizar mediante la extracción de retroexcavadora y volquetes.

- **Explotaciones Por Diques Transversales.**

El sistema de explotación por diques transversales utiliza lo mínimo en recursos económicos proporcionando una mejor producción manteniendo siempre una armonía con el medio ambiente además las herramientas utilizadas en este sistema son la retroexcavadora y las volquetas para el cargue y transporte.

Una vez analizadas todas las características del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” se procede a realizar la elección del sistema de explotación teniendo en cuenta que las áreas a explotar deben tener una profundidad mayor de 4 metros, no exista vegetación masiva y exista un bajo grado de inclinación en las áreas de explotación.

Tabla 35. *Análisis multicriterio para la elección del sistema de explotación.*

Sistema de explotación	Caudal	Construcción	Maquinaria y herramientas	Rentabilidad	Ambiental
Bajo lámina de agua	Normal o medios (69.53m ³ /s)	-	Excavadora Volquetes	Eficiente	Elevados solidos suspendidos Socavamiento
Por medio de bancos	-	-	Excavadora Volquetes	Eficiente	Impacto en el paisaje
Diques Transversales	Caudal medio	Gaviones	Excavadora Volquetes Cribas	Alta producción por material de arrastre Reducción de costos Rendimiento de maquinaria	No altera el caudal Cuida las riberas del río Estabilidad en laderas Reducción de solidos suspendidos

Nota. Elaborado por Torres (2022).

En función de los criterios tomados en cuenta, el método de explotación será a cielo abierto utilizando el sistema de graveras mediante diques transversales, el cual es el más apropiado para extraer material en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña, ya que se adapta al terreno por las condiciones del relieve, los diques se realizarán con el material existente en el área de libre aprovechamiento y se hará uso de la maquinaria existente, lo que minimizará costos en la etapa de preparación. Por otra parte, incrementará el rendimiento de producción diario ya que se realizará la extracción teniendo en cuenta un esquema de explotación optimo con la maquinaria disponible. En el ámbito ambiental se minimiza los sólidos suspendidos además ayuda a mantener el cauce natural del río evitando el deterioro de la ribera para que en épocas de invierno no se corra el riesgo de un desbordamiento destructivo y peligroso.

6.8. Implementación del Sistema de Explotación de Graveras Mediante Diques Transversales.

6.8.1. Destape y Preparación.

En la fase de preparación se desarrollarán las actividades que acondicionarán las zonas donde se realizarán las diferentes actividades del sistema de explotación. Esta fase contempla la adecuación de vías, campamento, zona de clasificación y frente de explotación.

6.8.1.1. Vías en el área de libre aprovechamiento

En el área de libre aprovechamiento serán necesarias vías para acceso principal al área de libre aprovechamiento, movilización del frente de explotación a las zonas de cribado para la etapa de carga y acarreo, movilización para llegar al campamento y taller mecánico. El área de libre aprovechamiento cuenta con vías, las cuales serán acondicionadas enfocándose en el sistema de explotación de graveras mediante diques transversales.

- **Ancho de las vías**

Para determinar el ancho de vías se tienen tres variables como son: número de carriles que en este caso serán dos, ancho de la maquinaria para acarreo que es la volqueta Man TGS y un prisma de seguridad (tabla 36).

Tabla 36. *Calculo para el ancho de las vías*

Variables para calcular ancho de vía	Calculo
Número de carriles: 2	$Ancho\ de\ vía = (2,55m * 1,5) = 3,85m \approx 4m$
Ancho de maquinaria de acarreo= 2,55 m	$Ancho\ de\ vía = 4\ m * 2\ carriles$
Prisma de seguridad= 1.25	$Ancho\ de\ vía = 8\ m$

Nota. Elaborado por Torres (2022)

- **Peralte de vías**

El peralte de vía se realizó teniendo en cuenta variables como el radio de la curva en la vía, la velocidad media alcanzada en la curva y el material con el que se va desarrollar (tabla 37) (Figura 45).

Tabla 37. *Calculo para el peralte de las vías*

Variables para calcular el peralte de la vía	Calculo
Radio de la curva: 8	$\frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{V^2}{g * R}$
Velocidad media alcanzada en la curva= 3,5	$\frac{\sin\phi}{\cos\phi} = \frac{3,5^2}{9,81 * 8}$
Gravedad = 9,81	$\frac{\sin\phi}{\cos\phi} = 4,55^\circ = 4,5^\circ$

Nota. Elaborado por Torres (2022)

Para la construcción y readecuación de las vías será necesario remover la cubierta vegetal en las zonas donde haga falta con la ayuda de la retroexcavadora komatsu y la cargadora Caterpillar, se continúa realizando el lastrado con una capa de 15 cm con la ayuda de la volqueta man TGS y la cargadora caterpillar finalmente se realiza la compactación con la ayuda de un rodillo de camino. No se realizó una vía dentro del frente de explotación ya que la excavadora y volqueta necesitan moverse arbitrariamente por el frente de explotación en el laboreo. (Figura 44).

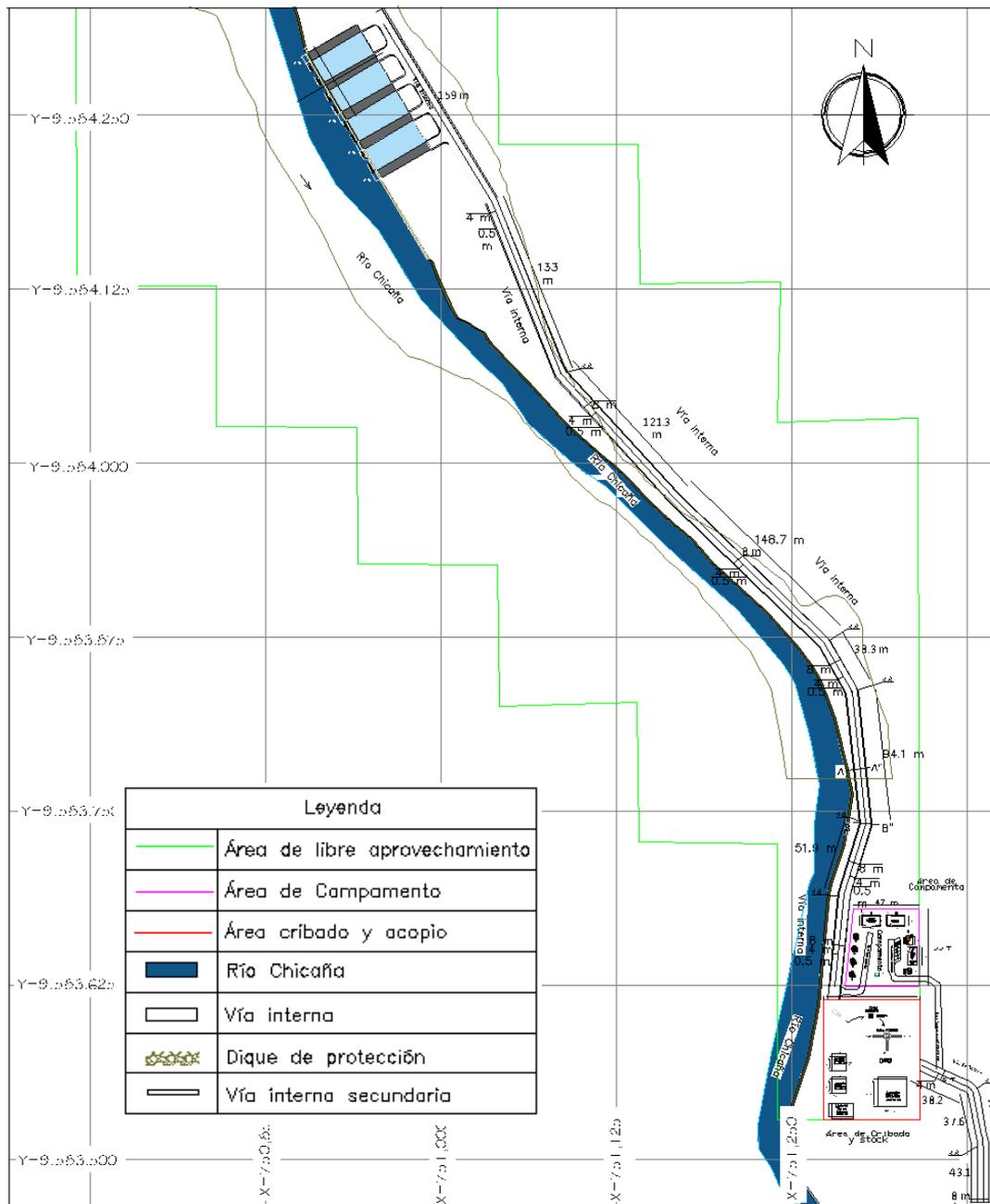


Figura 44. Diseño de vías para el área de libre aprovechamiento río Chicaña, Elaborado por Torres (2022)

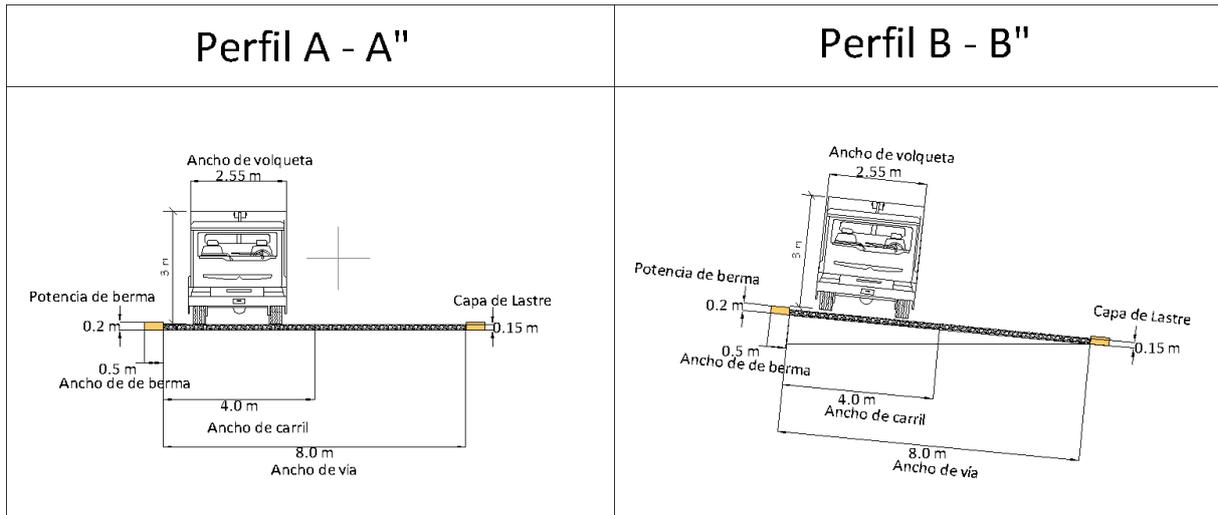


Figura 45. Vista de perfiles de las vías en el área de libre aprovechamiento río Chicaña. Elaborado por Torres (2022)

6.8.1.2. Campamento en el área de libre aprovechamiento

Se adecuará el campamento de acuerdo se presentan las necesidades, se implementará una bodega, una sala comunitaria de uso múltiple, cuarto de servicios higiénicos, taller mecánico provisional, oficina y parqueadero del personal, con la finalidad de tener un espacio funcional en el área de libre aprovechamiento (figura 46).

Para asegurar la seguridad en el área de libre aprovechamiento, es crucial implementar señalética de seguridad e información que permita al personal reconocer fácilmente los riesgos y peligros. La ubicación de estas señales debe ajustarse a la Norma ISO 7010 (tabla 38), proporcionando una visualización clara y efectiva que promueva un ambiente laboral seguro.

Tabla 38. Clasificación de colores en señales de seguridad Norma ISO 7010

Señalización			
ROJO	AMARILLO	AZUL	VERDE
Prohibición	Señalización de Advertencia	Señales de Obligación	Señalización de Información

Nota. Elaborado por Torres (2022)

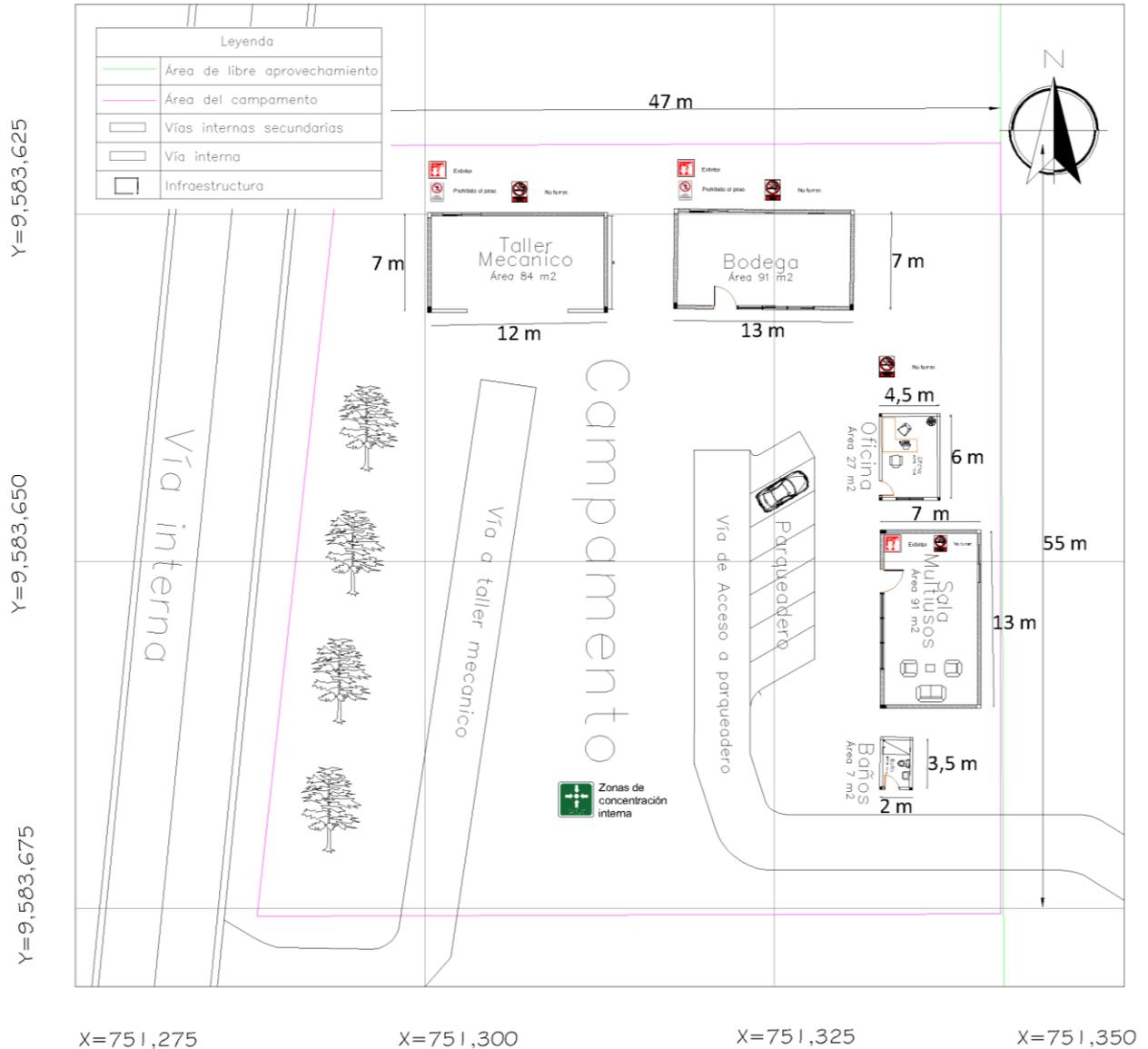


Figura 46. Diseño del campamento para el área de libre aprovechamiento río Chicaña. Elaborado por Torres (2022)

6.8.1.3. Zona de cribado y stock el área de libre aprovechamiento

La zona de cribado se deriva en una criba metálica y la criba Kleemann, la zona de stockeo o copio se considera los materiales clasificados como son: gravon, gravilla y arenas, con la finalidad de asignar un área por cada uno. Existe un área destinada al acopio del material de no interés extraído en el área de libre aprovechamiento (figura 47).

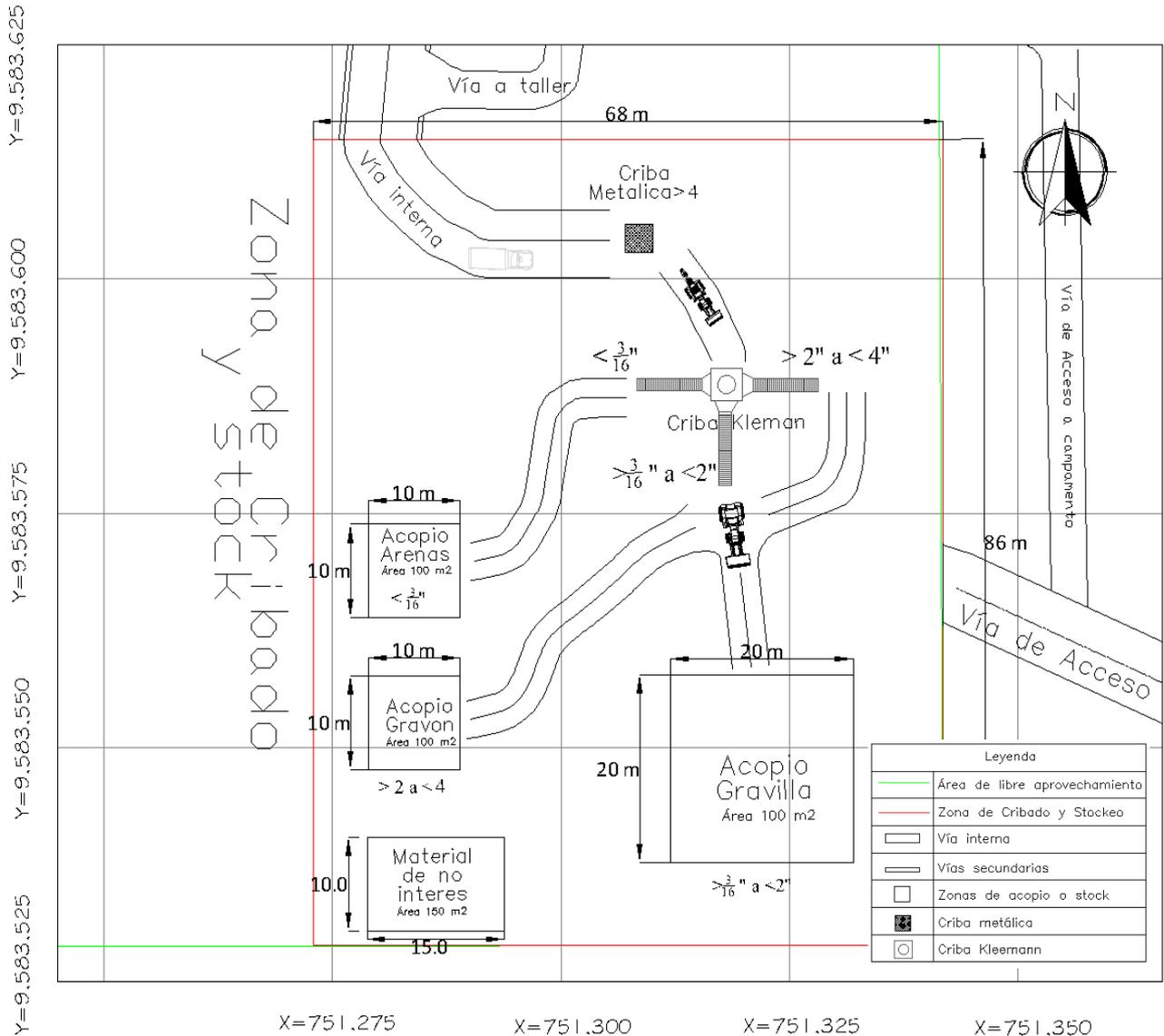


Figura 47. Diseño de la zona de cribado y stock el área de libre aprovechamiento río Chicaña. Elaborado por Torres (2022)

6.8.1.4. Construcción de diques

Para el diseño de los diques transversales es necesario tener en cuenta el caudal del río Chicaña y la profundidad máxima de excavación, según Briones y García (1997) existen tres clases de caudales:

- El caudal mínimo, este tiene mucho que ver con caudales en donde la sequía se presenta por largos periodos, es decir los caudales son significativamente bajos (construcción con madera).

- Los caudales medios, se enfocan mucho a caudales que se asemejan mucho a las de la cuenca en la que está asentada el proyecto, su capacidad es para crecidas periódicas (construcción con gaviones).
- Los caudales extraordinarios son los que sobrepasan el caudal normal, estos pueden llegar a inundaciones (construcción con concreto).

En el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” según los criterios antes mencionados, se presenta en un caudal medio por lo tanto los diques serán de gaviones por rocas con un diámetro de 20 cm a > 50 cm.

Para determinar el caudal del río Chicaña se realizó una serie de medidas de dimensiones y tiempos (tabla 39) (figura 48), con el fin de determinar los promedios para el cálculo basados en las fórmula de Rivera et al., (1999)

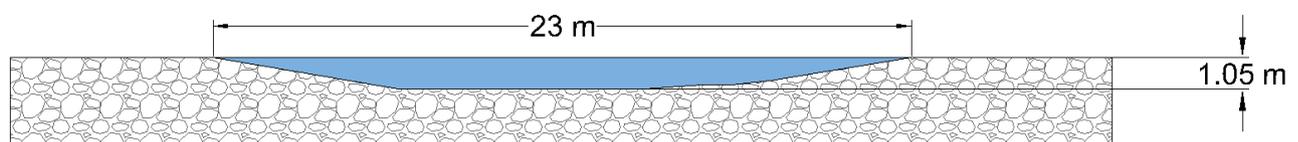
Tabla 39. Promedios para determinar el caudal del río Chicaña.

Valores para determinar el caudal del río Chicaña

Parámetro	Valor	Unidad
Ancho del caudal	23	Metros
Velocidad promedio	10	Segundos
Profundidad media	1.05	Metros

Nota. Elaborado por Torres (2022)

Dimensiones del río Chicaña



Área de sección 17.04 m^2

Figura 48. Dimensiones promedio del río Chicaña. Elaborado por Torres (2022)



$$Q = \text{Área} \times \text{Velocidad}$$

$$Q = 17.04 \text{ m}^2 \times 10 \text{ m/seg}$$

$$Q = 170.4 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

La profundidad de la excavación se determina mediante las características de la maquinaria que va realizar la extracción del material pétreo del río, en este caso se lo hará mediante la excavadora Caterpillar 320, la excavadora puede obtener una profundidad máxima de extracción de 7 metros valor basado en las medidas del catálogo de la maquinaria.

Para determinar la profundidad máxima de excavación se obedeció a la siguiente formula propuesta por Gárate (2016):

$$P. E. = PME - ADR - AP$$

Dónde:

P.E.= Profundidad de excavación

PME = Profundidad máxima de excavación maquina = 7 m

ADR = Altura entre el nivel del Dique y el punto más bajo del río en la sección = 1.05 m

AP= Altura de protección = 0.75 m

$$P. E. = 7 \text{ m} - 1.05 \text{ m} - 0.75 \text{ m}$$

$$P. E. = 5.2 \text{ m}$$

Una vez analizado el caudal del río Chicaña y la profundidad máxima de excavación se inicia la construcción de los diques en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” utilizando material propio de la zona que tenga un tamaño mayor de 50 cm por rocas con un diámetro de entre 20 cm a > 50 cm., además de rocas de encaje con medias entre 20 y 40 cm, con la finalidad de aprovechar y optimizar los recursos.

6.8.1.4.1. Dique de protección

Es necesaria la creación de un dique de protección que permita proteger el frente de explotación y las vías de acarreo durante las épocas de crecida del río. El dique de protección estará conformado por el material que se encuentra en el borde de la terraza y del material mayor de > 4 (figura 49).

La dirección del dique de protección es a favor de la corriente del río Chicaña y se lo implementara teniendo en cuenta las zonas que son vulnerables en época invernal (figura 49). El dique a la altura del frente de explotación tendrá compuertas que ayudaran a la recarga del material.

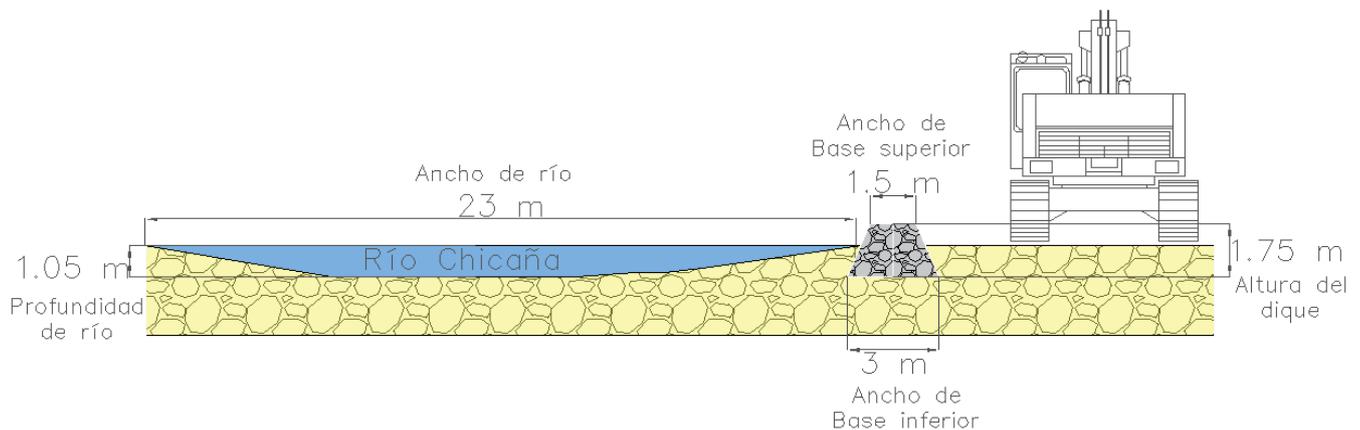


Figura 49. Dimensiones del dique de protección en el área de libre aprovechamiento río Chicaña. Elaborado por Torres (2022)

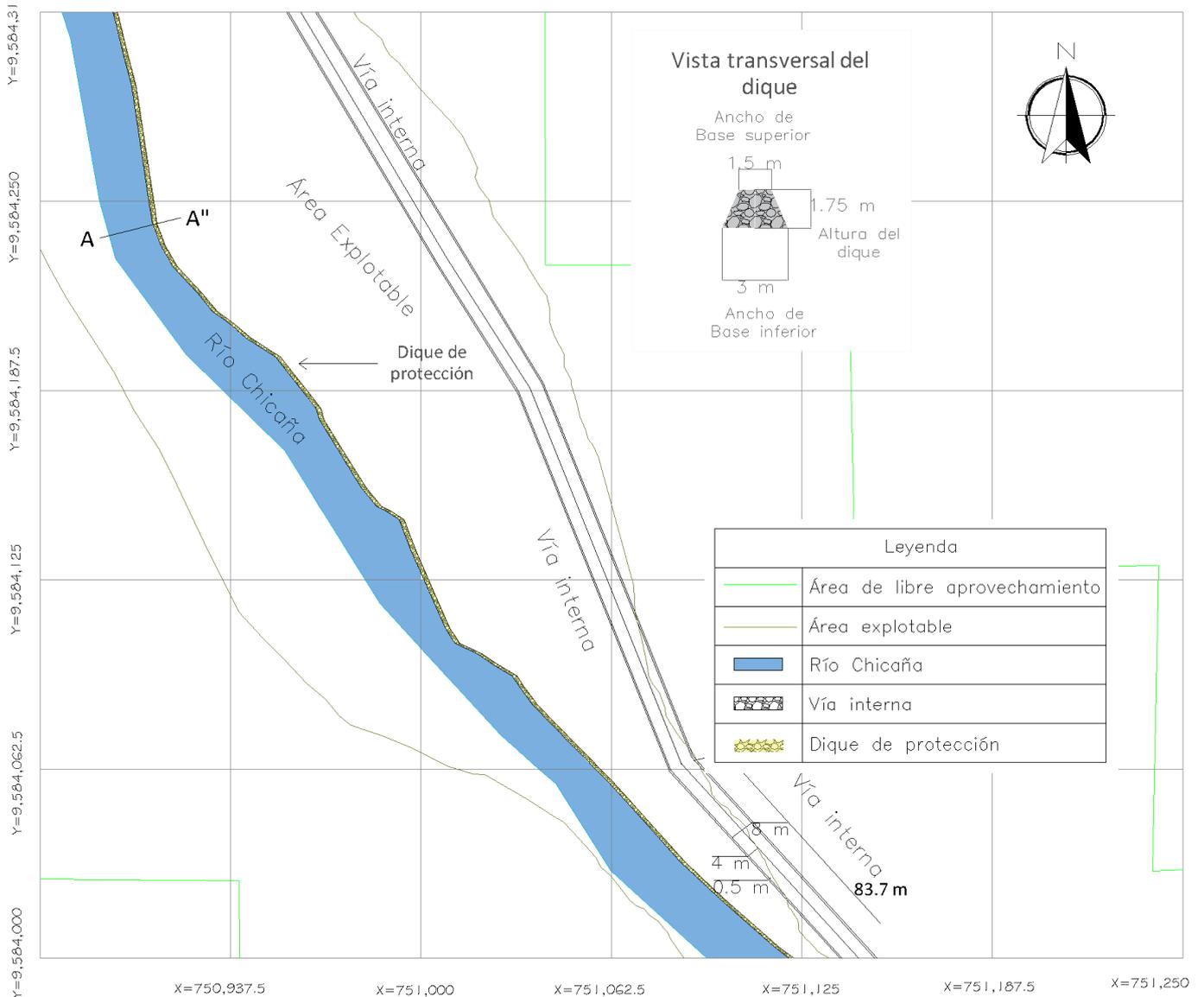


Figura 50. Diseño del dique de protección en el área de libre aprovechamiento río Chicaña. Elaborado por Torres (2022)

6.8.1.4.2. Diques transversales para frentes de explotación

- **Ancho de dique**

Para determinar el ancho de los diques se toma en cuenta la maquinaria con la que se va realizar la extracción del material que en este caso será la excavadora caterpillar 320, ya que el ancho del dique está en función del ancho comprendido entre los bordes externos de las orugas de la maquinaria. Para determinar el ancho del dique se aplica la fórmula propuesta por Gárate (2016).

$$\text{Ancho de Dique} = Ae + (2 * \text{Margen de seguridad})$$

Donde

Ad : Ancho de Dique

Ae : Ancho excavadora = 3.17 m,

margen de seguridad = 3.50 m

$$\text{Ancho de Dique} = 3.17 \text{ m} + (2 * 1,5 \text{ m})$$

$$\text{Ancho de Dique} = 6,17 \text{ m} = 6,5 \text{ m}$$

- **Longitud del dique**

Longitud del dique = (Ancho del río x Porcentaje de obstrucción) + (4 x Longitud de la oruga) + (2 x Profundidad máxima de excavación)

Donde:

Ancho del río: 23 m

Porcentaje de obstrucción: (30% a 50%) 45%

Longitud de la oruga: 5 m.

Profundidad máxima de excavación: 5,2 m

$$\text{Longitud del dique} = (23 \text{ m} \times 0,45) + (4 \times 5) + (2 \times 5,2)$$

$$\text{Longitud del dique} = 10,35 + 20 + 10,4$$

$$\text{Longitud del dique} = 40,75 = 41 \text{ m}$$

- **Altura del dique**

Para determinar la altura del dique transversal se consideró la profundidad del espejo de agua (1,05 m) y el 30% de la profundidad del espejo de agua obtener la profundidad de entierro del dique (0,3 m). Siendo la suma de estos parámetros la altura real del dique 1,35 m.

Tabla 40. Longitud de los diques transversales en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”

Ancho		Longitud	Profundidad
Superior	Inferior		
6,5 m	9 m	41 m	1.35 m

Nota. Elaborado por Torres (2022)

El ancho de los diques en la parte superior será de 6,5 m, por cuestiones de diseño en la parte inferior del dique su ancho corresponderá a 9 m, con una altura de 1,35 m y longitud de 41 m (tabla 40) (figura 51 y 52).

- **Noques de explotación**

Las longitudes de los noques de explotación se basaron en el alcance máximo del brazo a nivel del suelo y la profundidad máxima de excavación.

$$Bn = 0.2 \times B + 0.1 \times L$$

Donde:

B: Ancho del río 23 m

L: Longitud del dique 40,75 m

$$Bn = 0.2 \times 23 \text{ m} + 0.1 \times 40,75$$

$$Bn = 8,675 \text{ m} = 9 \text{ m}$$

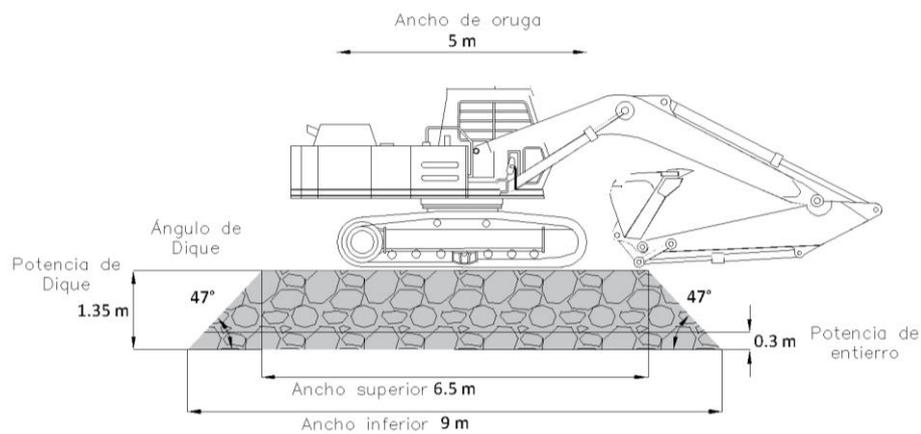


Figura 51. Dimensiones del dique transversal en el área de libre aprovechamiento río Chicaña. Elaborado por Torres (2022)

La secuencia de extracción se basa ubicar la excavadora Caterpillar 320 en el dique transversal e introducir la cuchara (figura 54), para extraer el material y depositarlo en el volquete Man TGS mismo que se encargara de transportar el material a la siguiente etapa.

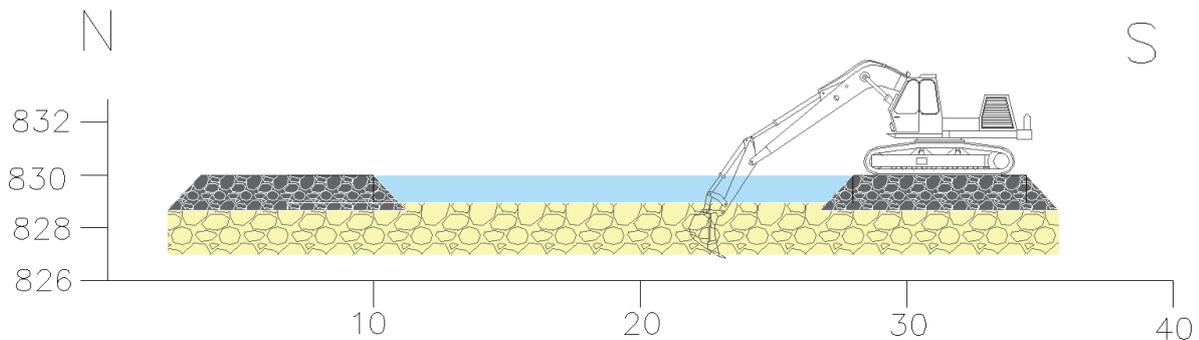


Figura 54. Vista lateral de extracción en el frente de explotación. Elaborado por Torres (2022)

- **Maquinaria para el arranque y carga (Excavadora)**

Para el análisis del rendimiento de extracción y carga se lo realiza en función a la excavadora Caterpillar – 320, se utiliza la siguiente formula de Caterpillar (2010). para obtener el rendimiento teórico de la excavadora:

$$Rt = \frac{Qc \times 3600 \times Fe \times Ec \times Ct}{Tcc}; m^3 / hora$$

Donde:

Rt: Rendimiento teórico de la excavadora

Qc: Es la capacidad del cucharón de la excavadora o el cargador frontal medida en metros cúbicos.

Fe: Es el factor de eficacia de la máquina, que varía entre 70 y 80%.

Ec: Es el factor de eficacia del cucharón, que depende de la clase de terreno (tabla 41)

Tabla 41. Factor de eficacia del cucharon

Tipo de terreno	Coefficiente
Arcilla arenosa o marga mojada	1.00 – 1.10
Arena y grava	0.90 – 1.00
Arcilla dura y compacta	0.80 – 0.90
Roca bien fragmentada por voladura	0.60 – 0.75
Roca mal fragmentada por voladura	0.40 – 0.50

Nota. Caterpillar (2010)

Ct: Es el coeficiente de transformación según el material que va a ser transportado por la máquina, sea este esponjado o compactado (tabla 42).

Tabla 42. *Coeficiente de transformación según el material*

Clase de terreno	Material Esponjado	Material Compactado
Tierra	1.25	0.90
Arcilla	1.40	0.90
Arena / grava	1.10	0.95

Nota. Caterpillar (2010)

Tcc: Es el tiempo de duración del ciclo en segundos, comprende la excavación y el giro hasta la descarga y el giro hasta el origen. El tiempo del ciclo con rotación de 360° teóricamente dependiendo del tipo del terreno (tabla 43).

Tabla 43. *Tiempo de duración del ciclo en segundos*

Tipo de terreno	Tcc en segundos
Flojo	15 – 20
Medio	20 – 25
Duro	25 – 30

Nota. Caterpillar (2010)

$$Rt = \frac{Qc \times 3600 \times Fe \times Ec \times Ct}{Tcc}; m^3 / hora$$

$$Rt = \frac{1,1 m^3 \times 3600 \times 0.75 \times 0.90 \times 0.95}{25}$$

$$Rt = 101,57 m^3 / hora$$

Rendimiento real de la excavadora:

Para el cálculo del rendimiento real se usa la fórmula de Caterpillar (2010), en la que se toma en cuenta el tiempo real por hora que se realiza la excavadora, en este caso se estableció 40 minutos (0.666 horas) ya que se toma en cuenta las pausas que se toma el operador.

$$Rr = Rt \times Eg; m^3 / hora$$

$$Rr = 101,57 m^3 / hora \times 0.66 \text{ horas}$$

$$Rr = 67.03 m^3 / hora$$

Ciclos de carga por hora:



Se calcula el número de cucharones que puede realizar la excavadora Caterpillar – 320 en una hora.

$$Cc = \frac{60 \text{ min}}{T_{cc}} ; \text{ ciclos/hora}$$

Donde:

Cc: Ciclos en 60 minutos hora

Tcc: tiempo de ciclo de cargado

$$Cc = \frac{60 \text{ min}}{0.416 \text{ min}}$$

$$Cc = 144 \text{ ciclos/hora}$$

Para establecer los ciclos efectivos (Ce) de la operación por hora se consideran factores como: eficiencia del operador (Eo), eficiencia del cucharón (Ec) y la eficiencia general de la operación (Eg), mediante la siguiente expresión:

$$Ce = Cc \times Eo \times Eg ; \text{ efectivos /hora}$$

Donde:

Eo: Eficiencia de operador

Ec: Eficiencia de cucharon

Eg: Eficiencia de operación en general

$$Ce = 144 \times 0.85 \times 0.95 \times 0.75 \text{ hora} ; \text{ ciclos efectivos /hora}$$

$$Ce = 87.21 \text{ ciclos efectivos /hora}$$

Los ciclos efectivos son 87.21 por hora, los cuales se ven condicionados por la capacidad de la maquinaria Caterpillar – 320, la experiencia y la destreza del operador de la máquina para ejecutar la operación.

Numero de cucharas para cargar la máquina de transporte o acarreo:



Se calcula el número de cucharones que necesita efectuar la excavadora Caterpillar – 320 para llenar la máquina de transporte volqueta Hino Gh.

$$Cc = \frac{Qv}{Qc \times Ec}$$

Donde:

Qv: capacidad de volqueta

Qc: capacidad de cucharon

Ec: Eficiencia de cucharon

$$Cc = \frac{15 \text{ m}^3}{1.1 \text{ m}^3 \times 0.90}$$

$$Cc = 15,15$$

Es necesario 15 cucharones de 1.1 m^3 de la excavadora Caterpillar – 320, para cargar la volqueta Man TGS 40.400 6x4 con capacidad de 15 m^3 .

Numero de volquetes cargador en una hora

$$\text{Numero de volquetes /hora} = \frac{\text{Numero de cucharones por hora}}{\text{Numero de cucharones para llenar volquete}}$$

$$\text{Numero de volquetes / hora} = \frac{87.21 \text{ ciclos efectivos /hora}}{15,15}$$

$$\text{Numero de volquetes / hora} = 5,75$$

La excavadora Caterpillar 320 con capacidad en su cucharon de 1.1 m^3 , lograr llenar 5,75 volquetes por hora, siendo un total de 46 volquetes en la jornada laboral.

6.8.3. Carga y acarreo

La etapa de carga y acarreo se basa en cargar el volquete Man TGS de 15 m^3 de capacidad, mediante la excavadora Caterpillar 320 con 15 cucharones. Una vez cargada la volqueta en el frente de explotación se traslada hacia la zona de cribado o clasificado para descargar el material en la criba fija y vuelve al frente de explotación para ser cargada



nuevamente, volviéndose un ciclo durante toda la jornada laboral de 8 horas (figura 55), siendo la producción diaria de 615,41 .

La etapa de carga y acarreo tiene una duración 17,23 minutos, siendo la distancia recorrida del frente de la explotación a la zona de cribado de 0,85 km, a una velocidad máxima de 20 km/hora según lo indica la normativa legal.

- **Tiempo de ciclo de carga y acarreo**

Para el cálculo del tiempo de ciclo de carga y acarreo se tomó en cuenta el número de volquetes que se toma por hora y el tiempo de recorrido de los volquetes desde el frente de explotación a la zona de cribado es de 0.85 KM

$$\text{Tiempo de cargado} = \frac{1 \text{ hora}}{\text{Numero de volquetes}}$$

$$\text{Tiempo de cargado} = \frac{60 \text{ min}}{5,75 \text{ volquetes}}$$

$$\text{Tiempo de cargado} = 10,43 \text{ min}$$

La velocidad máxima del volquete cargado de material según la normativa legal es de 20 KMXH/h, es indispensable el uso obligatorio de una carpa en el balde del volquete

$$\text{Tiempo de acarreo} = \frac{\text{Distancia}}{\text{Velocidad}}$$

$$\text{Tiempo de acarreo} = \frac{0.85 \text{ km}}{20 \frac{\text{km}}{\text{h}}}$$

$$\text{Tiempo de acarreo} = 0.0425 \text{ h}$$

$$\text{Tiempo de acarreo} = 0.0425 \text{ h} \times 60 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de acarreo} = 2.55 \text{ min}$$

$$\text{Tiempo de acarreo} = 2.55 \text{ min} \times 2$$

$$\text{Tiempo de acarreo} = 5.50 \text{ min}$$

Tiempo ciclo de carga y acarreo

$$\text{Tiempo de carga y acarreo} = \text{tiempo de carga} + \text{tiempo de acarreo} + \text{tiempo de descarga}$$

Tiempo de carga y acarreo = 10,43 min + 5.50 min + 1.30 min

Tiempo de carga y acarreo = 17,23 minutos

- **Maquinaria para el transporte o acarreo (Volqueta)**

Para el cálculo del rendimiento teórico del equipo de acarreo se toma en cuenta los tiempos fijos y móviles de la máquina.

$$Rt = \frac{Qv \times 60 \times Fe}{Tca \times E} ; m^3 /hora$$

Donde:

Qv: Capacidad de las volquetas

Fe: Factor de eficiencia de la maquina

Tca: Tiempo actual de carga y acarreo

E: Factor de esponjamiento (arena y grava)

$$Rt = \frac{15 m^3 \times 60 \times 0.90}{17,23 \text{ min} \times 1.10} ; m^3 /hora$$

$$Rt = 42,73 m^3 /hora$$

Rendimiento real promedio del equipo de acarreo:

$$Rr = Rt \times Eg ; m^3 /hora$$

$$Rr = 42,73 m^3 /hora \times 0.90 \text{ hora}$$

$$Rr = 38,46 m^3 /hora$$

Producción total promedio por jornada de trabajo

$$Pp = Rr \times Nv \times Jt m^3 /día$$

Donde:

Nv: Numero de volquetas

Rr: Producción promedio del equipo de transporte

Jt: Duración de la jornada de trabajo 8 horas /día

$$Pp = 2 \times 38,46 \text{ m}^3 / \text{hora} \times 8 \text{ horas/día}$$

$$Pp = 615,41 \text{ m}^3$$

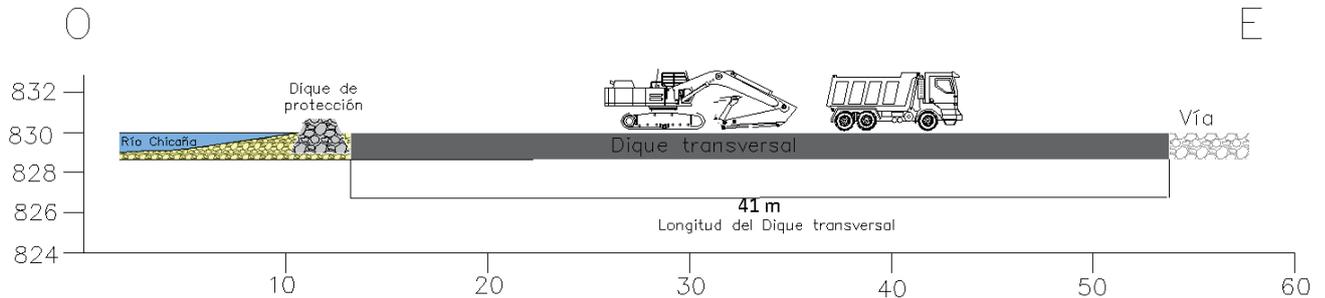


Figura 55. Cargado del material extraído en los frentes de explotación. Elaborado por Torres (2022)

6.8.4. Clasificación o cribado

La clasificación o cribado se realizarán mediante dos cribas, una fija que se encarga de clasificar el material < 4" que posterior será transportado a la criba mecánica con asistencia de la retroexcavadora Komatsu con capacidad en la cuchara de 2.75 m^3 , donde se realiza la clasificación con la criba Kleemann de capacidad en la tolva de 8 m^3 , la clasificación será mediante 3 tamices, obteniendo 3 tipos de material: grano fino (arena fina y gruesa < 3/16"), grano medio (gravilla >3/16" a <2") y grano grueso (2" a 4" aprox). Por otra parte, el material > 4" es transportado y apilado para el mantenimiento de los diques.

- **Cantidad de productos obtenidos en la criba fija**

Para determinar la cantidad de los productos que serán obtenidos por la criba fija y móvil se toma en cuenta la producción diaria y los ensayos de granulometría realizados en el laboratorio Delta (tabla 44).

Tabla 44. Productos obtenidos del cribado en la jornada laboral.

Clasificación del material mediante la criba fija y mecánica			
Material	Granulometría (")	Porcentaje por día	Metros cúbicos por día
Piedra gruesa	> 4	8%	49,23
Gravón	> 2 a < 4	9%	55,38
Gravilla	>3/16 a <2	50%	307,70
Arena gruesa y fina	< 3/16	33%	203,08
Total		100%	615,41 $\text{m}^3 / \text{día}$

Nota. Elaborado por Torres (2022)

6.8.5. Almacenamiento o stock

Cuando existe una cantidad considerable de material cribado y clasificado con la ayuda de una cargadora Caterpillar con capacidad de $3 m^3$ (figura 56), se traslada el material dependiendo su granulometría a los lugares de stock o de almacenamiento, los cuales están cerca de las cribas. En este mismo sector de almacenamiento o stock existe un lugar donde la cargadora Caterpillar abastece de material a las volquetas que realizan el transporte externo.

Materiales en stock:

- Piedra gruesa $> 4''$
- Gravón $> 2''$ a $< 4''$
- Gravilla $> 3/16''$ a $< 2''$
- Arena gruesa y fina $< 3/16''$



Figura 56. Operación de acopio en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”. Elaborado por Torres (2022)

- **Maquinaria de acopio del material (cargadora)**

Para el acopio y stockeo se utiliza una cargadora Caterpillar, para el cálculo se toma en cuenta los tiempos fijos y variables del proceso además se toma en cuenta el tipo de material explotado, factores de eficiencia y duración de la jornada de trabajo.

$$Rt = \frac{Qc \times 3600 \times Fe \times Ec \times Ct}{Tcc}; m^3 / hora$$

$$Rt = \frac{3 \times 3600 \times 0.75 \times 0.90 \times 0.95}{25}$$

$$Rt = 277 m^3 / hora$$

Para el cálculo del rendimiento real se toma en cuenta el tiempo real por hora que se realiza la cargadora, en este caso se estableció 45 minutos (0.75 horas) ya que se toma en cuenta las pausas que se toma el operador.

$$Rr = Rt \times Eg ; m^3 / hora$$

$$Rr = 277 m^3 / hora \times 0.75 \text{ horas}$$

$$Rr = 207.75 m^3 / hora$$

El rendimiento de la cargadora Caterpillar es de $207.75 m^3 / hora$, sin embargo, no es el volumen real que se acopia en el área de libre aprovechamiento, ya que la cargadora acopia el material cada vez que la criba mecánica Kleemann acumula una cantidad considerable. La cargadora Caterpillar además es utilizada para cargar volquetes para el transporte externo del material árido y pétreo.

6.8.6. Ciclo de trabajo

En el área de libre aprovechamiento el ciclo de trabajo en la jornada laboral consiste en la extracción, la carga - acarreo y la clasificación o cribado (figura 57), el ciclo de trabajo consiste en una jornada laboral de 8 horas, siendo $615,41 m^3 / dia$ el volumen extraído.

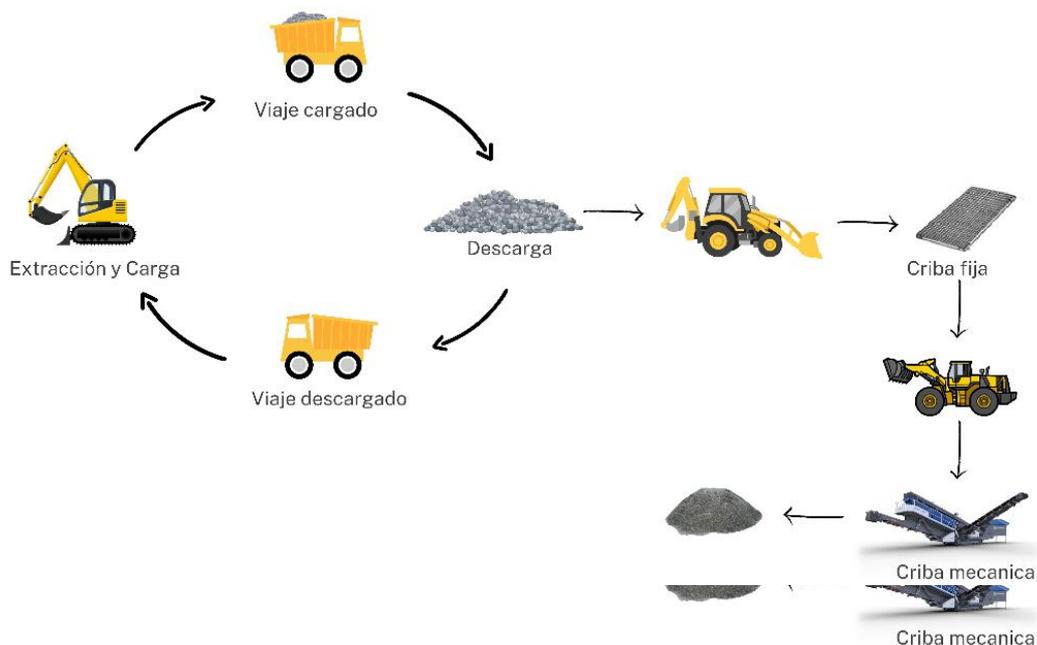


Figura 57. Ciclo de trabajo en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña". Elaborado por Torres (2022)

6.8.7. Infraestructura y maquinaria necesaria

En el área de libre aprovechamiento en la actualidad existe infraestructura y equipos que pueden ser acoplados al nuevo sistema de extracción de gaveras mediante diques transversales, por lo que se realizó un análisis del estado y disposición de la infraestructura y equipos en base a la observación (tabla 45).

Tabla 45. *Infraestructura y maquinaria necesaria*

Infraestructura o equipo	Estado			Mantenimiento		Reconstrucción	
	B	R	M	SI	NO	SI	NO
Excavadora Caterpillar 320	X			X			
Volquetas Man TGS	X			X			
Vías de transporte interno o acarreo		X					X
Criba Fija		X			X		
Criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953 evo	X			X			
Retroexcavadora Komatsu		X		X			
Cargadora Caterpillar	X			X			

Nota. Productos obtenidos por la clasificación y cribado. Elaborado por Torres (2022)

Como resultado del análisis de la infraestructura y maquinaria en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” se determinó que en la actualidad la mayoría de equipos e infraestructura se encuentran en buen estado y los que se encuentran en un estado regular se pueden mejorar con un mantenimiento adecuado.

En la actualidad las vías de acarreo desde el frente de explotación hasta el sitio de clasificación y cribado se encuentran en un estado regular, por lo que sería objeto de mantenimiento y mejora con el propósito de realizar un acarreo óptimo del material extraído en los frentes de explotación. Por otro lado, la criba fija se encuentra en estado regular a malo por lo que es necesario realizar un mantenimiento o adquirir una nueva.

6.8.8. Análisis Económico del sistema de explotación mediante diques transversales

El área de libre aprovechamiento al ser una entidad pública no genera ingresos, si no solo egresos por parte del personal, maquinaria, equipos, combustibles y mantenimiento. Para realizar el análisis económico del sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento, se tomó en cuenta lo antes mencionado (tabla 46) con la final de tener de forma detallada los gastos que existen mensualmente, que en este caso son 22 días (8 horas por jornada), ya que los días laborables corresponden de lunes a viernes.

Tabla 46. Costos del sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”

10						
Nro.	Descripción	Cantidad	Costo total mes (\$)		Costo/día (\$)	
1	Operador de excavadora	1	900.00		40.90	
2	Operador de cargadora	1	850.00		38.63	
3	Operador de retroexcavadora	1	850.00		38.63	
4	Operador de volqueta Man TGS 40.400 6x4	2	1700.00		77.27	
5	Supervisor de Criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953.	1	500.00		22.72	
Costo total del personal					218.15	
Maquinaria y Equipos						
Nro.	Descripción	Cantidad	Costo total mes (\$)		Costo/día (\$)	
6	Excavadora Caterpillar 320	1	4400.00		200.00	
7	Cargadora Caterpillar	1	3520.00		160.00	
8	Retroexcavadora Komatsu	1	3080.00		140.00	
9	Volqueta Man TGS 40.400 6x4	2	7040.00		320.00	
10	Criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953.	1	13200.00		600.00	
Costo total de maquinaria y equipos					1420.00	
Combustible						
Nro.	Descripción	Cantidad	Galón/hora	Costo/Galón (\$)	Costo/Hora (\$)	Costo/día (\$)
6	Excavadora Caterpillar 320	1	6	1.749	10.494	83.952
7	Cargadora Caterpillar	1	4.50	1.749	7.8705	62.964
8	Retroexcavadora Komatsu	1	3.50	1.749	6.1215	48.972
9	Volqueta Man TGS 40.400 6x4	2	7.00	1.749	12.243	97.944
10	Criba mecánica Kleemann mobiscreen ms 953.	1	8.50	1.749	14.8665	118.932
Costo total de combustible						412.764
Insumos de repuesto y mantenimiento						
Nro.	Descripción	Cantidad	Costo total mes (\$)		Costo/día (\$)	
16	Repuestos	1	750.00		34.09	
17	Engrasado, cambio de aceite, otros.	1	500.00		22.72	
Costo total de insumos de repuestos y mantenimiento					56.81	
Producción diaria		615,41 m³ /día		Costo total diario		2107.72 \$
Costo por metro cubico					3,42 \$	

Nota. Elaborado por Torres (2022)

Como resultado del análisis económico se determinó que el costo de producción diaria es de 2107.72 \$, teniendo en cuenta que se produce al día 615,41 m³, se obtiene un resultado de 3,42 \$ en cada metro cúbico extraído y clasificado, un valor adecuado teniendo en cuenta que el precio actual en el mercado es de 12 \$ el material grueso y el fino de 16 \$.

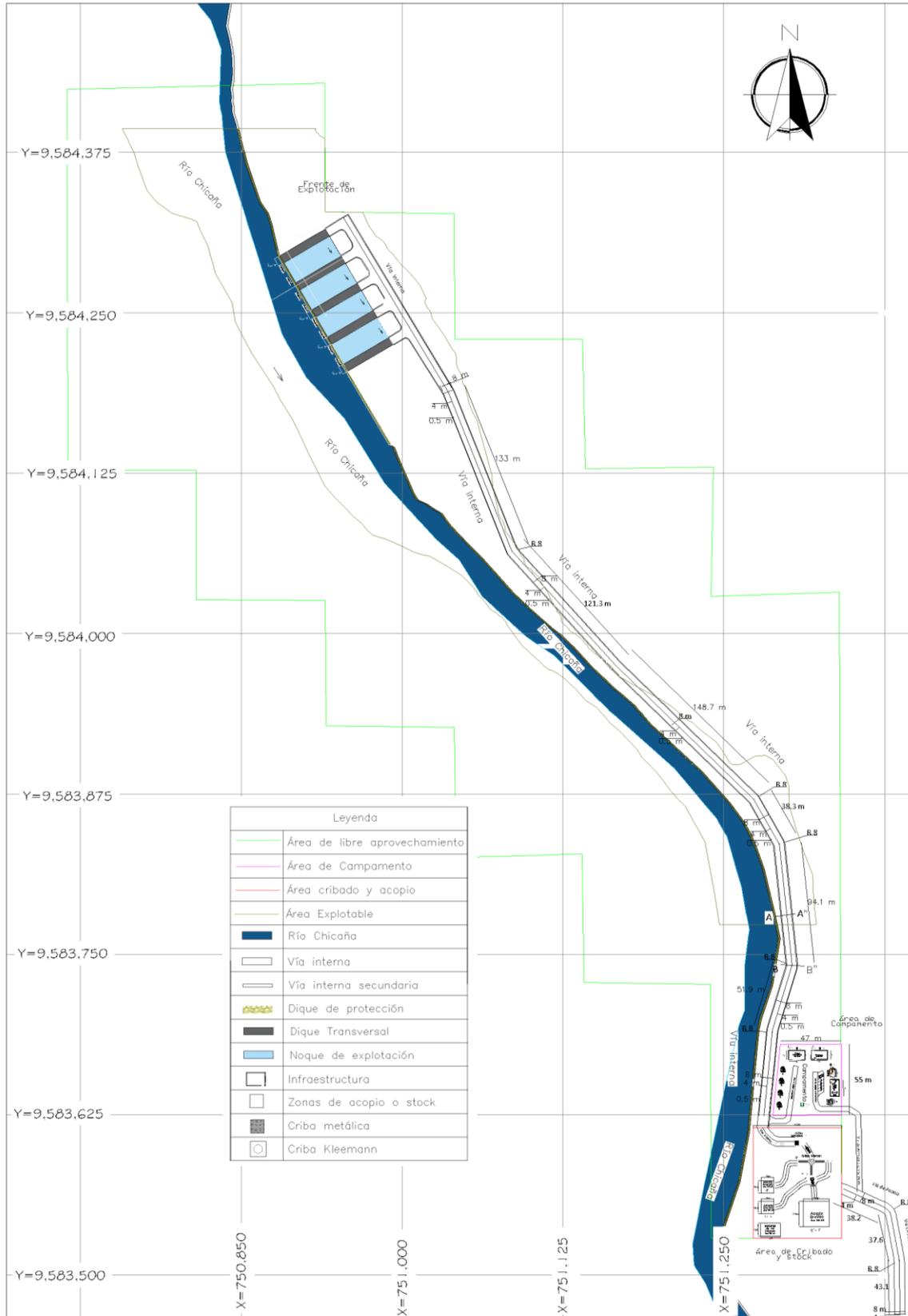


Figura 58. Diseño del sistema de explotación de graveras mediante diques transversales. Elaborado por Torres (2022)



unl



7. Discusión

En el presente trabajo de investigación enfocado en el diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, ubicada en el cantón Yantzaza, se realizó en primera instancia un levantamiento topográfico y geológico en la zona de estudio.

La hoja geológica Paquisha - escala 1: 100.000, la cual se recopila bibliográficamente en el Instituto de Investigación Geológico y Energético (1986) indica que en la zona de estudio se encuentra un depósito aluvial yaciendo sobre el batolito de Zamora, sin embargo de acuerdo al levantamiento realizado en el presente proyecto de investigación se determinó que en el área de libre aprovechamiento la geología se encuentra marcada por un Depósito Aluvial formados por material de arrastre como son cantos, gravas redondeados con matriz areno - limosa arcillosa y arenisca en bajas cantidades, cuyo material pertenece al periodo cuaternario, en sus flancos el área de libre aprovechamiento se encuentra rodeada por el Batolito de Zamora con la presencia de granodiorita perteneciente al jurásico medio a superior y la Formación Chapiza se encontró en el suroeste del área de libre aprovechamiento con la presencia de lutitas tobáceas de color gris en proceso de metaforización el cual pertenece a la edad del jurásico Inferior a medio.

La cubicación del material árido y pétreo del área explotable dentro del área de libre a aprovechamiento “Río Chicaña” se determinó por medios de dos métodos, los cuales son: método de alturas medias propuesto por Navarro (2008) en el cual se obtuvo un volumen $391810.88 m^3$ y el método de secciones transversales adyacentes que se encuentra en el libro de Explora Geología (2010) en el cual se obtuvo un volumen de $369820.55 m^3$. La diferencia que existe entre estos dos métodos es de $21990,33 m^3$. El resultado con el que se desarrolló el sistema de explotación fue el obtenido mediante el método de secciones transversales adyacentes ya que es el más preciso según indica Juan Luis Fernández (2003).

El Plan de Ordenamiento Territorial de Chicaña (2015) indica que existen varias concesiones mineras de áridos y pétreos por su excelente calidad, lo que se confirmó mediante una serie de ensayos para determinar la de calidad del material en el área de libre aprovechamiento, los cuales fueron basados en el libro amarillo de especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, ya que el material que se extrae del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña” será



usado principalmente para la construcción y mantenimiento de vías públicas. Se comprobó que el material que existe dentro del área de libre aprovechamiento puede ser usado para capas de base y sub base.

El método de explotación en el área de libre aprovechamiento río Chicaña será a cielo abierto, ya que se adapta a la topografía, tipo de depósito y geometría del depósito, concordando con el Centro Nacional Minero de Colombia (2001) que nos indica que es el método más apropiado cuando el material se encuentra directamente en la superficie en un relieve semi plano. Se planteo 3 opciones para la elección del sistema de explotación, sin embargo, con la ayuda de una tabla multicriterio se determinó que el sistema será graveras mediante diques transversales, según los criterios de Mojica & Manrique (2008), es el más apropiado para extraer material en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña, teniendo en cuenta que se adapta al relieve del terreno, se hará uso de la maquinaria existente y minimizará costos en la etapa de preparación. Por otra parte, incrementará el rendimiento de producción diario a $615,41 m^3 / día$.

Se minimiza el impacto ambiental debido a que la maquinaria de extracción no trabajará directamente en el río, evitando un socavamiento y disminuyendo solidos suspendidos, además el dique de protección ayudara a mantener el cauce natural del río evitando el deterioro de la ribera para que en épocas de invierno no se corra el riesgo de un desbordamiento, a diferencia del sistema actual en el que se realiza una explotación directa en el río Chicaña generando un posible socavamiento y sólidos suspendidos además de poner en riesgo el cauce natural del río produciendo el deterioro de la ribera.

El costo de producción diaria en el sistema de graveras mediante diques transversales será de 2107.72 \$ de igual forma que en el sistema actual, teniendo en cuenta que se producirá al día $615,41 m^3$, se obtiene un resultado de 3,42 \$ por m^3 de material extraído y clasificado, a diferencia del costo actual que es de 8.782 \$.



8. Conclusiones

- El área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, código 50000926 tiene una superficie de 241,007.3945 m², la cual se caracteriza por tener un relieve irregular donde las cotas van desde 825 msnm en el sur siendo la más baja, hasta 875 msnm siendo la más alta en el norte del área de libre aprovechamiento. En el flanco este del área de estudio se caracteriza por tener un relieve semiplano, en el flanco oeste encontramos pendientes.
- Existen vías dentro del área minera las cuales son usadas para la explotación y extracción del material, la vía del flanco oeste tiene una longitud de 609,81 metros y la vía del flanco este cuenta con una longitud de 1115,31 metros. En la parte sureste del área de libre aprovechamiento sobre las cotas 830 msnm y 835 msnm, se encuentra la zona de acopio de material extraído
- Geomorfológicamente el área de estudio se encuentra constituido por terrazas bajas, valle fluvial que no es más que el cauce actual del Río Chicaña y relieves volcánico colinados medios.
- La geología se encuentra marcada por un depósito aluvial formados por material de arrastre como son cantos, gravas redondeadas con matriz areno - limosa y arcillosa además de baja cantidad de arenisca, material perteneciente al periodo cuaternario. A su vez la zona de estudio está rodeada a sus flancos por rocas granodioritas propias al batolito de Zamora perteneciente al jurásico medio a superior, el cuál es el basamento del depósito aluvial. En la zona suroeste se encontraron lutitas tobáceas altamente meteorizadas pertenecientes a la Formación Chapiza.
- Tras una serie de ensayos para determinar la de calidad del material en el área de libre, basados en el libro amarillo de especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes del Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador, se comprobó que el material que existe dentro del área de libre aprovechamiento puede ser usado para capas de base y sub base.
- La cubicación del material árido y pétreo en el área de libre a aprovechamiento “Río Chicaña” se determinó por medio del método de alturas medias, en el cual se obtuvo un volumen 391810.88 m³ y el método de secciones transversales adyacentes, en el cual se obtuvo un volumen de 369820.55 m³. La diferencia que existe entre estos dos métodos es de 21990,33 m³.



unl



- En la actualidad en el área de libre aprovechamiento las actividades que se realizan son: preparación del frente de explotación, extracción, carga y acarreo de materiales explotados, cribado y clasificación. La maquinaria usada actualmente es retroexcavadora, excavadora, cargadora, volquetas, clasificadoras y cribas.
- El método de explotación será a cielo abierto y el sistema será graveras mediante diques transversales, ya que se adapta al terreno por las condiciones del relieve, los diques se realizarán con el material existente y se hará uso de la maquinaria existente, Por otra parte, incrementará el rendimiento de producción diario ya que se realizará la extracción teniendo en cuenta un esquema de explotación óptimo.
- La extracción del material se lo realizara con una excavadora Caterpillar con capacidad en el cucharón $1.1 m^3$, siendo necesario 15 cucharones para cargar la volqueta Man TGS 40.400 6x4 con capacidad de $15 m^3$, el cual transportara el material del frente de explotación a la zona de cribado en un recorrido de 0,85 km en un tiempo de 17,23 minutos.
- La producción diaria en el sistema de explotación mediante diques transversales será de 2107.724 \$, teniendo en cuenta que se producirá al día $3615,41 m^3$, se obtiene un resultado de 3,42 \$ en cada metro cúbico extraído y clasificado, un valor adecuado teniendo en cuenta que el precio actual en el mercado es de 12\$ el material grueso y el fino de 16\$.



9. Recomendaciones

- Llevar a cabo un correcto destape y preparación del frente de explotación para evitar que el material pétreo se mezcle con material orgánico y la calidad del material no sea adecuada para las obras.
- Levantamiento topográfico semestrales en las zonas de extracción de material con la finalidad de poder examinar las dimensiones de los diques transversales para conservar la seguridad.
- Realizar las vías de acarreo teniendo en cuenta la cota del caudal del río Chicaña con la finalidad de que en época invernal las vías no se estropeen y las actividades no se paralicen.
- Mantenimiento adecuado de la maquinaria utilizada en el área de libre aprovechamiento con la finalidad de no emitir aceites o gases que contaminen el medio ambiente.
- Ejecutar un seguimiento de las actividades operativas que se desarrollen en la cantera, donde se garantice el cumplimiento del diseño planteado.
- Mantener una secuencia lógica del ciclo del trabajo con la finalidad de mantener el rendimiento diario y la seguridad en el trabajo.



10. Bibliografía

- Armijos, I. R. (2015). *Estudio para el Aprovechamiento Óptimo de los Depósitos Aluviales Considerados En El Proceso De Obtención de Libres Aprovechamientos De Materiales De Construcción, De La Prefectura De Los Ríos*. [Tesis De Grado Previo La Obtención Del Título De: Ingeniero Civil Presentada] Repositorio Escuela Superior Politécnica del Litoral <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29987/1/D-70064.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2009). Ley de Minería. *Registro Oficial Suplemento 517 de 29-Ene-2009*, 47. http://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic4_ecu_mineria.pdf
- Armijos, I. R. (2015). *Estudio para el Aprovechamiento Óptimo de los Depósitos Aluviales Considerados En El Proceso De Obtención de Libres Aprovechamientos De Materiales De Construcción, De La Prefectura De Los Ríos*. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/29987/1/D-70064.pdf>
- Ávila, C. T. R. (2014). *Diseño Del Método De Explotación a Cielo Abierto Para La Mina El Diamante, Dentro Del Contrato En Virtud De Aporte N° 00904-15 En El Municipio De Tibasosa, Vereda La Carrera Departamento De Boyacá*. [UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA]. <https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/1515/1/TGT-256.pdf>
- Ayala, L. (2018). *Litología y granulometría de los depósitos sedimentarios*. Explorock. <https://www.explorock.com/litologia-y-granulometria-de-los-depositos-sedimentarios/>
- Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. In S. A. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras (Ed.), *Manual de Carreteras* (Vol. 2). Universidad de Alicante. Departamento de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>
- Briones, G., & García, I. (1997). *AFORO DEL AGUA EN CANALES Y TUBERÍAS*. Editorial TRillas. <https://vdocuments.mx/aforo-del-agua-en-canales-y-tuberias-gregorio-briones-ignacio-garcia-55a74bad74178.html>
- Caterpillar. (2022). *Excavadora hidráulica 320*.
- Centro Nacional Minero de Colombia. (2001). *Fundamentos de minería a Cielo Abierto*



unl



(SENA).

https://www.academia.edu/21870817/FUNDAMENTOS_DE_MINERIA_A_CIELO_A_BIERTO_TECNICO_PROFESIONAL_EN_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO_SERVICIO_NACIONAL_DE_APRENDIZAJE_SENA_CENTRO_NACIONAL_MINERO_2001

Construmatica. (2010). *Tecnología de la Construcción. Conglomerantes, Morteros y Hormigones: Los Áridos.* Construmatica.
https://www.construmatica.com/construpedia/Tecnología_de_la_Construcción._Conglomerantes,_Morteros_y_Hormigones:_Los_Áridos#:~:text=Los áridos pueden dividirse según,inferior a 0%2C08 mm.

Daleccio, F. (2022). *SUSCEPTIBILIDAD POR GEOLOGIA* (p. 42). Universidad Industrial de Santander. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2gz3vn2.14>

Duque, G. (2020). Manual de geología para ingenieros. In *Universidad Nacional de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

ExploraGeología. (2010). *ESTUDIO SOBRE ÁRIDOS: geología, legislación, medio ambiente, normativa, explotación y tratamiento.*
https://www.academia.edu/35681968/ESTUDIO_SOBRE_ÁRIDOS

GAD Municipal de Yantzaza. (2013). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial.*
http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1960000620001_PDOTC_Y_DIAGNOSTICO_15-01-2015_23-35-26.pdf

Gámez, W. (2015). Texto Básico Autoformativo de Topografía General (Trabajo de grado, Ingeniería Agropecuaria). In *Ingeniería Agropecuaria*. Universidad Nacional Agraria.

Gárate, J. (2016). Diseño de explotación de los materiales de construcción del lecho del río Paute sector Caguazhún, mediante el método de diques transversales. *Google Academico*, 111 pag. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/6858>

García, A., Rosique, M., & Torres, M. (2017). *Topografía y cartografía mineras*. © 2017, Antonio García Martín, Manuel Rosique Campoy.,
<https://repositorio.upct.es/handle/10317/5889>

Giordani, C., & Lanzone, G. (2016). *Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y al Medio*



unl



- Ambiente* (p. 27). Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario. [https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/3_anio/geologia/files/U4-ALTERACIÓN DE ROCAS.pdf](https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/3_anio/geologia/files/U4-ALTERACION DE ROCAS.pdf)
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural ed Chicaña. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Chicaña 2014 - 2019. In *Equipo Consultora Capservs Medios*. [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1960139110001_DIAGNÓSTICO PDOT PARROQUIA CHICAÑA_19-10-2015_00-55-25.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1960139110001_DIAGNÓSTICO_PDOT_PARROQUIA_CHICAÑA_19-10-2015_00-55-25.pdf)
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica* (PEARSON Prentice Hall (ed.)). [https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5540850/mod_resource/content/1/Livro 2.pdf](https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5540850/mod_resource/content/1/Livro_2.pdf)
- Herrera Herbert, J. (2006). *Métodos de Minería a Cielo Abierto* (Universida). <https://doi.org/10.20868/upm.book.10675>
- Ilustre colegio oficial de Geólogos. (2015). Geología para la Sociedad. *Sociedad Geologica*, 1–20. www.geolsoc.org.uk/geology-for-society
- INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. (2021). *Informe sísmico para el año 2021*. 33. www.igepn.edu.ec
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de Mexico. (2010). *Guía Metodológica de la Red Geodésica Horizontal*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825078805.pdf
- Instituto teconologico Geominero de España. (1995). Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto. *Manual de Arranque, Carga y Transporte En Minería a Cielo Abierto*, 491.
- Jimeno, C. (1994). *Áridos. Manual de prospección, explotación y aplicaciones*.
- Lauces, C. (2007). *LOS ÁRIDOS Y EL CEMENTO EL RECORRIDO DE LOS MINERALES* (Domènech e). Consejería de Economía e Innovación Tecnológica Dirección General de Industria, Energía y Minas ©. <https://xdoc.mx/documents/los-aridos-y-el-cemento-5e0fa261a370a>

ACUERDO Nro. 2020-0056-AM del Ministerio de Energía y Recursos naturales no Renovables, 12 (2020).

Mojica, R., & Manrique, A. (2008). *DIQUES TRANSVERSALES: METODO DE EXPLOTACIÓN MINERO – AMBIENTAL.*

http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_sogamoso/pregrado/minas/documentos/DIQUES_TRANSVERSALES_METODO_DE_EXPLOTACION_MINERO_x_AMBIENTAL.pdf

Navarro, S. (2008). *Topografía II* (U. -Norte (ed.); p. 104). UNI -Norte. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/folleto-topografia-ii.pdf>

Nohlen, D. (2006). El método comparativo. *Ciencia Poética Comparada: El Enfoque Histórico-Empírico*, 42–57.

Olivares, J. (2007). *Diseño geométrico de obras* (pp. 1–10). <https://fdocuments.ec/document/cubicacion-de-movimientos-de-tierras.html?page=1>

Pérez, F. (2012). *EL CICLO DE LAS ROCAS. ALTERACIÓN BIOLÓGICA A NIVEL SUPERFICIAL.* [Trabajo Fin de Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/3675/TFM-G105.pdf;jsessionid=793880E877F838218C0763744130FB5D?sequence=1>

PYMET. (2015). *No Title.* Levantamiento Topográfico. pymet.es/levantamiento-topografico/

Rincón, M., Vargas, W., & Gonzáles, C. (2011). Topografía, Conceptos y Aplicaciones. In *ECOEDICIONES.* <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2018/02/Topografía-Conceptos-y-aplicaciones-ebook.pdf>

Rivera, B., Tangarife, D. M., & Rojas, H. (1999). Desarrollo Metodológico Para La Caracterización De Caudales Y Niveles De Sedimentación. *Grupo de Investigación En Análisis de Sistemas de Producción ASPA*, 26, 1–11. <http://www.condesan.org/memoria/col1299.htm>

SENAGUA. (2014). *Proyecto: Elaboración del mapa hidrogeológico a escala 1:250.000. Informe final.* file:///C:/Users/GAMER MSI/Downloads/PROCESO_RE-SENAGUA PROYECTO_ELABORACIÓN DEL MAPA HIDROGEOLOGICO A ESCALA 1_INFORME FINAL.pdf



unl



- SIGTIERRAS. (2015). “ *LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1 :25.000, LOTE 2 DEL CANTÓN YANTZAZA*”. 103.
http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Geomorfologia_YANTZAZA_20151117.pdf
- Sosa, G. H. (1989). *MATERIALES, TECNOLOGIA DE LA EXPLOTACION DE ABIERTO., DUROS POR EL METODO A CIELO.*
- Subramanian, M. A., & Whangbo, M. H. (2015). Clasificación de las rocas. In *Clasificación de las rocas* (Issue 2, p. 6). Ministro de economía y competitividad.
[https://doi.org/10.1016/S0022-4596\(05\)80283-X](https://doi.org/10.1016/S0022-4596(05)80283-X)
- Tarbutk, E., Frederick, L., & Tasa, D. (2005). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física. In *Geology* (8th ed.). Pearson Educación S. A.
<https://xeologosdelmundo.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>
- UNSJ. (2020). MODELACIÓN ESTIMACIÓN DE RESERVAS. In *Universidad de San Juan* (p. 18). <http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/exploracionminas/wp-content/uploads/2020/05/APUNTES-Modelación-Estimación-de-Reservas.pdf>
- Vadillo. (2001). *Manual de Restauración de Graveras.*
- Yanez, D. (2018). “Diseño De Explotación De La Cantera ‘Pacatón’, Ubicada En La Parroquia San Sebastián, Cantón Chimbo, Provincia De Bolívar” Trabajo. *Universidad Central Del Ecuador*, 399–404. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14322/1/T-UCE-0012-001-2018.pdf>
- Zúñiga, C. (2016). *Importancia de materiales áridos y pétreos en el desarrollo de un país.*
<https://www.petroenergia.info/post/importancia-de-materiales-áridos-y-pétreos-en-el-desarrollo-de-un-país#:~:text=El 75 %25 de áridos y,de diversos territorios y civilizaciones.>
- Ayala, L. (2018). *Litología y granulometría de los depósitos sedimentarios.* Explorock.
<https://www.explorock.com/litologia-y-granulometria-de-los-depositos-sedimentarios/>
- Centro Nacional Minero de Colombia. (2001). *Fundamentos de minería a Cielo Abierto* (SENA).
https://www.academia.edu/21870817/FUNDAMENTOS_DE_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO_TECNICO_PROFESIONAL_EN_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO_SERVICIO_NACIONA



unl



L_DE_APRENDIZAJE_SENA_CENTRO_NACIONAL_MINERO_2001

Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento. En S. A. Ortiz e Hijos, Contratista de Obras (Ed.), *Manual de Carreteras* (Vol. 2). Universidad de Alicante. Departamento de Ingeniería de la Construcción, Obras Públicas e Infraestructura Urbana. <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787>

Consejo Provincial de Zamora Chinchipe. (2019). *Plan de Desarrollo Vial Integral de la Provincia de Zamora Chinchipe*.

Construmatica. (2010). *Tecnología de la Construcción. Conglomerantes, Morteros y Hormigones: Los Áridos*. Construmatica. https://www.construmatica.com/construpedia/Tecnología_de_la_Construcción._Conglomerantes,_Morteros_y_Hormigones:_Los_Áridos#:~:text=Los áridos pueden dividirse según,inferior a 0%2C08 mm.

Daleccio, F. (2022). *Susceptibilidad Por Geología* (p. 42). Universidad Industrial de Santander. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2gz3vn2.14>

Duque, G. (2020). Manual de geología para ingenieros. En *Universidad Nacional de Colombia*. Universidad Nacional de Colombia.

ExploraGeología. (2010). *Estudio Sobre Áridos: geología, legislación, medio ambiente, normativa, explotación y tratamiento*. https://www.academia.edu/35681968/ESTUDIO_SOBRE_ÁRIDOS

GAD Municipal de Yantzaza. (2013). *Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial*. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1960000620001_PDOTC_Y_DIAGNOSTICO_15-01-2015_23-35-26.pdf

Gómez, W. (2015). Texto Básico Autoformativo de Topografía General (Trabajo de grado, Ingeniería Agropecuaria). En *Ingeniería Agropecuaria*. Universidad Nacional Agraria.

García, A., Rosique, M., & Torres, M. (2017). *Topografía y cartografía mineras*. © 2017, Antonio García Martín, Manuel Rosique Campoy,.



unl



<https://repositorio.upct.es/handle/10317/5889>

- Giordani, C., & Lanzone, G. (2016). *Geología Aplicada a la Ingeniería Civil y al Medio Ambiente* (p. 27). Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Rosario. https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/civil/3_anio/geologia/files/U4-ALTERACION DE ROCAS.pdf
- Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Chicaña. (2015). Plan de Ordenamiento Territorial de la parroquia Chicaña 2014 - 2019. *Equipo Consultora Capservs Medios*. http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/1960139110001_DIAGNÓSTICO PDOT PARROQUIA CHICAÑA_19-10-2015_00-55-25.pdf
- González de Vallejo, L., Ferrer, M., Ortuño, L., & Oteo, C. (2002). *Ingeniería Geológica* (PEARSON Prentice Hall (ed.)). https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5540850/mod_resource/content/1/Livro 2.pdf
- Herrera Herbert, J. (2006). *Métodos de Minería a Cielo Abierto* (Universida). <https://doi.org/10.20868/upm.book.10675>
- Herrera, Y., & Vargas, L. (2015). *CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES PÉTREOS PROCEDENTES DEL RIO ARIARI DEL MUNICIPIO DE CUBARRAL, PUERTO ARIARI – META*. [Monografía de grado como requisito para optar al título de Ingeniero Civil] Repositorio Escuela Superior Politécnica del Litoral https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/14424/1/2015_caracterización_materiales_pétreos.pdf
- Ilustre colegio oficial de Geólogos. (2015). Geología para la Sociedad. *Sociedad Geologica*, 1–20. www.geolsoc.org.uk/geology-for-society
- INSTITUTO GEOFISICO ESCUELA POLITECNICA NACIONAL. (2021). *Informe sísmico para el año 2021*. www.igepn.edu.ec
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía de Mexico. (2010). *Guía Metodológica de la Red Geodésica Horizontal*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/nueva_estruc/702825078805.pdf



unl



Instituto tecnológico Geominero de España. (1995). Manual de arranque, carga y transporte en minería a cielo abierto. *Manual de Arranque, Carga y Transporte En Minería a Cielo Abierto*, 491.

Jimeno, C. (1994). *Áridos. Manual de prospección, explotación y aplicaciones*.

Lauces, C. (2007). *Los Áridos Y El Cemento El Recorrido De Los Minerales* (Domènech e). Consejería de Economía e Innovación Tecnológica Dirección General de Industria, Energía y Minas ©. <https://xdoc.mx/documents/los-aridos-y-el-cemento-5e0fa261a370a>

Reglamento general a la ley de Minería, Registro Oficial 38 (2015). <https://www.enamiep.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/09/Reglamento-Ley-de-Mineria.pdf>

Acuerdo Nro. 2020-0056-AM del Ministerio de Energía y Recursos naturales no Renovables, 12 (2020).

Mojica, R., & Manrique, A. (2008). *DIQUES TRANSVERSALES: METODO DE EXPLOTACIÓN MINERO – AMBIENTAL*. http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/facultades/f_sogamoso/pregrado/minas/documentos/DIQUES_TRANSVERSALES_METODO_DE_EXPLOTACION_MINERO_x_AMBIENTAL.pdf

Navarro, S. (2008). *Topografía II* (U. -Norte (ed.); p. 104). UNI -Norte. <https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/folleto-topografia-ii.pdf>

Nohlen, D. (2006). El método comparativo. *Ciencia Política Comparada: El Enfoque Histórico-Empírico*, 42–57.

Olivares, J. (2007). *Diseño geométrico de obras* (pp. 1–10). <https://fddocuments.ec/document/cubicacion-de-movimientos-de-tierras.html?page=1>

Pérez, F. (2012). *El ciclo de las rocas. Alteración biológica a nivel superficial*. [Trabajo Fin de Máster en Profesor de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato, Formación Profesional y Enseñanza de Idiomas.]. <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/3675/TFM-G105.pdf;jsessionid=793880E877F838218C0763744130FB5D?sequence=1>



unl



Perroti, D., & Sánchez, R. (2011). *La brecha de infraestructura en América latina y el Caribe*.

PYMET. (2015). Levantamiento Topográfico. pymet.es/levantamiento-topografico/

Rincón, M., Vargas, W., & Gonzáles, C. (2011). Topografía, Conceptos y Aplicaciones. En *ECOEDICIONES*. <https://www.ecoediciones.com/wp-content/uploads/2018/02/Topografía-Conceptos-y-aplicaciones-ebook.pdf>

Secretaria Nacional de Planificación. (2021). Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025. En *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025* (p. 120).

SENAGUA. (2014). *Proyecto: Elaboración del mapa hidrogeológico a escala 1:250.000. Informe final*. file:///C:/Users/GAMER/MSI/Downloads/PROCESO_RE-SENAGUA_PROYECTO_ELABORACION_DEL_MAPA_HIDROGEOLOGICO_A_ESCALA_1_INFORME_FINAL.pdf

SIGTIERRAS. (2015). “ *LEVANTAMIENTO DE CARTOGRAFÍA TEMÁTICA ESCALA 1:25.000, LOTE 2 DEL CANTÓN YANTZAZA*”. 103. http://metadatos.sigtierras.gob.ec/pdf/Memoria_tecnica_Geomorfologia_YANTZAZA_20151117.pdf

Sosa, G. H. (1989). *MATERIALES, TECNOLOGIA DE LA EXPLOTACION DE ABIERTO., DUROS POR EL METODO A CIELO*.

Subramanian, M. A., & Whangbo, M. H. (2015). Clasificación de las rocas. En *Clasificación de las rocas* (Issue 2, p. 6). Ministro de economía y competitividad. [https://doi.org/10.1016/S0022-4596\(05\)80283-X](https://doi.org/10.1016/S0022-4596(05)80283-X)

Tarbuck, E., Frederick, L., & Tasa, D. (2005). Ciencias de la Tierra: Una introducción a la geología física. In *Geology* (8th ed.). Pearson Educación S. A. <https://xeologosdelmundo.org/wp-content/uploads/2016/03/TARBUCK-y-LUTGENS-Ciencias-de-la-Tierra-8va-ed.-1.pdf>

UNSJ. (2020). Modelación estimación de reservas. En *Universidad de San Juan* (p. 18). <http://www.unsj.edu.ar/unsjVirtual/exploracionminas/wp-content/uploads/2020/05/APUNTES-Modelación-Estimación-de-Reservas.pdf>

Vadillo. (2001). *Manual de Restauración de Graveras*.

Yanez, D. (2018). “Diseño De Explotación De La Cantera ‘Pacatón’, Ubicada En La Parroquia San Sebastián, Cantón Chimbo, Provincia De Bolívar” Trabajo. *Universidad Central Del*



unl

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



Ecuador, 399–404. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/14322/1/T-UCE-0012-001-2018.pdf>

Zúñiga, C. (2016). *Importancia de materiales áridos y pétreos en el desarrollo de un país*.
<https://www.petroenergia.info/post/importancia-de-materiales-áridos-y-pétreos-en-el-desarrollo-de-un-país#:~:text=El 75 %25 de áridos y,de diversos territorios y civilizaciones.>

11. Anexos

Anexo 1. Punto de partida para el levantamiento topográfico



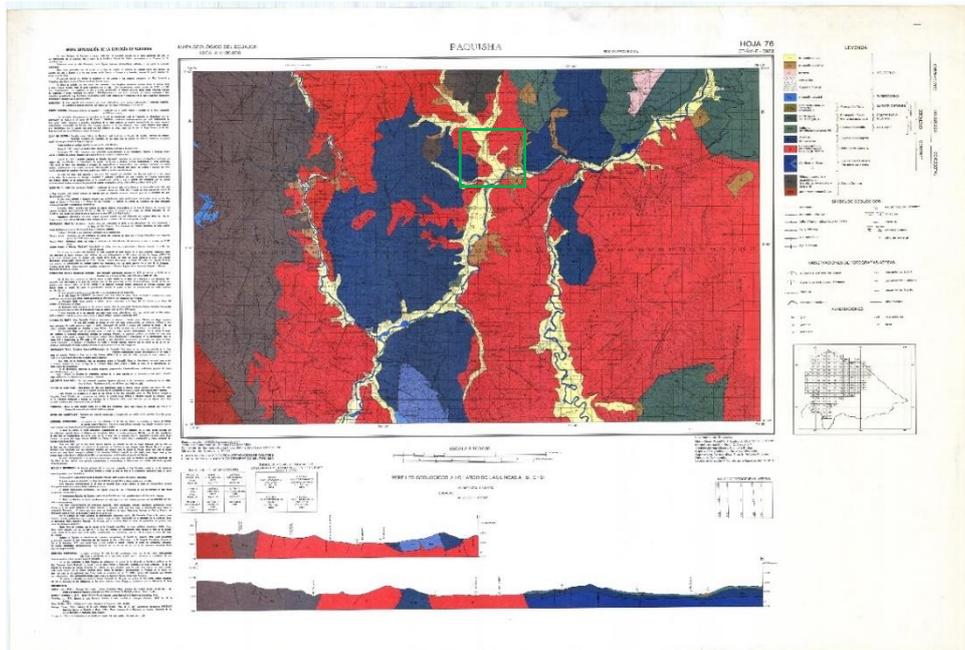
Nota: en la imagen se muestra el GPS diferencial ubicado en el punto de partida previo al levantamiento topográfico con ayuda del dron. Fuente: (El Autor, 2022)

Anexo 2. Dron Phantom 4 Pro V2.0 – DJI, usado para el levantamiento topográfico del área de estudio.



Nota: en la imagen se muestra el Dron Phantom 4 Pro V2.0 – DJI. Fuente: (El Autor, 2022)

Anexo 3. Hoja geológica Paquisha - escala 1: 100.000



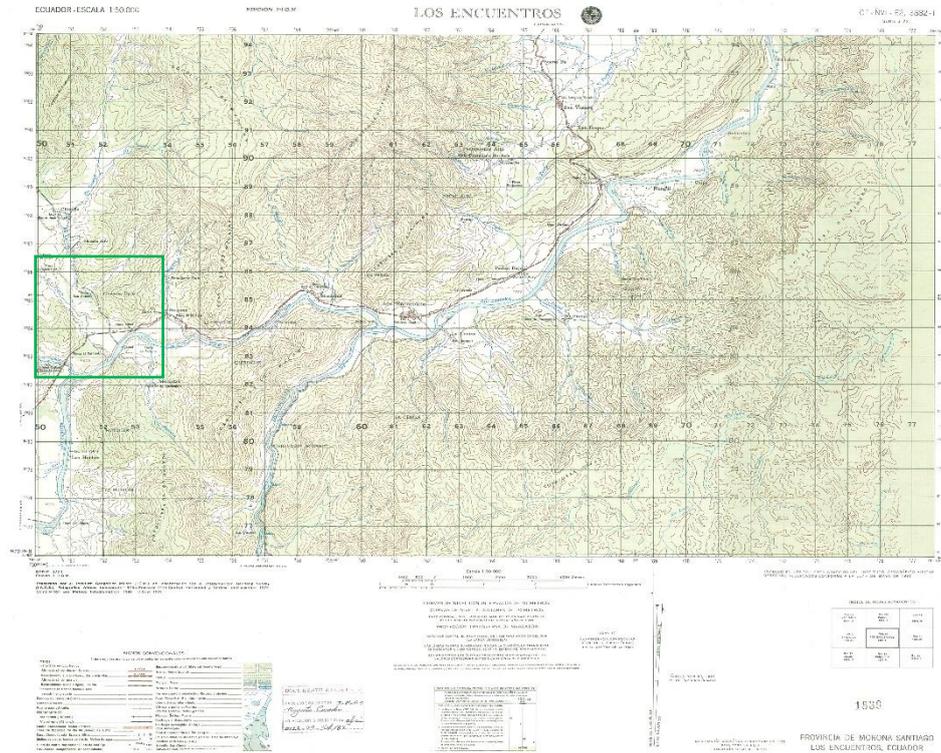
Nota: Hoja geológica usada como sustento para la geología regional. Fuente: (Instituto de Investigación Geológico y Energético)

Anexo 4. Entrada al área minera “Río Chicaña”



Nota: en la imagen se muestra la entrada al área minera. Fuente: (El Autor, 2022)

Anexo 5. Carta topográfica de los encuentros - escala 1: 50.000



Nota: Carta topográfica utilizada georreferenciar y ubicar el área de libre aprovechamiento Fuente: (Geoportal del Instituto Geográfico Militar del Ecuador)

Anexo 6. Orto Foto del área minera.



Nota: Ortofoto del área de libre aprovechamiento mediante el dron Phantom 4 Pro V2.0 – DJI.

Anexo 7. Fichas de afloramientos.

Anexo 7 - 01

Ficha de descripción de afloramientos								
Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.							
Afloramiento Nro	01		Genesis					
Autor:	Jaime Torres Masache		Ígneo		Metamórfico		Sedimentario	X
Fecha	22/12/2022						Plutónica	Foliada
Localización	Río Chicaña		Volcánica		No Foliada		No Clástica	
Coordenadas de ubicación WGS84	X: 751248	Y: 9583913						
Tipo de Afloramiento	Natural.		Hipoabisal					
Dimensiones del Afloramiento	Altura:	3 m						
	Long:	20 m						
Vegetación	Si							
Resistencia de la Matriz Rocosa	Extrema dam. Blanda Uña (X)	Muy blanda Navaja ()	Blanda Punta martillo ()	Media 1 golpe martillo ()	Dura +1 golpe martillo ()	Muy dura varios golpes ()	Extremada. Dura Solo raya con martillo ()	
Grados de Meteorización	Sana ()	Algo meteorizada ()	Medianamente meteorizada ()		Muy meteorizada (X)		Completamente meteorizada ()	Suelo residual ()
Hidrología	Sin presencia de agua ()		Seco (con señales de agua) ()		Húmedo (X)		Goteos ()	Flujo ()
Foto								
Descripción litológica	<p>En el afloramiento se puede observar una estratificación imbricada que ha sido formada gracias al Río Chicaña.</p> <p>El afloramiento se encuentra constituido de un solo estrato con una potencia de 3 metros con una longitud de 30 metros, el cual tiene clastos mal granulados con diámetro desde 1 cm hasta 25 cm con una matriz arenosa con presencia de oxidación.</p> <p>Existe un lente de arcilla a lo largo del afloramiento con una potencia de 15 cm.</p> <p>En la parte superior del estrato imbricada existe una capa de materia orgánica de vegetación tipo herbácea, la cual tiene una potencia de 20 cm.</p>							
Observaciones	El talud ha sido formado naturalmente por el socavamiento del río Chicaña en el pie del talud al momento de cambiar su dirección del cauce.							

Anexo 7 - 02

Ficha de descripción de afloramientos									
Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.								
Afloramiento Nro	02			Genesis					
Autor:	Jaime Torres Masache			Ígneo		Metamórfico		Sedimentario	X
Fecha	22/12/2022								
Localización	Río Chicaña			Plutónica		Foliada		Clástica	X
Coordenadas de ubicación WGS84	X:	Y:	Z:						
	751082	9584064							
Tipo de Afloramiento	Natural.			Volcánica		No Foliada		No Clástica	
Dimensiones del Afloramiento	Altura:	3,6 m							
	Long:	50 m		Hipoabisal					
Vegetación	Si								
Resistencia de la Matriz Rocosa	Extrema dam. Blanda Uña ()	Muy blanda Navaja ()	Blanda Punta martillo (X)	Media 1 golpe martillo ()	Dura +1 golpe martillo ()	Muy dura varios golpes ()	Extremada. Dura Solo raya con martillo ()		
Grados de Meteorización	Sana ()	Algo meteoriza da ()	Medianamente meteorizada ()		Muy meteorizada (X)		Completamente meteorizada ()	Suelo residual ()	
Hidrología	Sin presencia de agua ()		Seco (con señales de agua) ()		Húmedo (X)		Goteos ()	Flujo ()	
Foto									
Descripción litológica	<p>En el afloramiento se puede observar una estratificación imbricada que ha sido formada gracias al Río Chicaña. Se presenta un solo estrato con una potencia de 3,60 metros y con una longitud de 50 metros, el cual tiene clastos mal granulados con diámetro desde 1 cm hasta 30 cm con una matriz arcillo arenosa con presencia de oxidación en un 45%, además existe presencia de arcilla en proceso de consolidación en un 10% del afloramiento.</p> <p>En la parte superior del estrato imbricada existe una capa de materia orgánica de vegetación tipo herbácea y arborea esta capa de materia orgánica tiene una potencia de 30 cm.</p> <p>En la parte inferior del afloramiento se encuentra material lavado y rocas sueltas desprendidas sin una matriz producto de la creciente del río Chicaña.</p>								
Observaciones	El afloramiento es de origen natural, provocado por el socavamiento del río Chicaña al momento de cambiar su dirección del cauce.								

Anexo 7 - 03

Ficha de descripción de afloramientos									
Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.								
Afloramiento Nro	03			Genesis					
Autor:	Jaime Torres Masache			Ígneo		Metamórfico		Sedimentario	X
Fecha	22/12/2022								
Localización	Río Chicaña			Plutónica		Foliada		Clástica	X
Coordenadas de ubicación WGS84	X:	Y:	Z:						
	751662	9584335							
Tipo de Afloramiento	Antrópico			Volcánica		No Foliada		No Clástica	
Dimensiones del Afloramiento	Altura:	3,4 m							
	Long:	30 m		Hipoabisal					
Vegetación	Si								
Resistencia de la Matriz Rocosa	Extrema dam. Blanda Uña ()	Muy blanda Navaja (X)	Blanda Punta martillo ()	Media 1 golpe martillo ()	Dura +1 golpe martillo ()	Muy dura varios golpes ()	Extremada. Dura Solo raya con martillo ()		
Grados de Meteorización	Sana ()	Algo meteorizada ()	Medianamente meteorizada (X)		Muy meteorizada ()		Completamente meteorizada ()	Suelo residual ()	
Hidrología	Sin presencia de agua ()		Seco (con señales de agua) ()		Húmedo (X)		Goteos ()	Flujo ()	
Foto									
Descripción litológica	<p>En el afloramiento se puede observar una estratificación uniforme de lutita arcillosa con presencia de arenisca además se encuentra intercalado por granodiorita en una baja cantidad</p> <p>Se presenta un solo estrato con una potencia de 3,40 metros y con una longitud de 30 metros, el cual en su mayoría está representado por lutita arcillosa con arenisca en bajo porcentaje en un 75% además existe la presencia la granodiorita meteorizada, este estrato presenta una elevada oxidación.</p> <p>En la parte superior del afloramiento existe una capa de materia orgánica de vegetación tipo herbácea y arbórea en menor porcentaje, la capa de materia orgánica tiene una potencia de 30 cm.</p>								
Observaciones	El afloramiento es de origen antrópico provocado por maquinaria de tipo excavadora.								

Anexo 7 - 04

Ficha de descripción de afloramientos									
Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.								
Afloramiento Nro	04			Genesis					
Autor:	Jaime Torres Masache			Ígneo		Metamórfico		Sedimentario	X
Fecha	22/12/2022								
Localización	Río Chicaña			Plutónica		Foliada		Clástica	X
Coordenadas de ubicación WGS84	X: 751025	Y: 9582935	Z:						
Tipo de Afloramiento	Antropico			Volcánica		No Foliada		No Clástica	
Dimensiones del Afloramiento	Altura:	9 m							
	Long:	22 m		Hipoabisal					
Vegetación	Si								
Resistencia de la Matriz Rocosa	Extrema dam. Blanda Uña ()	Muy blanda Navaja ()	Blanda Punta martillo ()	Media 1 golpe martillo ()	Dura +1 golpe martillo ()	Muy dura varios golpes (X)	Extremada. Dura Solo raya con martillo ()		
Grados de Meteorización	Sana ()	Algo meteoriza da ()	Medianamente meteorizada ()		Muy meteorizada (X)		Completamente meteorizada ()	Suelo residual ()	
Hidrología	Sin presencia de agua ()		Seco (con señales de agua) (X)		Húmedo ()		Goteos ()	Flujo ()	
Foto									
Descripción litológica	<p>En el afloramiento no presenta una estratificación clara debido a su alta meteorización, existe la presencia de granodiorita altamente meteorizado proveniente del batolito de Zamora, similar al afloramiento número 03.</p> <p>El afloramiento tiene una potencia de 9 metros y con una longitud de 22 metros, el cual en su mayoría está representado con presencia de granodiorita pertenecientes al batolito de Zamora. El afloramiento en mayor parte presenta fracturamiento lo que permite la presencia de humedad en el mismo y su vez provoca un alto porcentaje de oxidación.</p> <p>En la parte superior del afloramiento existe una capa de materia orgánica de vegetación tipo, con un espesor de 20 cm. Bajo la capa organiza existe un estrato arcilloso con una potencia de 40 cm.</p>								
Observaciones	<p>El afloramiento es de origen antrópico provocado por maquinaria de tipo excavadora.</p> <p>Existe la presencia de material deslizado en forma de cantos.</p>								

Anexo 7 - 05

Ficha de descripción de afloramientos									
Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.								
Afloramiento Nro	05			Genesis					
Autor:	Jaime Torres Masache			Ígneo		Metamórfico		Sedimentario	X
Fecha	23/12/2022								
Localización	Río Chicaña			Plutónica		Foliada		Clástica	X
Coordenadas de ubicación WGS84	X:	Y:	Z:						
	751264	9583312							
Tipo de Afloramiento	Antrópico			Volcánica		No Foliada		No Clástica	
Dimensiones del Afloramiento	Altura:	1,8 m							
	Long:	4 m		Hipoabisal					
Vegetación	Si								
Resistencia de la Matriz Rocosa	Extrema dam. Blanda Uña ()	Muy blanda Navaja ()	Blanda Punta martillo (X)	Media 1 golpe martillo ()	Dura +1 golpe martillo ()	Muy dura varios golpes ()	Extremada. Dura Solo raya con martillo ()		
Grados de Meteorización	Sana ()	Algo meteoriza da ()	Medianamente meteorizada ()		Muy meteorizada (X)		Completamente meteorizada ()	Suelo residual ()	
Hidrología	Sin presencia de agua ()		Seco (con señales de agua) ()		Húmedo (X)		Goteos ()	Flujo ()	
Foto									
Descripción litológica	<p>El afloramiento tiene una potencia de 1,8 metros y con una longitud de 4 metros, no existe la presencia de estratificación clara. La composición del afloramiento es de lutita tobáceas, los cuales están altamente meteorizados con presencia de micro fracturas.</p> <p>Existe presencia de cantos sub graduados con una matriz de areno arcillosa en baja cantidad.</p> <p>En la parte superior existe la presencia de vegetación tipo herbácea y en menor cantidad tipo arbórea.</p>								
Observaciones	El afloramiento es de origen antrópico, formado por maquinaria en el proceso de creación de vía para vehículos.								

Anexo 7 - 06

Ficha de descripción de afloramientos									
Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.								
Afloramiento Nro	06			Genesis					
Autor:	Jaime Torres Masache			Ígneo		Metamórfico		Sedimentario	X
Fecha	23/12/2022								
Localización	Río Chicaña			Plutónica		Foliada		Clástica	X
Coordenadas de ubicación WGS84	X: 751233	Y: 9583624	Z:						
Tipo de Afloramiento	Antrópico			Volcánica		No Foliada		No Clástica	
Dimensiones del Afloramiento	Altura:	5 m							
	Long:	20 m		Hipoabisal					
Vegetación	Si								
Resistencia de la Matriz Rocosa	Extrema dam. Blanda Uña ()	Muy blanda Navaja ()	Blanda Punta martillo ()	Media 1 golpe martillo ()	Dura +1 golpe martillo ()	Muy dura varios golpes (X)	Extremada. Dura Solo raya con martillo ()		
Grados de Meteorización	Sana ()	Algo meteoriza da ()	Medianamente meteorizada ()		Muy meteorizada (X)		Completamente meteorizada ()	Suelo residual ()	
Hidrología	Sin presencia de agua ()		Seco (con señales de agua) ()		Húmedo (X)		Goteos ()	Flujo ()	
Foto									
Descripción litológica	El afloramiento tiene una potencia de 5 metros y con una longitud de 20 metros.. Se presenta material imbricado con presencia de granodiorita altamente meteorizado, el afloramiento presenta oxidación. Existe presencia de vegetación de tipo herbácea, en la parte superior existe una capa de materia orgánica acompañada de vegetación tipo herbácea y arbórea.								
Observaciones	El afloramiento es de origen antrópico, formado por maquinaria en el proceso de creación de vía para vehículos.								

Nota: Ficha levantada en la zona de estudio. Fuente: (El Autor, 2022)

Anexo 8. Fichas de Calicatas

Anexo 8 – 01

Ficha de Descripción De Calicatas						
Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.					
Nro. de Afloramiento	01	Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 SUR		X	751316	
				Y	9583773	
				Z	826.5	
Tipo de afloramiento		Natural			Antrópico	x
Vegetación	Existe vegetación de tipo herbácea					
Dimensiones	Potencia		Longitud	2	Ancho	3,30 m
Origen	Aluvial	x	Residual		Coluvial	
	Lacustre		Eólico		Glacial	
Tipo de deposito	Llanura de inundación	x	Terraza Aluvial			
Tipo de materiales	Árido y pétreo					
Forma	Redondeado		Sub redondeado	x	Angular	
Diámetro	Max 30 cm – Min 3 cm		Matriz		Arenosa	
Fotografía						
Observaciones	<p>Se determino en la parte superficial una capa de suelo de aproximadamente 20 cm sobre la cual se encuentra vegetación de tipo herbácea.</p> <p>Al realizar la calicata conforme se iba profundizando se formaba un espejo de agua por el nivel freatico del río Chicaña</p>					

Anexo 8 – 02

Ficha de Descripción De Calicatas

Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.					
Nro. de Afloramiento	02	Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 SUR		X	751146	
				Y	9583981	
				Z	825,5	
Tipo de afloramiento	Natural				Antrópico	x
Vegetación	No existe vegetación					
Dimensiones	Potencia		Longitud	1,50 m	Ancho	2,50 m
Origen	Aluvial	x	Residual		Coluvial	
	Lacustre		Eólico		Glacial	
Tipo de deposito	Llanura de inundación	x	Terraza Aluvial			
Tipo de materiales	Árido y pétreo					
Forma	Redondeado		Sub redondeado	x	Angular	
Diámetro	Max 30 cm – Min 3 cm		Matriz	Arenosa		
Fotografía						
Observaciones	Se formo un espejo de agua en la calicata realizada por el nivel freático.					

Anexo 8 – 03

Ficha de Descripción De Calicatas

Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.					
Nro. de Afloramiento	03	Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 SUR		X	750926	
				Y	9584393	
				Z	829.8	
Tipo de afloramiento		Natural			Antrópico	x
Vegetación	Existe nula vegetación o muy poca					
Dimensiones	Potencia		Longitud	3.30	Ancho	3
Origen	Aluvial	x	Residual		Coluvial	
	Lacustre		Eólico		Glacial	
Tipo de deposito	Llanura de inundación	x	Terraza Aluvial			
Tipo de materiales						
Forma	Redondeado		Sub redondeado	x	Angular	
Diámetro	Max 30 cm – Mín 3 cm		Matriz	Arenosa		
Fotografía						
Observaciones						

Anexo 8 – 04

Ficha de Descripción De Calicatas

Proyecto	Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”, con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.					
Nro. de Afloramiento	04	Coordenadas UTM WGS 84 ZONA 17 SUR	X	750961		
			Y	9584143		
			Z	828.5		
Tipo de afloramiento		Natural		Antrópico	x	
Vegetación	Existe vegetación de tipo herbácea					
Dimensiones	Potencia		Longitud	2 m	Ancho	3,50 m
Origen	Aluvial	x	Residual		Coluvial	
	Lacustre		Eólico		Glacial	
Tipo de deposito	Llanura de inundación	x	Terraza Aluvial			
Tipo de materiales	Árido y pétreo					
Forma	Redondeado		Sub redondeado	x	Angular	
Diámetro	Max 30 cm – Min 3 cm		Matriz	Arenosa		
Fotografía						
Observaciones	Existe presencia de vegetación tipo herbácea a los costados de la calicata, de igual forma se presenta un espejo de agua por el nivel freático relacionado con el río Chicaña.					



unl



Anexo 9. Ensayos del laboratorio

Anexo 9 – 01



"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 EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "RIO CHICAÑA" CON CÓDIGO 50000926, UBICADA EN EL CANTÓN YANTZAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE".	NORMA:	INEN 860 ASTM C - 131
MUESTRA	AREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "RIO CHICAÑA", CODIGO 50000926	FECHA:	20/1/2023
SOLICITA	SR. JAIME ALEXANDER TORRES MASACHE	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	1249			
25	10	1250			
10	12,5	1250			
12,5	0,5	1251			
0,5	0,7				
0,7	4,75				
4,75	2,36				
Total		5000			

Número de esferas=	12	Masa de la carga abrasiva=	5048 g
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A)=	5000,00		
Masa total de la muestra después de 500 revoluciones (B)=	3714,00		
Valor de la abrasión (en porcentaje) después de 500 revoluciones (V)=	25,72 %		

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: 2023.01.20
16:51:23 -05'00'

ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
RESPONSABLE GEOTÉCNICO

Anexo 9 – 02



"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0986335585
 Cel: 0980080384

Arquitectura +
 Ingeniería

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO	"DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "RIO CHICAÑA" CON CÓDIGO 50000926, UBICADA EN EL CANTÓN YANTAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE".		
MATERIAL	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "RIO CHICAÑA", CÓDIGO 50000926		
SOLICITA	SR. JAME ALEXANDER TORRES MASACHE		
UBICACIÓN	CANTÓN YANTAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE	FECHA	20 de enero de 2023

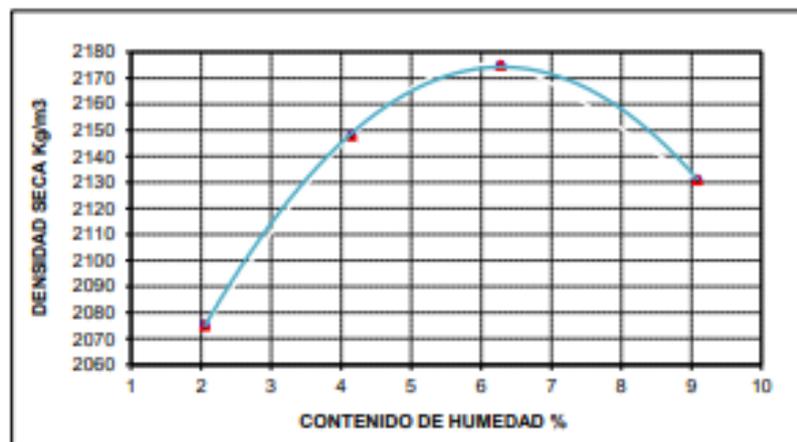
ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR - ASTM D - 1557

NORMA ENSAYO	T-180-D	DATOS DEL MOLDE	
GOLFES/CAPA	56	DIAMETRO	15,25 cm.
No. DE CAPAS	5	ALTURA	11,67 cm
PESO MARTILLO:	4,5 Kg	VOLUMEN	2,132 cm ³
ALT. DE CAIDA:	46,0 cm.	PESO	5,987 gramos

DATOS PARA LA CURVA				
PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10.501	10.756	10.914	10.942
Peso suelo:	4.514	4.789	4.927	4.955
Dens. Hum:	2.118	2.237	2.311	2.325

CONTENIDOS DE HUMEDAD								
W. hum.:	124.30	121.54	115.60	118.47	126.35	117.48	115.98	102.45
W. seco:	122.16	119.47	111.75	114.69	119.86	111.88	107.91	95.35
W. caps:	17.25	16.30	17.24	18.25	19.69	19.69	18.54	17.69
W (%) :	2.10	2.01	4.17	4.14	6.48	6.07	9.03	9.14
promedio	3.05		4.15		6.28		9.09	
Dens. Seca:	2.075		2.148		2.175		2.131	

RESULTADOS:	DENSIDAD SECA MAXIMA =	2.174 Kg/m ³
	CONT. DE AGUA OPTIMO =	6.30 %



OBSERVACIONES:

PABLO
 STALIN
 JIMENEZ
 VEGA

Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
 Fecha: 2023.01.20 16:51:47 -0500

ING. MSC. PABLO JIMENEZ VEGA
 RESPONSABLE GEOTECNICO



unl

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



Anexo 9 - 03



"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0986335585
Cel: 0986080384

Arquitectura +
Ingeniería

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Table with project details: PROYECTO, MATERIAL, SOLICITA, UBICACION, FECHA, and mold dimensions.

INDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. " ASTM C - 1883

Main test results table with columns for mold number, weight, volume, density, and moisture content.

Table for water absorption percentage (PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA).

Table for expansion data (DATOS DE ESPONJAMIENTO).

Table for penetration test data (DATOS ENSAYO DE PENETRACION).

PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
Fecha: 2023.01.20 16:52:00 -05'00'
ING. MSc. PABLO JIMENEZ VEGA
RESPONSABLE TECNICO

Anexo 9 – 04



"DELTA CIA. LTDA."

Cel: 0980080384
 Cel: 0986335585

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE SOLIDEZ EN SULFATO DE SODIO

PROYECTO:	"DISEÑO DEL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN PARA LA EXTRACCIÓN DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN EN EL ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "RIO CHICAÑA" CON CÓDIGO 50000926, UBICADA EN EL CANTÓN YANTZAZA, PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE".	NORMA:	ASTM C - 88
MUESTRA:	ÁREA DE LIBRE APROVECHAMIENTO "RIO CHICAÑA", CÓDIGO 50000926	FECHA:	20/1/2023
SOLICITADO:	SR. JAIME ALEXANDER TORRES MASACHE	% ESP. DESGASTE:	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"	487,00	481,00	1,23	8,97	11,06	4,02 %
2"	1 1/2"	536,00	524,00	2,24	9,87	22,10	
1 1/2"	1"	785,00	763,00	2,80	14,46	40,52	
1"	3/4"	1147,00	1102,00	3,92	21,13	82,89	
3/4"	1/2"	963,00	908,00	5,71	17,74	101,31	
1/2"	3/8"	869,00	824,00	5,18	16,01	82,89	
3/8"	Nº4	642,00	609,00	5,14	11,83	60,78	
TOTAL		5429,00	5211,00		100,00	401,55	

AGREGADOS FINOS

TAMAÑO DEL AGREGADO		A gr.	B gr.	C %	D % RET.	E % PONDERADO	PORCENTAJE DE PERDIDA
PASA TAMIZ	RETIENE TAMIZ						
Nº4	Nº8	685,00	635,00	7,30	32,22	235,18	6,68 %
Nº8	Nº16	597,00	563,00	5,70	28,08	159,92	
Nº16	Nº30	478,00	447,00	6,49	22,48	145,81	
Nº30	Nº50	366,00	339,00	7,38	17,22	127,00	
TOTAL		2126	1984		100,00	667,92	

PORCENTAJE MEDIO DESGASTE A LOS SULFATOS 5,36 %

OBSERVACIONES: _____

PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
 Firmado digitalmente por PABLO STALIN JIMENEZ VEGA
 Fecha: 2023.01.20 15:54:55 -05'00'
 ING. MSC. PABLO JIMÉNEZ VEGA
 ESPECIALISTA GEOTÉCNICO



unl



Anexo 10. Certificado de traducción

Loja, 19 de noviembre de 2024

CERTIFICADO DE TRADUCCIÓN

Yo, **Diana Abigail Torres Rodríguez** con cédula **1105887788**. Y con título de Licenciada en Ciencias de la Educación: Mención Inglés, registrado en el SENESCYT con número **1008-2023-2681689**

CERTIFICO:

Que he realizado la traducción de español al idioma inglés del resumen del presente trabajo de integración curricular denominado: **“Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”,** con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe. ” de autoría de **Jaime Alexander Torres Masache**, portador de la cédula de identidad número **1104127582** estudiante de la carrera de **Ingeniería en geología ambiental y ordenamiento territorial de la Facultad de La Energía, Las Industrias y Los Recursos Naturales No Renovables** de la Universidad Nacional de Loja. Dicho estudio se encontró bajo la dirección del Ing. Jimmy Stalin Paladines, PhD, previo a la obtención del título de Ingeniero en geología ambiental y ordenamiento territorial.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad, facultado al interesado hacer uso del presente en lo que se creyera conveniente.



Lic. Diana Abigail Torres Rodríguez
C.I: 1105887788
Registro del SENESCYT: 1008-2023-2681689



unl



Anexo 11. Topografía del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

Anexo 12. Geología local del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

Anexo 13. Geología regional del área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

Anexo 14. Diseño de vías en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

Anexo 15. Diseño de campamento en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

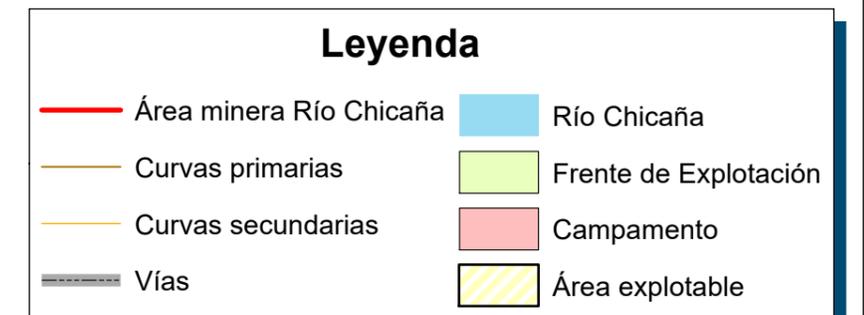
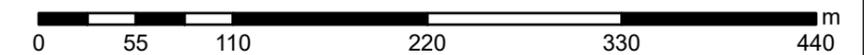
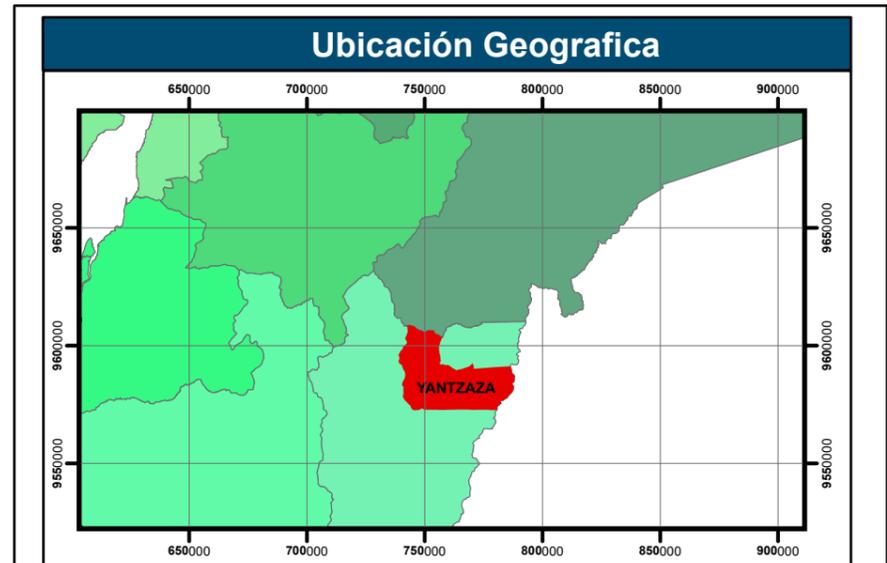
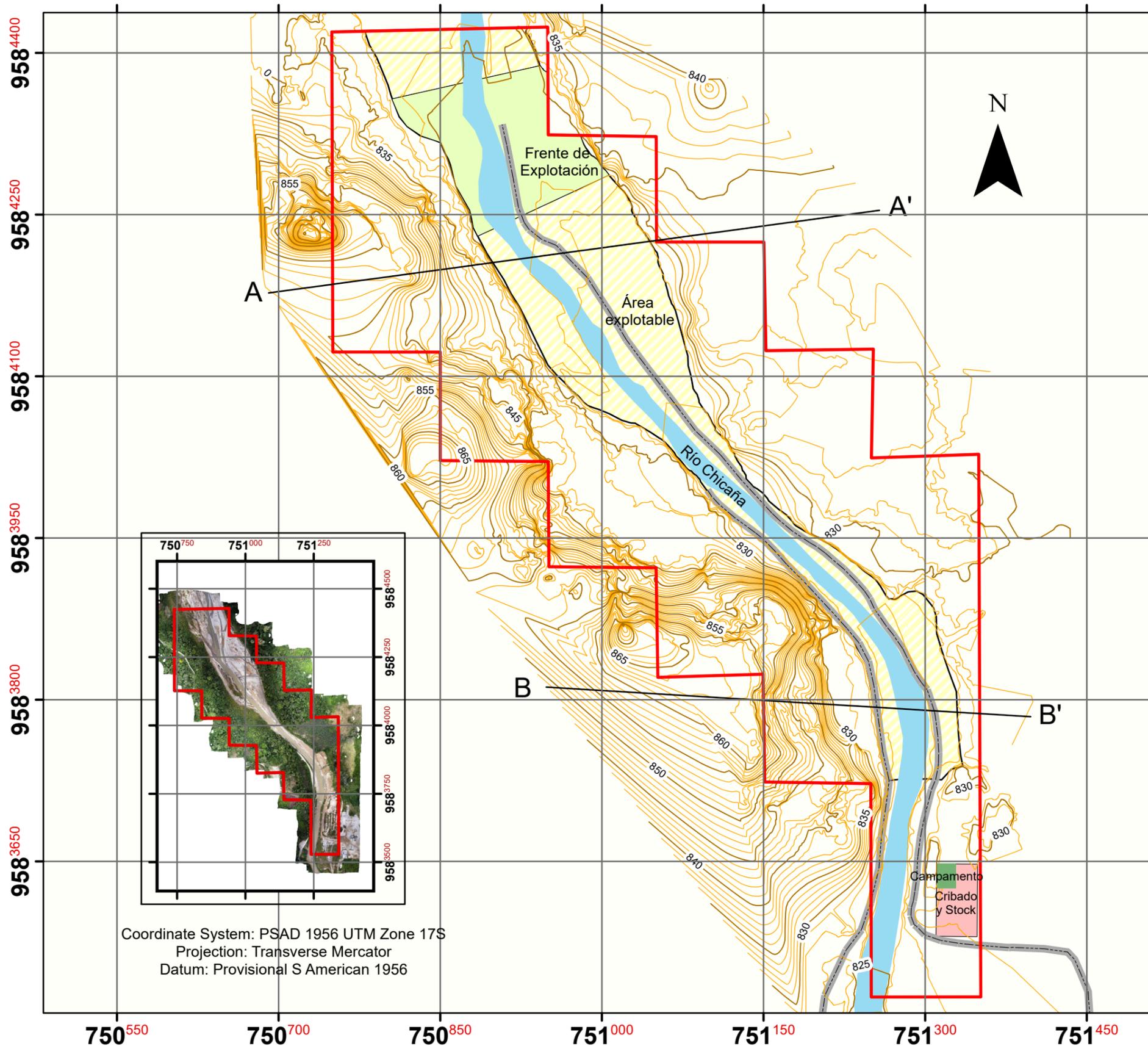
Anexo 16. Diseño de zona de cribado y stockeo en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

Anexo 17. Diseño de dique de protección en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

Anexo 18. Diseño de dique transversal en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

Anexo 19. Diseño de sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento “Río Chicaña”.

TOPOGRAFÍA DEL ÁREA DE LIBRE DE APROVECHAMIENTO "RÍO CHICAÑA"



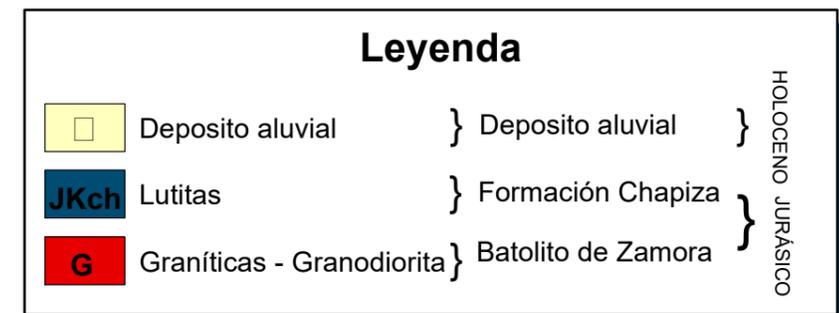
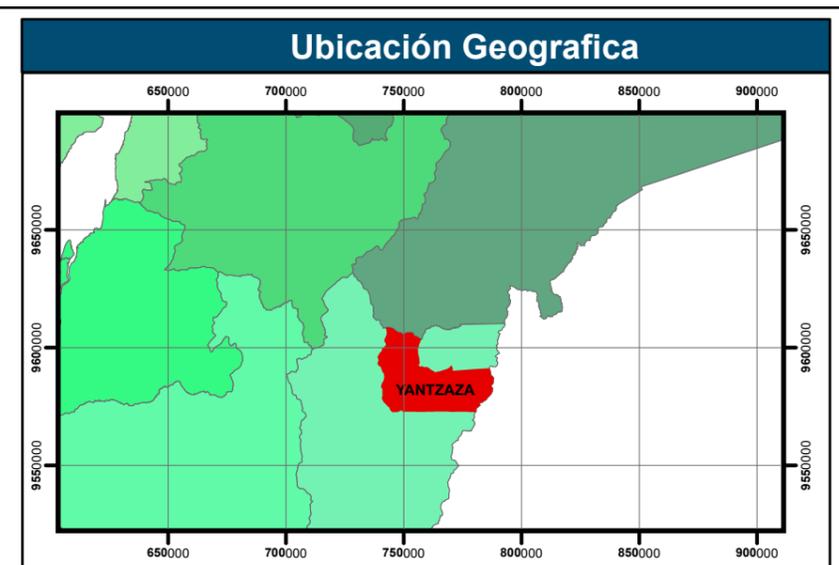
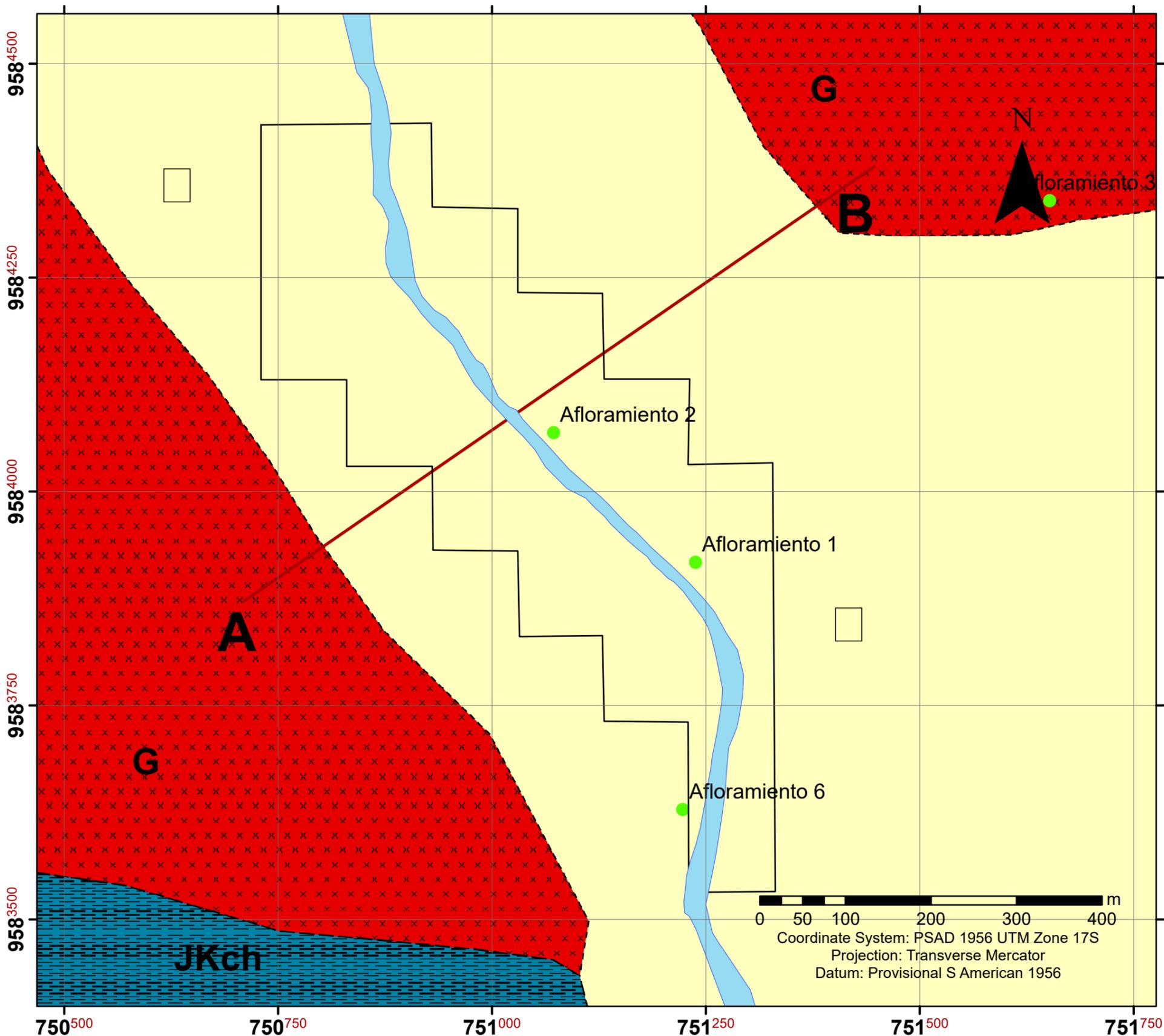
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
 FACULTAD DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y
 LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERIA EN GEOLOGÍA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Autor: Jaime Torres M.	TOPOGRAFÍA REGIONAL DEL ÁREA MINERA "RÍO CHICAÑA"
Ubicación: Chicaña - Yantzaza	
Escala de impresión: 1:20.000	Lamina Nro "1"
Escala de trabajo: 1:500	



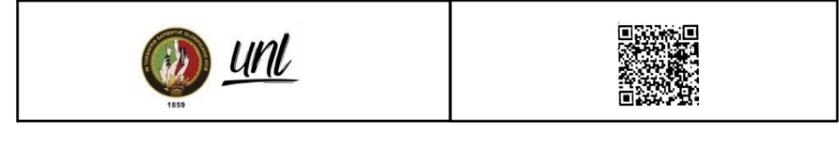
GEOLOGÍA LOCAL DEL ÁREA DE LIBRE DE APROVECHAMIENTO "RÍO CHICAÑA"



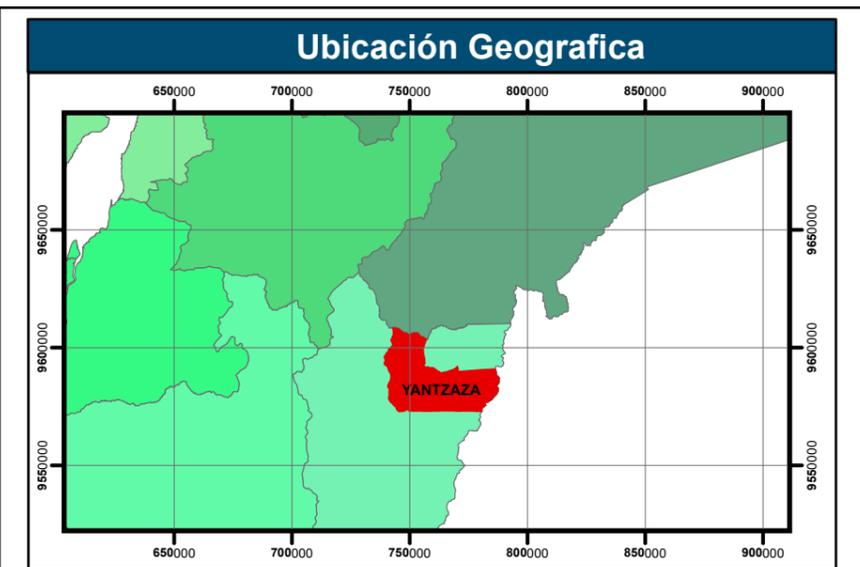
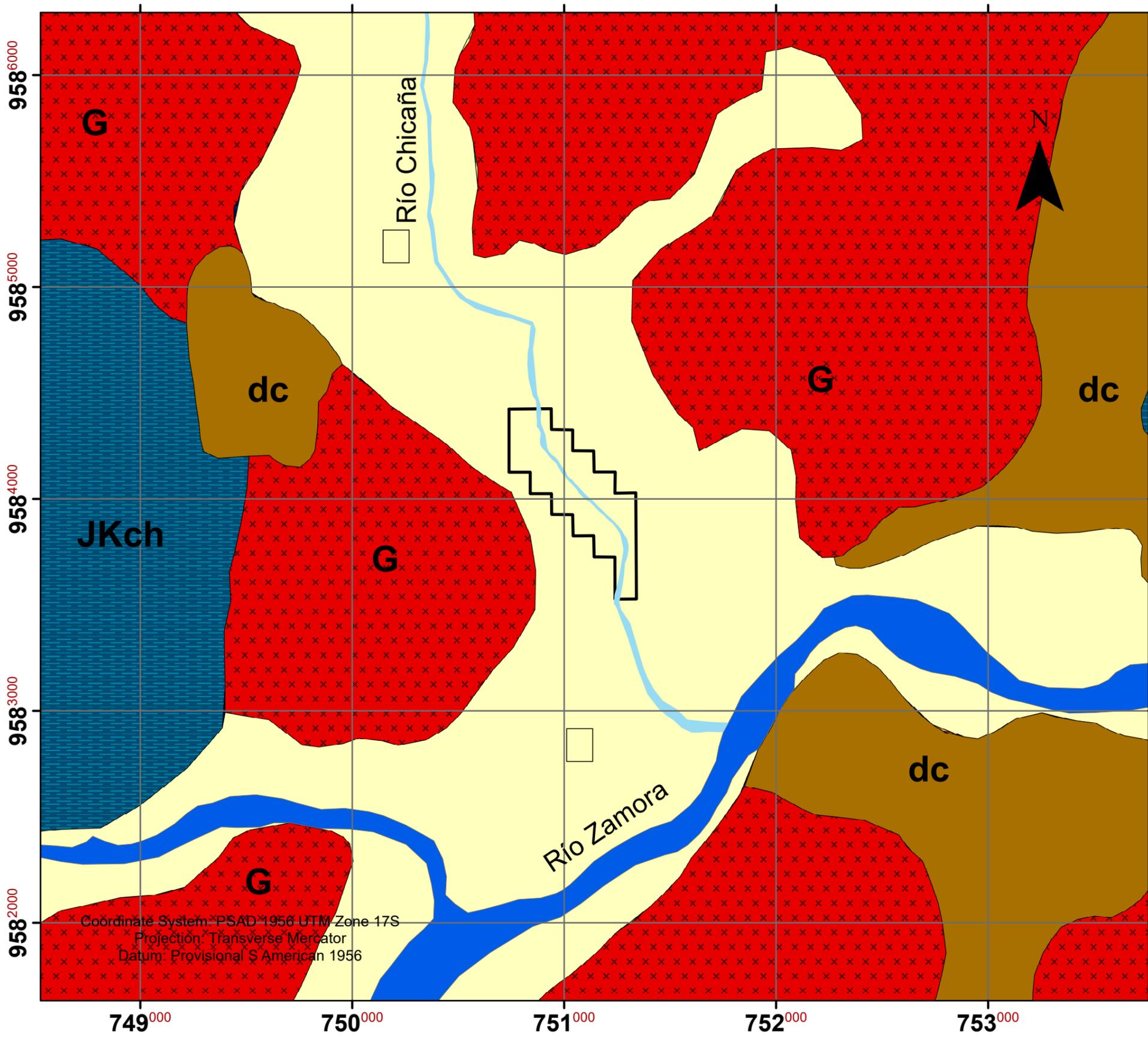
UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
 FACULTAD DE LA ENERGÍA, LAS INDUSTRIAS Y
 LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

INGENIERIA EN GEOLOGÍA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL

Autor: Jaime Torres M.	GEOLOGÍA LOCAL DEL ÁREA MINERA "RÍO CHICAÑA"
Ubicación: Chicaña - Yantzaza	
Escala de impresión: 1:5.000	Lamina Nro "3"
Escala de trabajo: 1:500	



GEOLOGÍA REGIONAL DEL ÁREA DE LIBRE DE APROVECHAMIENTO "RÍO CHICAÑA"



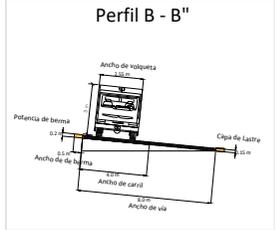
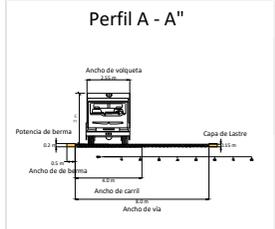
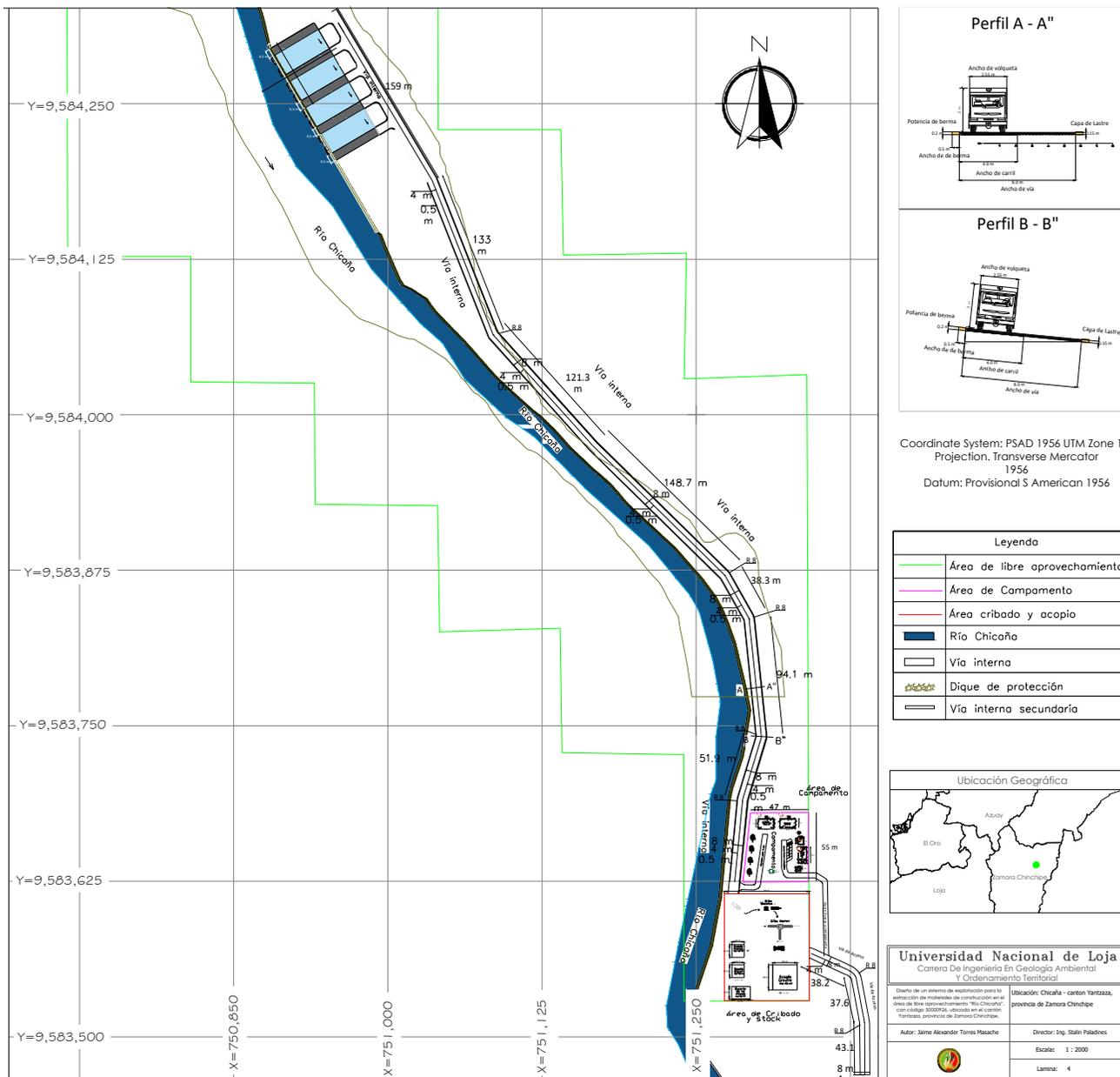
Leyenda

JKch Formación Chapiza	- - - Falla inferida
dc Deposito Coluvial	■ Río Zamora
□ Deposito aluvial	■ Río Chicaña
G Batolito de Zamora	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA
 FACULTAD DE LA ENERGIA, LAS INDUSTRIAS Y
 LOS RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

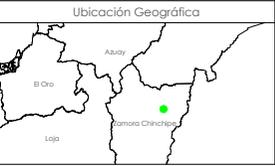
INGENIERIA EN GEOLOGÍA Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL	
Autor: Jaime Torres M.	GEOLOGÍA REGIONAL DEL ÁREA MINERA "RÍO CHICAÑA"
Ubicación: Chicaña - Yantzaza	Lamina Nro "2"
Escala de impresión: 1:20.000	
Escala de trabajo: 1:100.000	

Vías en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña



Coordinate System: PSAD 1956 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 1956
 Datum: Provisional S American 1956

Leyenda	
	Área de libre aprovechamiento
	Área de Campamento
	Área cribado y acopio
	Río Chicaña
	Vía interna
	Dique de protección
	Vía interna secundaria



Universidad Nacional de Loja
 Carrera De Ingeniería En Geología Ambiental
 Y Ordenamiento Territorial

Diseño de un sistema de explotación minera en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña" con código 2020070, ubicada en el cantón Zamora, provincia de Zamora Chinchipe.

Ubicación: Chicaña - Cantón Tarmaza, provincia de Zamora Chinchipe

Autor: Jaime Alexander Torres Masachi Director: Ing. Stalin Paladines

Escala: 1 : 2000

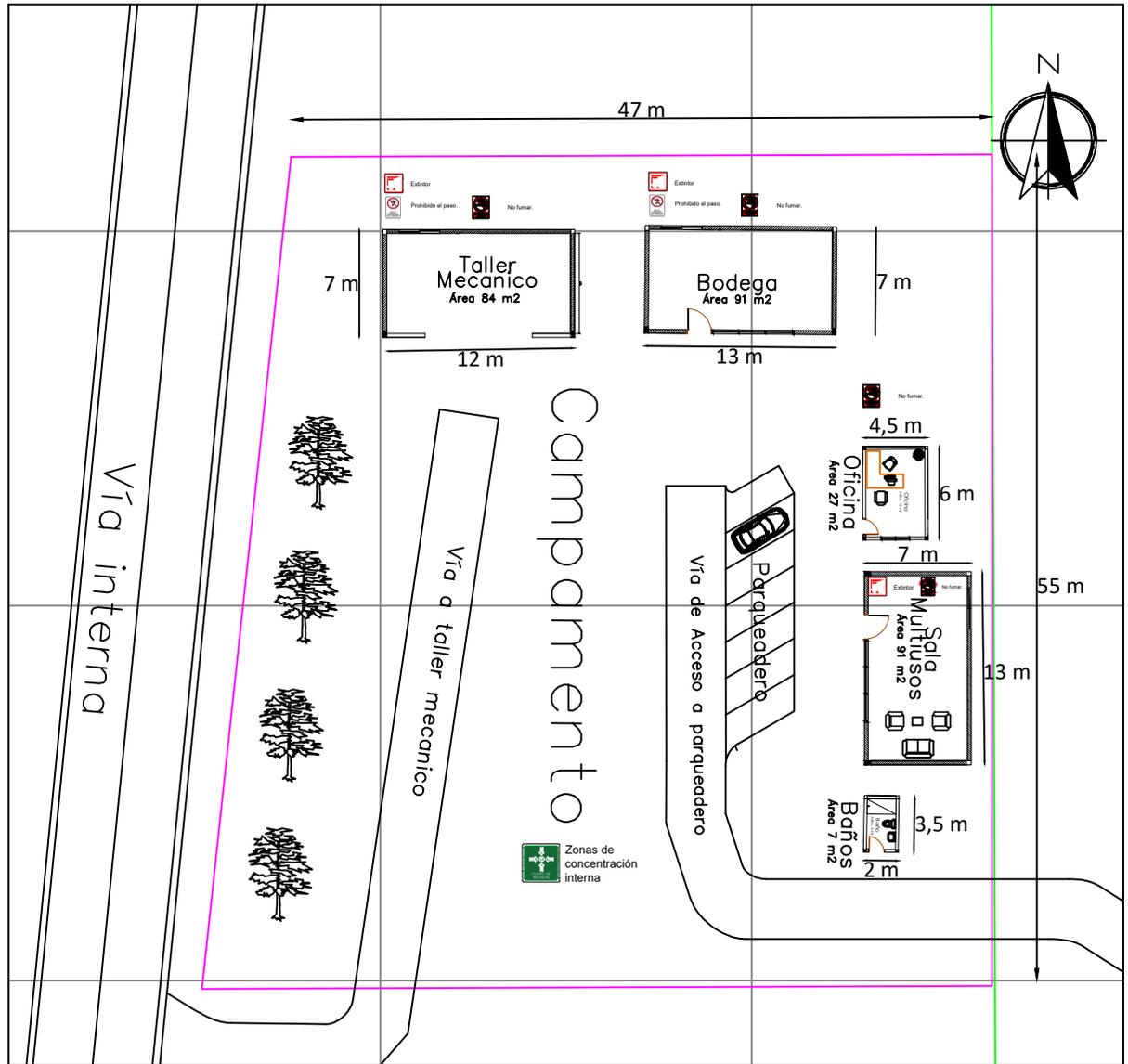
Lamina: 4

Campamento en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña

Y=9,583,625

Y=9,583,650

Y=9,583,675



X=751,275

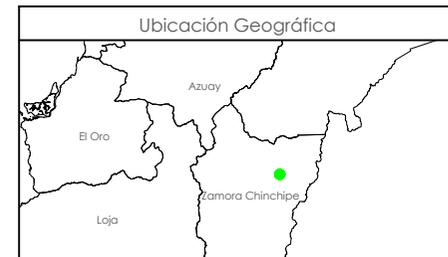
X=751,300

X=751,325

X=751,350

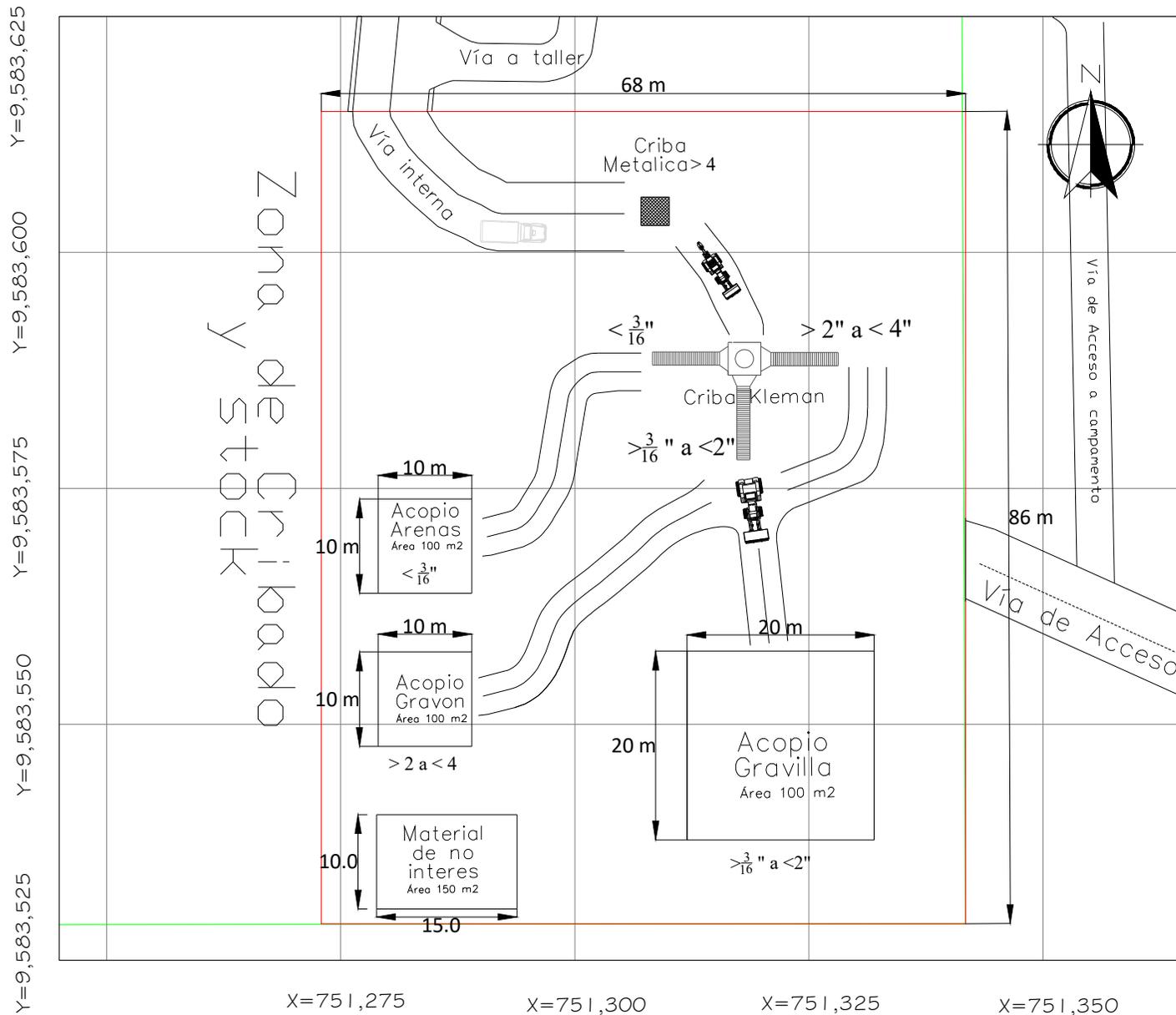
Leyenda	
	Área de libre aprovechamiento
	Área del campamento
	Vías internas secundarias
	Vía interna
	Infraestructura

Coordinate System: PSAD 1956 UTM Zone 17S
Projection: Transverse Mercator
1956
Datum: Provisional S American 1956



Universidad Nacional de Loja	
Carrera De Ingeniería En Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial	
Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña" con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.	
Autor: Jaime Alexander Torres Masache	Ubicación: Chicaña - canton Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe
	Director: Ing. Stalin Paladines
	Escala: 1 : 200
	Lamina: 5

Cribado y stockeo en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña



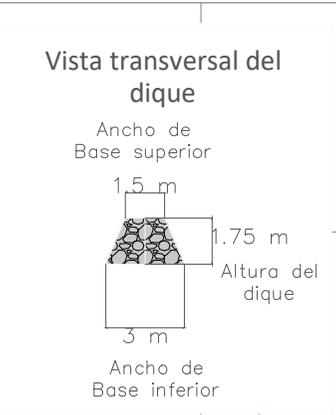
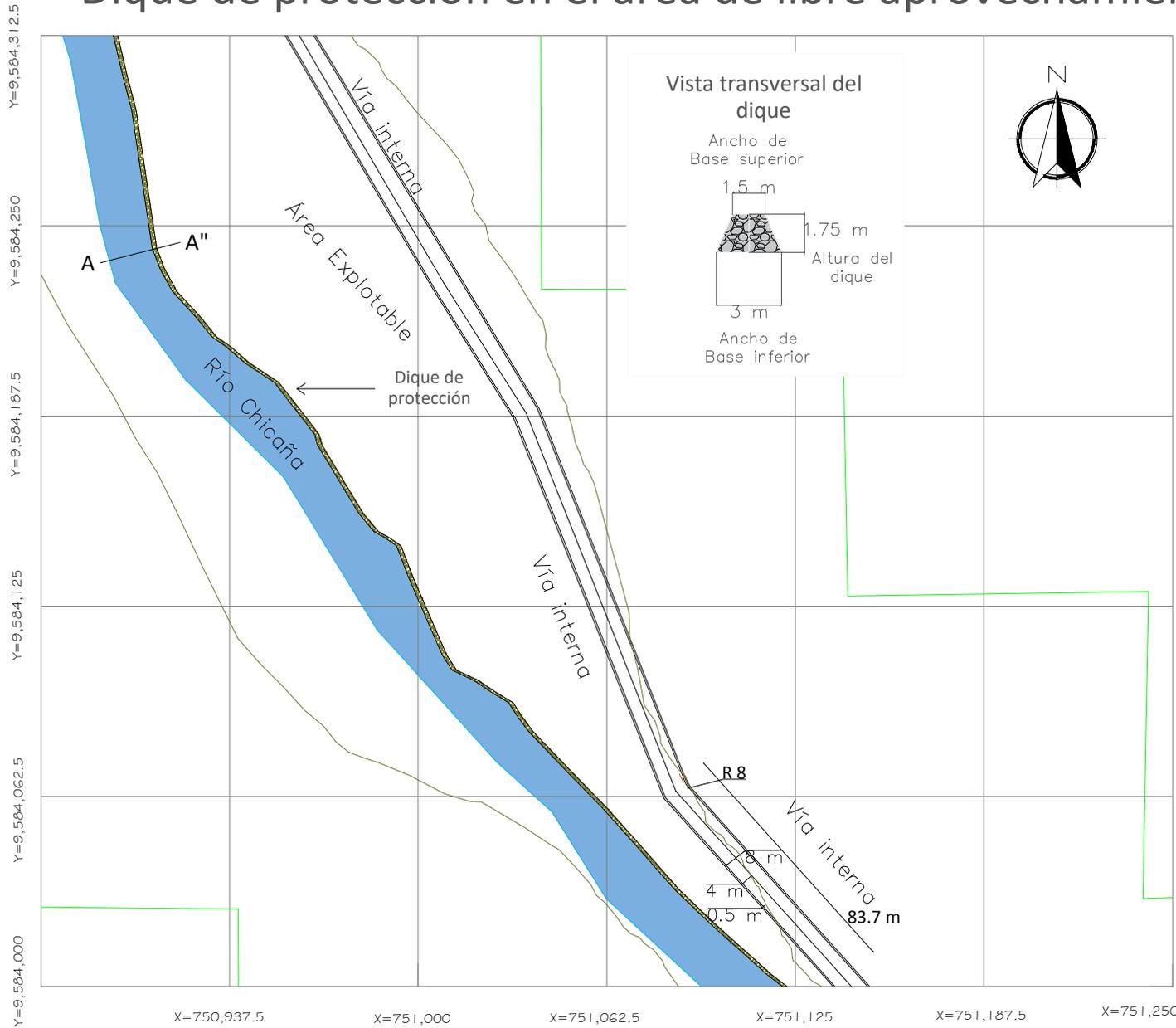
Leyenda	
	Área de libre aprovechamiento
	Zona de Cribado y Stockeo
	Vía interna
	Vías secundarias
	Zonas de acopio o stock
	Criba metálica
	Criba Kleemann

Coordinate System: PSAD 1956 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 1956
 Datum: Provisional S American 1956

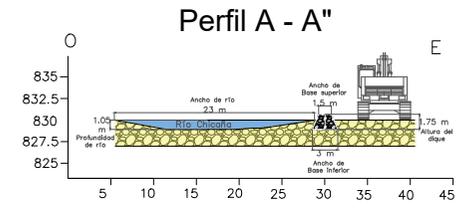


Universidad Nacional de Loja Carrera De Ingeniería En Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial	
Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.	Ubicación: Chicaña - canton Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe
Autor: Jaime Alexander Torres Masache	Director: Ing. Stalin Paladines
	
Escala: 1 : 200 Lamina: 6	

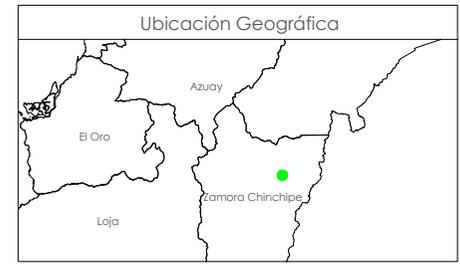
Dique de protección en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña



Leyenda	
	Área de libre aprovechamiento
	Área explotable
	Río Chicaña
	Vía interna
	Dique de protección



Coordinate System: PSAD 1956 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 1956
 Datum: Provisional S American 1956



Universidad Nacional de Loja
 Carrera De Ingeniería En Geología Ambiental
 Y Ordenamiento Territorial

Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.

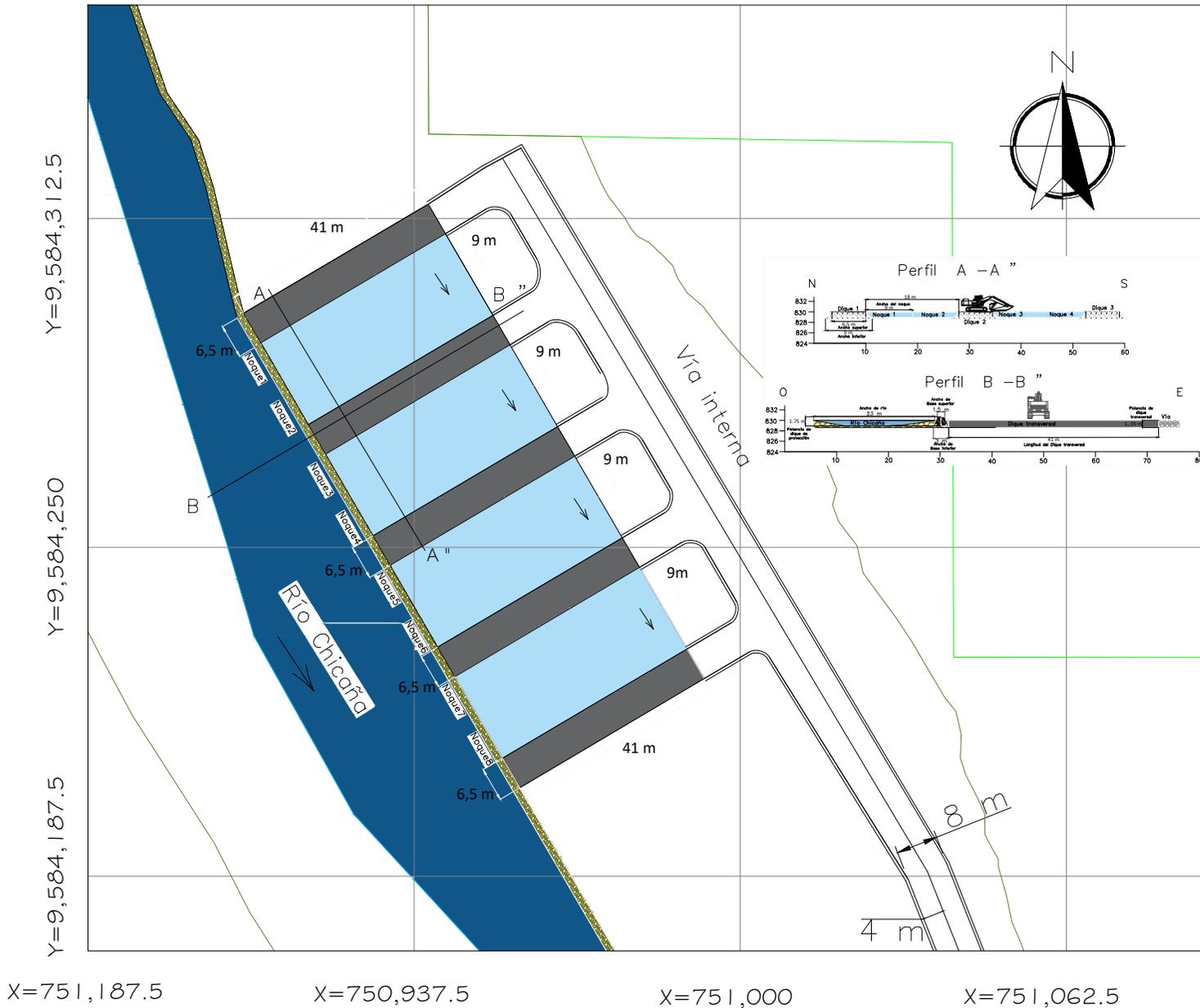
Ubicación: Chicaña - cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe

Autor: Jaime Alexander Torres Masache Director: Ing. Stalin Paladines

Escala: 1 : 2000

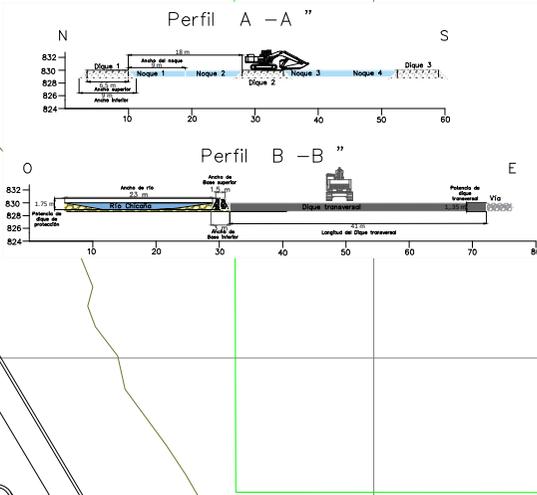
Lamina: 7

Diques Transversales en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña



Leyenda	
	Área de libre aprovechamiento
	Área explotable
	Río Chicaña
	Vía interna
	Dique de protección
	Dique Transversal
	Noque de explotación

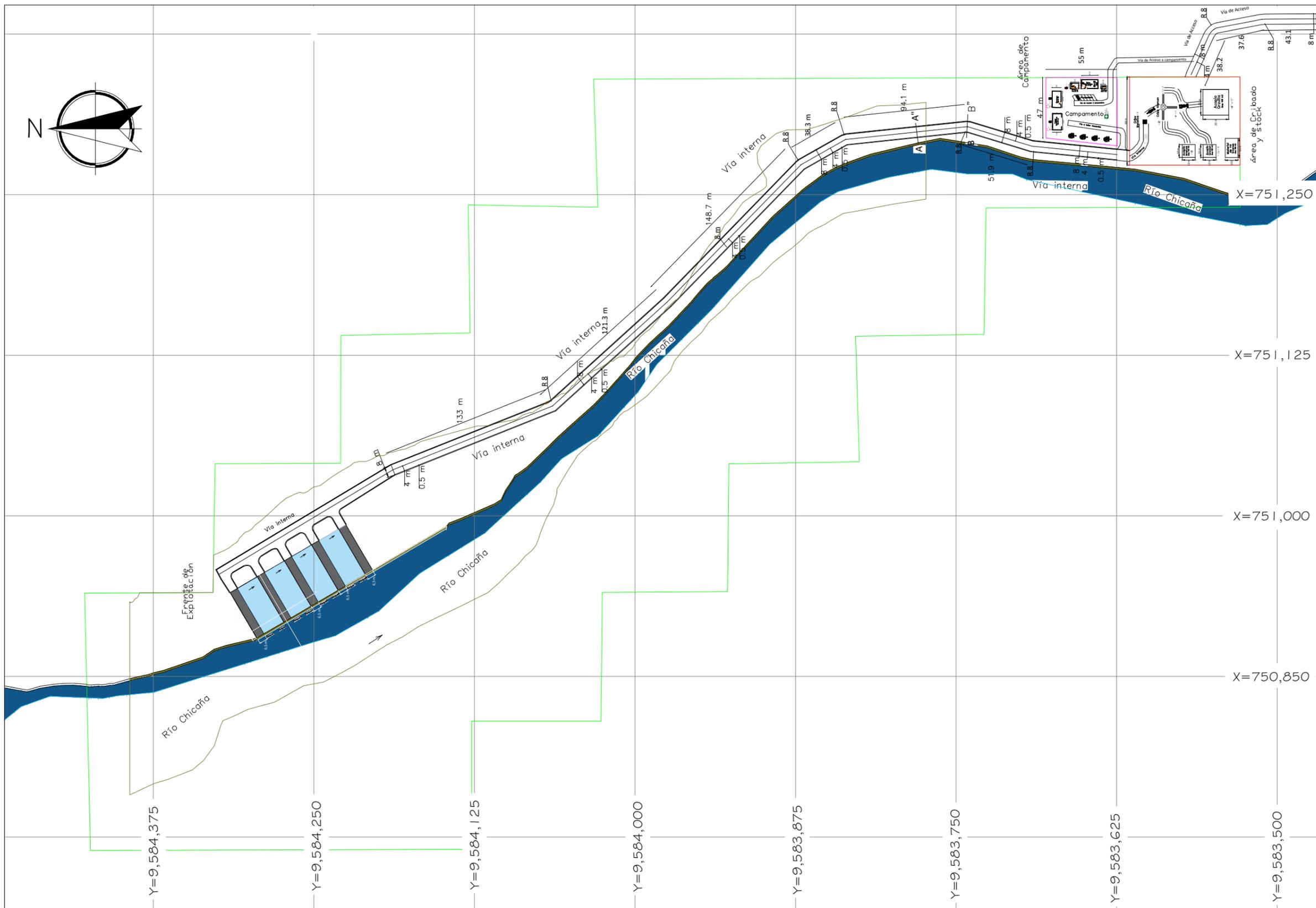
Coordinate System: PSAD 1956 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 1956
 Datum: Provisional S American 1956



Universidad Nacional de Loja Carrera De Ingeniería En Geología Ambiental Y Ordenamiento Territorial	
Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña" con código 50000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.	Ubicación: Chicaña - canton Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe
Autor: Jaime Alexander Torres Masache	Director: Ing. Stalin Paladines
	
Escala: 1 : 2000 Lamina: 8	

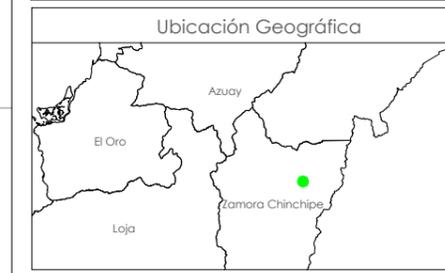
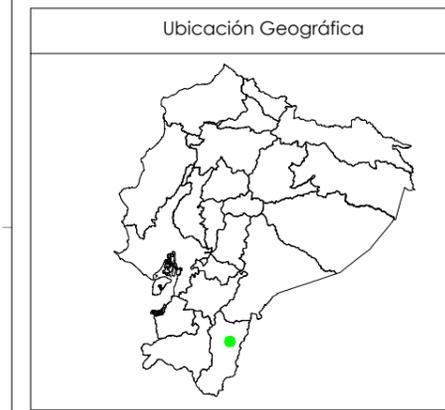
X=751,187.5 X=750,937.5 X=751,000 X=751,062.5

Sistema de explotación en el área de libre aprovechamiento Río Chicaña



Leyenda	
	Área de libre aprovechamiento
	Área de Campamento
	Área cribado y acopio
	Área Explotable
	Río Chicaña
	Vía interna
	Vía interna secundaria
	Dique de protección
	Dique Transversal
	Noque de explotación
	Infraestructura
	Zonas de acopio o stock
	Criba metálica
	Criba Kleemann

Coordinate System: PSAD 1956 UTM Zone 17S
 Projection: Transverse Mercator
 1956
 Datum: Provisional S American 1956



Universidad Nacional de Loja
 Carrera De Ingeniería En Geología Ambiental
 Y Ordenamiento Territorial

Diseño de un sistema de explotación para la extracción de materiales de construcción en el área de libre aprovechamiento "Río Chicaña", con código 5000926, ubicada en el cantón Yantzaza, provincia de Zamora Chinchipe.

Autor: Jaime Alexander Torres Masache Director: Ing. Stalin Paladines

Escala: 1 : 2000
 Lamina: 9