

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE MINAS



TESIS

PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IZAJE EN LA MINA

ALBA 3 – DISTRITO DE CHALA, PROVINCIA DE CARAVELÍ – AREQUIPA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE MINAS

AUTOR:

Bach. Reyes Liza Andy Joel

ASESOR:

M. Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca

CAJAMARCA – PERÚ

2025



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

-- FACULTAD DE INGENIERÍA --

- Investigador** : REYES LIZA ANDY JOEL
DNI : 73474406
Escuela Profesional : INGENIERÍA DE MINAS
- Asesor** : M. CS. ING. ARAPA VILCA VICTOR AUSBERTO
Facultad : INGENIERÍA
- Grado académico o título profesional**
 Bachiller Título profesional Segunda especialidad
 Maestro Doctor
- Tipo de Investigación:**
 Tesis Trabajo de investigación Trabajo de suficiencia profesional
- Título de Trabajo de Investigación:**
PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IZAJE EN LA MINA ALBA 3 –
DISTRITO DE CHALA, PROVINCIA DE CARAVELÍ – AREQUIPA
- Fecha de evaluación:** 10 de setiembre del 2025
- Software antiplagio:** TURNITIN URKUND (OURIGINAL) (*)
- Porcentaje de Informe de Similitud:** 22%
- Código Documento:** trn:oid:::3117:495976991
- Resultado de la Evaluación de Similitud:**
 APROBADO PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 11/09/2025

 <hr/> <p>FIRMA DEL ASESOR M. CS. ING. ARAPA VILCA VICTOR AUSBERTO DNI: 29552145</p>	 <p>Firmado digitalmente por: BAZAN DIAZ Laura Sofia FAU 2014825800 soft Motivo: En señal de conformidad Fecha: 11/09/2025 10:11:20-0500</p> <hr/> <p>UNIDAD DE INVESTIGACIÓN FI</p>
---	--



Universidad Nacional de Cajamarca

"Norte de la Universidad Peruana"

Fundada por Ley 14015 del 13 de Febrero de 1962

FACULTAD DE INGENIERÍA

Teléf. N° 365976 Anexo N° 1129-1130



ACTA DE SUSTENTACIÓN PÚBLICA DE TESIS.

TITULO : *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IZAJE EN LA MINA ALBA 3 - DISTRITO DE CHALA, PROVINCIA DE CARAVELÍ - AREQUIPA.*

ASESOR : *M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.*

En la ciudad de Cajamarca, dando cumplimiento a lo dispuesto por el Oficio Múltiple N° 0618-2025-PUB-SA-FI-UNC, de fecha 19 de setiembre de 2025, de la Secretaría Académica de la Facultad de Ingeniería, a los **tres días del mes de octubre de 2025**, siendo las nueve horas (09:00 a.m.) en el Auditorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Geológica (Ambiente 4J - 210), se reunieron los Señores Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Vocal : Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Secretario : M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.

Para proceder a escuchar y evaluar la sustentación pública de la tesis titulada *PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE IZAJE EN LA MINA ALBA 3 - DISTRITO DE CHALA, PROVINCIA DE CARAVELÍ - AREQUIPA*, presentado por el Bachiller en Ingeniería de Minas *ANDY JOEL REYES LIZA*, asesorado por el M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca, para la obtención del Título Profesional

Los Señores Miembros del Jurado replicaron al sustentante debatieron entre sí en forma libre y reservada y lo evaluaron de la siguiente manera:

EVALUACIÓN PRIVADA : *03.00* PTS.
EVALUACIÓN PÚBLICA : *10.00* PTS.
EVALUACIÓN FINAL : *13.00* PTS. *TRECE* (En letras)

En consecuencia, se lo declara *APROBADO* con el calificativo de *TRECE* acto seguido, el presidente del jurado hizo saber el resultado de la sustentación, levantándose la presente a las *10.00 AM* horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el acto, para constancia se firmó por quintuplicado.

Dr. Ing. Segundo Reinaldo Rodríguez Cruzado.
Presidente

Dr. Ing. Alejandro Claudio Lagos Manrique.
Vocal

M.Cs. Ing. Roberto Severino Gonzales Yana.
Secretario

M.Cs. Ing. Víctor Ausberto Arapa Vilca.
Asesor

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su amor incomparable a todos nosotros y darme la oportunidad de conocer sus caminos y guiarme en toda etapa de mi vida.

Un agradecimiento extenso a la Universidad Nacional de Cajamarca mi alma mater por albergarme durante mi formación académica, a los Docentes de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Minas por aportar académicamente en mi formación profesional.

A mi Esposa y a mi Asesor, quienes con su conocimiento supieron guiarme para terminar esta investigación.

A.J.R.L.

DEDICATORIA

Dedico de todo corazón a toda mi familia (el viejo, la vaca, el cuervo, el soli, la negra y el wachin), por ser mi motivación y alentarme en todo tiempo.

A mi esposa y a Israel Esteban Reyes Rodriguez por llegar en este tiempo a mi vida.

Dios, gracias por darme esta gran familia.

“TUS TIEMPOS SON PERFECTOS”

A.J.R. L

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
AGRADECIMIENTO.....	i
DEDICATORIA	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
LISTA DE ABREVIATURAS.....	vii
LISTA DE TABLAS.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTENAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.2. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS.....	1
1.2.1. Objetivo General.....	1
1.2.2. Objetivo Específico.....	1
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	1
1.3.1. Justificación Teórica	1
1.3.2. Justificación Metodológica	2
1.3.3. Justificación Práctica	2

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES.....	3
2.1.1. Internacionales	3
2.1.2. Nacionales.....	4
2.2. BASES TEÓRICAS.....	5
2.2.1. Pique o Labor Inclinado.....	5

2.2.2. Extracción por Pique de Mina	6
2.2.3. Izaje.....	7
2.2.4. Sistema de Izaje.....	7
2.2.5. Cable de Acero	8
2.2.6. Parámetros Considerados para el Diseño de Izaje	11
2.2.7. Incremento de Producción.....	11
2.2.8. Winche.....	11
2.2.9. Sistemas y Normas de Seguridad de los Winches de Izaje.....	13
2.2.10. Equipos para Izaje.....	16
2.2.11. Almacenaje de Mineral “Ore Pocket”	16
2.2.12. Diseño de Ingeniería y Supervisión para Piques	17
2.2.13. Deformación.....	17
2.2.14. Esfuerzos Normales.....	21
2.2.15. Deformación Unitaria	21
2.2.16. Ley de Hooke	21
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	22

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO	25
3.1.1. Situación Legal Administrativa.....	25
3.1.2. Ubicación	27
3.1.3. Accesibilidad.....	28
3.2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	29
3.2.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación.....	29
3.2.2. Población de Estudio.....	29
3.2.3. Muestra	30
3.2.4. Unidad de Análisis.....	30
3.2.5. Definición de Variables	30
3.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN	30
3.3.1. Técnica	30
3.3.2. Instrumentos, Materiales y Equipos	31

3.4. Geología Local.....	32
3.4.1. Granodiorita y Tonalita (bc/t-gd, tn)	33
3.4.2. Diorita (Ks-bc/t-di).....	34
3.4.3. Formación Moquegua (Po-mo).....	36
3.4.4. Depósitos Cuaternarios Aluviales (Qh-al)	36
3.5. Estructuras Mineralizadas.....	37

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO	40
4.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LABOR INCLINADA.....	42
4.3. SECCIÓN DE LABOR INCLINADO	43
4.3.1. Justificación de la Ubicación de la Bocamina Basada en el Análisis	
Topográfico	45
4.4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE IZAJE	45
4.5. DISEÑO DEL INCLINADO Y COMPONENTES DE IZAJE.....	46
4.5.1. Dimensiones de Inclinado	46
4.5.2. Winche.....	46
4.5.3. Motor	46
4.5.4. Cable	46
4.5.5. Polea.....	47
4.5.6. Carro de Izaje Minero	47
4.5.7. Tambor de Enrollamiento del Winche	48
4.5.8. Rieles.....	49
4.6. PARÁMETROS DE IZAJE.....	49
4.7. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE LOS COMPONENTES DE IZAJE	50
4.7.1. Cálculo de la Carga Estática Para Izar	50
4.7.2. Peso de Carro Minero.....	50
4.7.3. Peso de Cable de Acero	51
4.7.4. Capacidad de Carga de Carro Minero	51

4.7.5. Tiempo de Izamiento	52
4.7.6. Potencia del Motor	52
4.7.7. Carga de Trabajo Recomendable	53
4.8. ANÁLISIS DE PARAMETROS DEL CABLE DE IZAJE	53
4.9. EVALUACION DE CAPACIDAD DE IZAJE CON UN CARRO MINERO.	54
4.10. EVALUACION DE CAPACIDAD DE IZAJE CON DOS CARROS MINEROS	56
4.11. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA DE IZAJE EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE CARROS Y LA ESPECIFICACIÓN DEL CABLE	57
4.12. CÓDIGO DE SEÑALES PARA LABOR INCLINADO	58
4.13. RESUMEN DE ANÁLISIS Y PROPUESTA DE INGENIERÍA FINAL	59
4.14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES	62
5.2. RECOMENDACIONES	63
5.3. REFERENCIA BIBLIOGRAFIA	64
5.4. ANEXOS	66

LISTA DE ABREVIATURAS

INGEMMET	:	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
WGS-84	:	Sistema Geodésico Mundial 1984
SIG	:	Sistema de Información Geográfica
UTM	:	Sistema de Coordenadas Universal Transversal Mercator
LITO	:	Litología
PEND	:	Pendiente
DC	:	Depósitos Cuaternarios
INS	:	Intrusivas – Subvolcánicas
V	:	Voltios
HP	:	Caballos de Fuerza
Tn	:	Tonelada
AC	:	Corriente Alterna
FS	:	Factor de Seguridad

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Coordenadas de la zona de estudio.	28
Tabla 2: Accesibilidad a la zona de estudio.	28
Tabla 3. Características generales de la labor inclinada.	42
Tabla 4: Sección de labor inclinado.....	44
Tabla 5: Especificaciones técnicas del carro minero U 35.....	48
Tabla 6: Análisis del diámetro de cable de acero de 19.05mm.	54
Tabla 7: Deformación total del cable.	54
Tabla 8: Operación inicial (1 carro, 130m, cable FC de ¾”) – 20.643Tn.....	58
Tabla 9: Operación a plena capacidad (2 carro, 230m, cable IWRC de ¾”) – 26.110Tn.	58
Tabla 10: Análisis Comparativo de Escenarios y Propuesta de Diseño Final.	60

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Instalación y acondicionamiento de castillo de izaje.....	6
Figura 2: Composición de cable de acero.	9
Figura 3: Límite de elasticidad.	18
Figura 4: Límite de aguante o fatiga del cable.	18
Figura 5: Carga de trabajo recomendable.....	19
Figura 6: Tipos de esfuerzos.....	20
Figura 7: Concesión minera Alba colindado por concesiones administrativa y vigentes.....	26
Figura 8: Ubicación de la zona de estudio respecto a la región Arequipa.	27
Figura 9: Formaciones geológicas en el entorno del área de estudio.	32
Figura 10: Contacto entre granodioritas con dioritas al norte de la zona de estudio, en el C° Tuntunya.....	33
Figura 11: Ganodiorita compuesto por minerales de cuarzo, plagioclasas Sódicas, Biotíta y Hornblenda.	34
Figura 12: Tonalita conformado gran cantidad de minerales de plagioclasa, escaso cuarzo, biotitas y hornblendas de color negro.	34
Figura 13: Contacto entre las rocas ígneas y granodiorita.....	35
Figura 14: Diorita constituida por minerales de plagioclasa, biotita, Hornblenda feldespato potásico.....	35
Figura 15: Formación Moquegua cerca de las colinas en el entorno del área de estudio.....	36
Figura 16: Depósitos cuaternarios aluviales al noreste del área de estudio.....	37
Figura 17: Contacto de dioritas con granodiorita/tonalitas.	37
Figura 18: Muestra de veta dora.....	38

Figura 19: Perfil topográfico del área de estudio, se muestra el perfil topográfico A - A'.....	41
Figura 20: Vista frontal de propuesta de pique inclinado.	43
Figura 21: Sección de labor inclinada.	44
Figura 22: Componentes principales del sistema de izaje.	45
Figura 23: Sección transversal de las instalaciones donde transitarán el carro minero.	47
Figura 24: Diseño de instalación de rieles con los durmientes.	49
Figura 25: Diagrama de cuerpo libre.	50

RESUMEN

El agotamiento de reservas superficiales en distritos mineros como Chala exige el desarrollo de labores subterráneas para acceder a la mineralización en profundidad. Sin embargo, para proyectos de pequeña escala como la Mina Alba 3, la inversión en sistemas de extracción mecanizados debe ser rigurosamente justificada. La presente tesis propone un diseño conceptual de ingeniería para el sistema de izaje que habilite la explotación subterránea en dicho proyecto. Para ello, se emplea una metodología de análisis comparativo de escenarios. Primero, se modela un escenario base artesanal (1 carro, 130m, cable FC), concluyendo que, si bien sería seguro para una fase inicial ($FS = 8.35$), resulta técnicamente insuficiente e inseguro ($FS = 4.21$) para la operación a plena capacidad (2 carros, 230m) que requiere la profundización. Esta insuficiencia valida la propuesta de ingeniería final, cuyos componentes se dimensionan detalladamente. Se determina la necesidad de un cable de acero de 3/4" con alma de acero (IWRC) y un winche con una potencia de 116 HP (125 HP comercial). Los cálculos demuestran que este sistema, para una carga de diseño de 4.9 toneladas, opera con un Factor de Seguridad de 5.29, cumpliendo la normativa. El trabajo concluye que la propuesta es técnicamente viable, estableciendo una base de ingeniería sólida para la siguiente etapa de factibilidad del proyecto.

Palabras clave: Izaje, Cable de Acero, Pique Inclinado, Factor de Seguridad, Diseño Conceptual.

ABSTRACT

The depletion of near-surface reserves in mining districts such as Chala necessitates the development of underground workings to access mineralization at depth. However, for small-scale projects like the Alba 3 Mine, the investment in mechanized hoisting systems must be rigorously justified. This thesis proposes a conceptual engineering design for the hoisting system to enable underground exploitation at said project. To achieve this, a comparative scenario analysis methodology is employed. First, a baseline artisanal scenario is modeled (1 mine car, 130m haulage, FC cable), concluding that while it would be safe for a limited initial phase (SF = 8.35), it proves to be technically insufficient and unsafe (SF = 4.21) for the full-capacity operation (2 mine cars, 230m haulage) required for deepening the mine. This insufficiency validates the final engineering proposal, whose components are dimensioned in detail. The design determines the need for a 3/4" steel cable with an Independent Wire Rope Core (IWRC) and a winch with a power of 116 HP (125 HP commercial rating). Calculations demonstrate that this system, for a design load of 4.9 tons, operates with a Safety Factor of 5.29, thus complying with regulations. The work concludes that the proposal is technically feasible, establishing a solid engineering foundation for the project to advance to the next feasibility study stage.

Keywords: Hoisting, Steel Cable, Inclined Shaft, Safety Factor, Conceptual Design.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. PLANTENAMIENTO DEL PROBLEMA

La investigación formula la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los parámetros de diseño y los componentes requeridos para un sistema de izaje que permita una extracción segura y eficiente en la producción de la mina Alba 3, en el distrito de Chala, provincia de Caravelí – Arequipa?

1.2. FORMULACIÓN DE OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Proponer un diseño conceptual de ingeniería para el sistema de izaje que habilite la explotación subterránea en la Mina Alba 3, distrito de Chala, provincia de Caravelí – Arequipa.

1.2.2. Objetivo Específico

- Caracterizar el sistema de extracción y los componentes del sistema de izaje.
- Realizar los cálculos del sistema de izaje.

1.3. JUSTIFICACIÓN

1.3.1. Justificación Teórica

La presente investigación se justifica teóricamente porque aplica y valida principios fundamentales de la ingeniería de minas, la mecánica de materiales y la geología estructural en un caso de estudio específico. El trabajo sirve como un compendio práctico de la teoría

de diseño de sistemas de izaje, integrando conceptos como el Factor de Seguridad, la resistencia de materiales (cables de acero), y la dinámica de cargas en un pique inclinado. Aporta al cuerpo de conocimiento al demostrar cómo estos principios teóricos se traducen en un diseño de ingeniería funcional y seguro, sirviendo como un documento de referencia para proyectos de características similares.

1.3.2. Justificación Metodológica

Metodológicamente, el estudio se justifica por el desarrollo de un procedimiento de diseño por escenarios comparativos, una herramienta eficaz para la toma de decisiones en etapas tempranas de un proyecto minero. Al modelar un escenario base artesanal y demostrar su insuficiencia técnica para la profundización, se valida de manera rigurosa la necesidad de una solución de ingeniería de mayor capacidad. Esta metodología proporciona un marco lógico y sistemático para justificar inversiones en proyectos de pequeña y mediana minería, pasando de una evaluación puramente cualitativa a una cuantificación de los requerimientos de seguridad y producción.

1.3.3. Justificación Práctica

Desde una perspectiva práctica, esta tesis tiene una justificación directa e inmediata: proporciona a los inversionistas de la Mina Alba 3 una hoja de ruta técnica y viable para la explotación de sus reservas. El diseño conceptual propuesto, con especificaciones claras para el winche, el cable y su capacidad operativa, es el primer paso indispensable para la elaboración de un estudio de factibilidad económica. Al dimensionar un sistema seguro (FS = 5) y productivo, este trabajo habilita el potencial económico del yacimiento, que de otra manera sería inaccesible o se explotaría de forma ineficiente y peligrosa mediante métodos puramente artesanales. En resumen, la justificación práctica es que esta tesis transforma un prospecto geológico en un proyecto de ingeniería con potencial de convertirse en una operación minera rentable y segura.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. Internacionales

Mejía y Navarro (2021), en la tesis denominada Diseño y prefactibilidad de un pique en la Concesión Minera San Sebastián II, Azuay. determino la planificación y diseño de un pique vertical que conecte los niveles 0 y 5, enfocándose en el estudio de su prefactibilidad y el diseño técnico- económico, presentando la posibilidad de una ampliación futura Para el planteamiento del franqueo del pique se estudió la calidad de la roca, por lo que se proyectó ejecutar una perforación ascendente con la ayuda de la jaula trepadora Alimak. Sobre la base de la información obtenida y los datos calculados, se analizó las variables que intervinieron directamente en los costos de construcción del pique, entre ellos: mano de obra, maquinaria, perforación, voladura y fortificación.

Cuenca y Guzmán (2022), en su tesis denominado Diseño de excavación en la mina “el pique”, mediante profundización inclinada, ubicado en el barrio el Tablón, Cantón Portovelo, operado por la Compañía Oroconcent S.A. El propósito del proyecto técnico era diseñar la profundización de la mina. Utilizando parámetros geológicos del área y la caracterización geométrica fueron fundamentales para el diseño de la labor inclinada. En el estudio se consideró la inversión, materiales, el área de extracción y la pendiente. El diseño de excavación considera ciclos operativos y dependiendo del análisis de costos. El área geológica corresponde a la unidad de Portovelo. Los diversos ciclos operativos se crearon en relación con el análisis de costos directos e indirectos y la creación de tres ciclos: perforación y voladura; Levantamiento de transporte y material; y ventilación y alcantarillado. Se determinó el valor del medidor anterior a \$ 665.86.

Andrade C. (2014), en su tesis denominado Diseño de excavación para profundizar el “pique de fierro” ubicado en el área “Ciruelo Unificado” operado por la compañía MINESADCO S.A. El proyecto ubicado en la región Suroccidental del Ecuador en el cantón Portovelo, Provincia de El Oro. Con el Pique El Fierro se solucionó la parte operativa y estratégica de la empresa profundizando desde la cota 508 m.s.n.m. (Nivel 5) hasta la cota 228 m.s.n.m. con el propósito de interceptor vetas en profundidad y que estas garanticen la secuencia de extracción minera de la empresa MINESADCO.

2.1.2. Nacionales

Jayo (2008), en la tesis denominado Proyecto de profundización del pique inclinado Mina Limpe Centro tercera etapa Unidad Minera Iscaycruz, refiere a la profundización de la explotación debajo del Nivel 27 de la Unidad Limpe Centro de la Mina Imaycruz, mediante la prolongación del pique inclinado hasta el nivel 32, obteniéndose bajar 100 m. verticales para producir 1200 TMD. para cuya extracción luego de un análisis de los aspectos técnicos y económicos se optó por la profundización mediante la prolongación del inclinado actual del Nivel 27 al Nivel 32, donde opera un Skip de 9.0 TM de capacidad.

Del Pino (1998), en su investigación: Profundización del Pique 801 Mina Mercedes S. A. concluye el izaje en la Mina Mercedes trabaja en tres (3) turnos/día, de los cuales dos turnos son el izaje del mineral y un turno para la profundización del pique, de esta manera no se detiene la operación en la mina y que la sección de un pique varía según las características geomecánicas de la roca, uso que se va a dar el pique, disponibilidad de explotación de la mina, volumen que se va a transportar en ella tanto de materiales para la explotación, ventilación, tipo de sostenimiento del pique, para el caso de mina mercedes la sección es de 2.5 m x 3 m.

Ramos (2020), en su tesis Optimización de la extracción de mineral con winche de izaje, para incrementar la producción en la Mina Challhuamayo de la Corporación Minera Santa teresa. EIRL. Ituata. Concluye que con la implementación de un winche de izaje con el cual se incrementa la producción con la implementación del winche de izaje y su comparación con el anterior método de extracción manual con el cual se producía 6.03 TM/guardia y posterior a esta instalación del winche de izaje se logró producir 22.68 TM/Guardia.

Arias (2013), En la investigación: Planeamiento y Diseño del Sistema de Extracción del Proyecto de Profundización de la U.O San Braulio Uno, concluye que a raíz del agotamiento de las reservas actuales de la mina y con el objetivo de extraer en el menor tiempo posible el mineral de los bloques generados entre el Nv.3880 y Nv.3950 de las cuatro vetas principales, es decir, Magaly, Verónica, Daniela y Carol, sumado a la imposibilidad de poder ejecutar laboreos subterráneos desde el mismo Nv.3880 debido a las demoras en acuerdos con la comunidad, surge la necesidad de realizar un pique inclinado desde el nivel 3950 hacia el nivel 3880.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. Pique o Labor Inclinado

De la Cruz C. (2000), los piques inclinados también se denominan labores inclinados, son labores verticales o inclinados que sirven de comunicación entre la mina subterránea y la superficie exterior con la finalidad de subir o bajar al personal, material, equipos y el mineral. Dentro de la estructura del pique el sistema que cumple efectivamente la función de descender y ascender los materiales este formado por cinco elementos con sus respectivos accesorios y son:

- Winche o tambora o aparatos de enrollamiento,
- Cable,
- Polea,
- Jaula y/o balde (Skips) y
- Torre o Castillo.



Figura 1: Instalación y acondicionamiento de castillo de izaje. (CASTILLO, 2010)

2.2.2. Extracción por Pique de Mina

Grimaldo (2006), es un método de extracción que iza el mineral a través de un pique, la carga se deposita en los carros mineros y este es izado por medio de un winche. En la parte superior, tiene un sistema de descarga hacia una tolva de almacenamiento de mineral.

Si el acceso a un yacimiento ha sido practicado por medio de un poso vertical o inclinado, esos pozos son equipados con instalaciones de extracción destinadas al descenso y subida del personal, equipos, materiales, como asimismo a la extracción del mineral y ganga. Esas instalaciones se dividen en las de extracción por jaulas y por skips (vasijas de extracción).

De la Cruz (2000), las instalaciones con jaulas pueden cumplir todas las funciones de extracción mencionadas, en tanto que las de skips sirven solo para la extracción de mineral o de ganga.

Borisoy (2012), la máquina de extracción es equipada con un indicador de profundidad que señala al maquinista la posición de las vasijas de extracción en el poso; con un tacógrafo, es decir, un indicador auto registrador de la velocidad de movimiento de aquella y con otros dispositivos que garanticen la seguridad de la extracción. Los tambores de las máquinas de extracción suelen ser cilindros o cónicos. El diámetro del tambor debe ser, cuanto menos, 80 veces mayor que el de cable enrollado. (Borisov, 2012).

Factores para su construcción

Para la construcción de una labor inclinada se tiene que considerar situaciones que justifican técnica y operativamente su ejecución, para dicho propósito se mencionan los siguientes:

- Necesidades de extracción de mineral.
- Reducción de los costos de producción.
- Profundización de los niveles de extracción.

2.2.3. Izaje

Llanque (2008), el izaje minero consiste en el transporte de mineral, relleno, materiales, maquinaria personal, etc. Por una chimenea, inclinado, pique o pozo; para lo cual es necesario usar recipientes, estructuras, instalaciones maquinarias energía, cable, personal normas de seguridad. La extracción de material sea desmonte o mineral se realiza con skips de carga y descarga automático, hay tres factores importantes son considerados para emplear el transporte por el sistema de izaje.

- Tasas de producción a ser izado por unidad de tiempo.
- Profundidad del pique o inclinado.
- Numero de niveles de producción.

2.2.4. Sistema de Izaje

Cuando el yacimiento mineral continua en profundidad se realizan estudios a fin de realizar la explotación de zonas más profundas, los sistemas de izaje y sus equipos asociados se irán haciendo cada vez más sofisticado, complejos, elevados costos de extracción de mineral y desmonte.

De la Cruz (2000), los Sistema de izaje a través de las labores inclinadas de una mina, tiene semejanza a los ascensores de los edificios. Los piques son labores verticales que sirven de comunicación entre la mina subterránea y la superficie exterior con la finalidad de subir o bajar al personal, material, equipos y el mineral. Dentro de la estructura del pique el propósito es cumplir efectivamente la función de bajar y subir los materiales y minerales los cuales están formados por cinco elementos con sus respectivos. accesorios y son: Winche o tambora o aparatos de enrollamiento, Cable, Polea, Jaula y/o carro minero y/o balde (Skips), Torre o Castillo.

Componentes de un sistema de izaje

Dependiendo de las dimensiones y necesidades, un winche de izaje tiene los componentes:

- Tambor o tambora (una o dos)

Son cilindros metálicos donde se enrolla el cable. Podríamos hablar del enrollado activo que es el cable que verdaderamente trabaja y el enrollado de reserva para los cortes reglamentarios que dispone la ley de seguridad y para reducir el esfuerzo ejercido por el cable, a la unión con el tambor.

- Motor

Es el propulsor de la acción mecánica, es el que realiza el trabajo de izaje. Las características del motor se eligen de acuerdo con el requerimiento y la capacidad de la carga que se quiere izar y a las dimensiones y modelo del pique

- Sistema de seguridad: lilly control, frenos

Es el dispositivo encargado de regular la velocidad, este actúa en caso de una súbita aceleración o desaceleración de la velocidad, ocasionado por una posible falla mecánica, el Lilly control, acciona el dispositivo de emergencia del sistema de izaje.

- Palanca de control

Son los dispositivos de control y manejo del Winche. Estos deben ser manipulados sólo por el operador o maquinista autorizado.

2.2.5. Cable de Acero

Acero S.A (1994), el cable de acero es un conjunto de elementos que transmiten fuerzas, movimientos y energía entre dos puntos, de una manera predeterminada para lograr un fin deseado. El conocimiento pleno del potencial de uso de un cable de acero es esencial para

elegir el más adecuado para una faena o equipo, tomando en cuenta la gran cantidad de tipos de cables disponibles.

Ingeniería & Proyectos (2013), el cable de acero es un conjunto de alambres arrollados helicoidalmente sobre un centro llamado alma.

Los tipos de Cable pueden ser de acuerdo con su torcido:

- Regular: Los alambres del torón, están torcidos en dirección opuesta a la dirección de los torones del cable.
- Tipo Lang: Los torones en un cable tipo Lang, están torcidos en la misma dirección (lang derecho o lang izquierdo).

Acero S.A (1994), los cables con torcido lang son ligeramente más flexibles y muy resistentes a la abrasión y fatiga, pero tiene el inconveniente de tener tendencia a destorcerse por lo que únicamente deberán utilizarse en aquellas aplicaciones en que ambos extremos del cable están fijos y no le permitan girar sobre sí mismo.

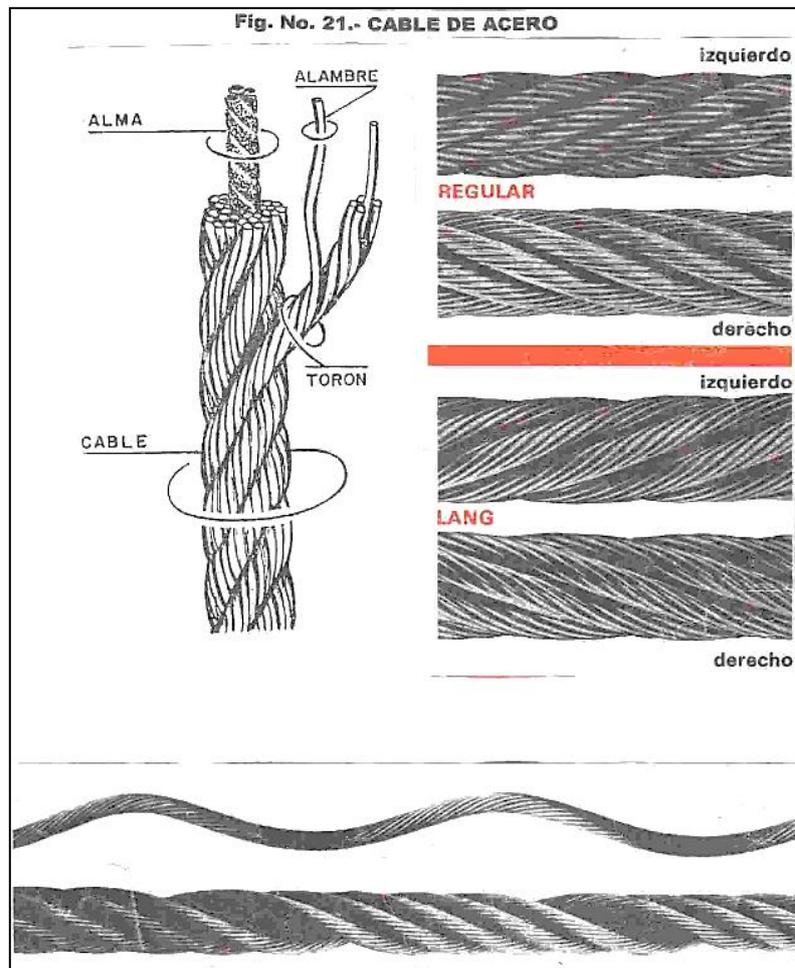


Figura 2: Composición de cable de acero. (COMPUMET, 2012)

Prodinsa Ingeniería & Proyectos (2013), el conocimiento pleno del inherente potencial y uso de un cable de acero es esencial para elegir el cable más adecuado para un trabajo u operación o en diversos equipos, teniendo en cuenta la diversidad y cantidad de cables disponibles en el mercado. Cada tipo de cable de acero contiene variables y formas de construcción, así como del diámetro, grado de alambre (1 770, 1 960, 2 160, entre otros), su dirección o sentido del cable (Regular Derecho o Izquierdo y Lang Derecho o Izquierdo), así como de la lubricación, tipo de alma u eje central, del acabado (negro o galvanizado), entre otros factores que inciden en su fabricación.

Prodinsa Ingeniería & Proyectos (2013), el entendimiento completo de las características de un cable de acero es esencial, involucra un conocimiento profundo de las condiciones de trabajo, factores de carga y resistencias del cable, así como del cuidado para su manipulación con las personas, ya que, por ser un cable de acero, este ya cuenta con energía absorbida en su fabricación, por tal razón, el cable cuenta con vida o energía inactiva la que puede ser peligroso en su manipulación.

Las partes del cable de acero son:

- **Alambre:** Es el componente básico del cable de acero, el cual es fabricado en diversas calidades, Según el uso al que se destine el cable final.
- **Torón:** Está formado por un número de alambres de acuerdo con su construcción, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un centro, en una o varias capas.
- **Alma:** Es el eje central del cable donde se enrollan los torones. Esta alma puede ser de acero, fibras naturales o de polipropileno.
- **Cable:** Es el producto final que está formado por varios torones, que son enrollados helicoidalmente alrededor de un alma.

Dependiendo del tipo de izaje en los winches; ya sea por fricción o enrollamiento; los cables de izaje pueden ser fabricados de aluminio o de alambre de acero; los mismos que, son colocados ordenadamente para desempeñar el trabajo de izar los skip o las jaulas. Para formar cables, se arrolla un gran número de hilos de aluminio o acero de alta resistencia (entre 130 y 180 kg/mm²). Estos hilos se disponen en cordones y torones, según sea el caso. De acuerdo con el D.S. 024 – 2016 – EM señalando el Art. 301 indica que para todo trabajo de izaje en labores mineras donde se emplea cable de acero, debe tomarse en cuenta que el factor de seguridad debe ser 5.

2.2.6. Parámetros Considerados para el Diseño de Izaje

La información necesaria para diseñar el sistema de izaje en una operación se puede resumir como:

- Plano preliminar de izaje.
- Inclinação del pique o inclinado.
- Peso neto de la carga.
- Peso del skip, jaulas y carros.
- Peso y tamaño del cable.
- Distancia de izaje.
- Dimensiones del tambor.
- Peso efectivo del tambor, engranaje y poleas
- Velocidad de izaje.
- Producción requerida.
- Tiempo de carga y descarga.
- Periodo de aceleración y desaceleración.
- La mina, debe tener buenas vías de acceso y espacio libre para favorecer el trabajo.

Óscar E. Llanque M. (2008), aunque muchos de estos parámetros son obvios, el ingeniero deberá determinar, si empleara un sistema de izaje con winche de tambora o sistema koepe.

2.2.7. Incremento de Producción

Llanque (1999), la productividad en minería es sinónimo de mecanización, reemplazando la labor manual con máquinas sofisticadas. En las últimas décadas los métodos de minado subterráneo han introducido maquinas modernas de mayor capacidad y tamaño los empleos de estos equipos han incrementado la producción. La producción mecanización permite alcanzar un mayor nivel de producción.

2.2.8. Winche

Un winche minero es un equipo utilizado en la minería para levantar, bajar o mover materiales (como mineral, equipos o herramientas) dentro de las minas subterráneas o en

zonas de difícil acceso. Funciona mediante un sistema de cable o cuerda de acero enrollado en un tambor, que permite el izaje o desplazamiento de cargas pesadas de forma controlada.

Componentes principales del winche minero:

- **Tambor de enrollamiento:** Es donde se enrolla el cable o cuerda de acero. El tambor se mueve para enrollar o desenrollar el cable, lo que permite levantar o bajar la carga.
- **Motor:** El motor (que puede ser eléctrico o diésel, dependiendo del tipo de winche) proporciona la potencia necesaria para hacer girar el tambor y mover el cable.
- **Cable o cuerda de acero:** Es el elemento fundamental para el izaje o el transporte. El cable está diseñado para soportar grandes cargas de peso y resistir el desgaste en condiciones subterráneas.
- **Sistema de control:** Los winches mineros suelen contar con controles que permiten manejar la velocidad, la dirección de movimiento y el control de la carga, lo que aumenta la seguridad y eficiencia de las operaciones.

Funciones del winche minero:

- **Izaje de materiales:** El winche es empleado para levantar mineral extraído desde los niveles más profundos de la mina hacia la superficie o para transportarlo a través de las galerías subterráneas.
- **Transporte de equipos y herramientas:** También se utiliza para el transporte de equipos pesados, materiales de construcción y herramientas necesarias para las operaciones mineras.
- **Transporte de personas:** En algunos casos, se puede usar para el traslado de personas, especialmente en minas con elevadas pendientes o en situaciones de emergencia.
- **Ventilación:** Algunos winches también están involucrados en los sistemas de ventilación de las minas, ya que pueden ayudar a mover el aire a través de las galerías o incluso a través de grandes pozos.

Tipos de winche

Howard (1992), hoy en día hay dos tipos básicos de izaje disponibles en cualquier parte del mundo; el izaje con winche de tambora, el cual enrolla el cable a la tambora, y el sistema koepe o de fricción en donde simplemente el cable pasa sobre la rueda durante el proceso de izaje. El izaje por tambor y fricción son dos términos genéricos que describen las dos categorías básicas, pudiendo haber variaciones dentro de cada categoría. Las aplicaciones en sistema de izaje con winche de tambora, fricción o koepe se resumen en las partes principales del sistema de izaje. En las cuales son: winche, cable de izaje, polea, tornapunta, castillo de izaje, skip o jaula, pique, tolva de carga de material.

Existen dos sistemas básicos de izaje: el de Izaje con winches de tambora, en el cual el cable es enrollado o desenrollado en la tambora durante el izaje, y el de izaje con winches de fricción (“Koepe”), en el cual el cable pasa sobre la polea o tambora de fricción durante el izaje. Winche de Tambora Varios winches de tamboras son disponibles para diferentes necesidades.

El más simple de los sistemas de este tipo es del winche de una sola tambora. Como un winche de servicio o producción, con jaula o skip en balancín con un contrapeso; un winche de una sola tambora puede servir eficientemente en uno o más niveles. Winche de doble tambora con una tambora embragada, puede usarse como un winche de servicio con jaula y contrapeso para servir varios niveles eficientemente. Para el diseño del sistema de izaje se ha seleccionado, un winche de doble tambora para cubrir con las necesidades de producción requeridas.

2.2.9. Sistemas y Normas de Seguridad de los Winches de Izaje

La inspección de equipos, componentes y accesorios es esencial para asegurar que el sistema de izaje se encuentre en buenas condiciones de operación y funcionamiento, lo cual corresponde realizar lo siguiente:

- Los titulares serán responsables del mantenimiento, así como de las inspecciones periódicas a la que deben estar sujetos los sistemas de izaje.

- Las inspecciones al sistema de izaje, deben ser realizadas por personal competente, a fin de mantenerlos en condiciones seguras de trabajo; y mostrar en lugar visible, la constancia de dichas inspecciones.
- El supervisor responsable del área de trabajo es quien autoriza el uso del equipo de izaje sólo al personal calificado y certificado por terceros.
- La capacitación, entrenamiento y certificación al personal, únicamente lo debe hacer una empresa de servicios de entrenamiento y capacitación, calificada y certificada, en armonía con la modificación del Reglamento de Seguridad e Higiene Minera.
- La construcción, operación y mantenimiento de todos los equipos y accesorios deben estar de acuerdo con las normas técnicas establecidas por los fabricantes.
- Cada equipo de izaje y accesorios debe tener claramente indicado la capacidad máxima y una tabla de ángulos de izaje; la misma que debe ser pegada en un lugar adecuado y fácilmente visible para el operador.

Para asegurar el uso correcto del sistema de izaje, se requiere la capacitación del personal. Cualquier trabajo con movimientos de carga en altura, debe señalizarse en los niveles inferiores con avisos o barreras advirtiendo la probabilidad de caídas de objetos, las cuales son:

- Durante las operaciones de izaje con winches, sólo debe usarse señales estándares; ya sea de sonido, de iluminación o micrófono-intercomunicador.
- Al comenzar el levante, la persona responsable de las señales o timbrero, debe estar adecuadamente identificada y coordinar con el winchero cualquier tipo de movimiento.
- La única excepción a la regla es una “señal de emergencia” para detener la marcha; esta señal, puede ser ejecutada por otra persona que no sea el señalero o timbrero.
- El equipo de izaje debe ser usado para el propósito diseñado.
- No debe exceder la capacidad de carga.
- Debe brindarse acceso seguro, libre, ordenado y limpio a las estaciones de izaje.

Los equipos de izaje motorizados deben estar provistos de interruptores-límites de seguridad, tanto para la acción de traslado como de levante máximo; así como limitadores de velocidad, ruptura de cable (leonas), etc.

En todo equipo de izaje accionado eléctricamente, se debe asegurar que los conductores no sean atrapados por efectos de la acción de izaje. El sistema debe poseer todas las protecciones del caso, incluyendo la conexión a tierra, asimismo lo siguiente:

- El número de hilos rotos en el tramo de (2) dos metros del cable, no debe exceder del diez por ciento (10%) de la cantidad total de hilos; de darse el caso, dicho cable, deberá ser retirado y reemplazado inmediatamente por otro nuevo.
- El cable deberá ser reemplazado también, cuando ha sufrido dobleces o presenta cocadas.
- En el caso de tambores de enrollado de cables, se debe asegurar que, permanezcan en el tambor por lo menos tres vueltas del referido cable.
- El pique (infraestructura principal del Winche), debe estar ubicado según diseño y Planos; y debe tener acceso con los niveles principales para el transporte de personal, herramientas, materiales, explosivos, mineral y desmonte.

El Winche jalará uno o dos jaulas de transporte de personal, pero cuando se trate de acarreo del mineral, nunca se debe transportar personal. Las horas de izaje de mineral o desmonte, deben ser independientes de las horas de izaje de personal. Tampoco está permitido llevar personal en los baldes de mineral ni en los skips, tener en cuenta lo siguiente:

- La operación del Winche requiere de alta responsabilidad y mucha personalidad en la coordinación y el cumplimiento de las órdenes. La comunicación entre el timbrero y el winchero debe ser clara y precisa, en cumplimiento del estándar, procedimiento y prácticas del sistema de izaje.
- Diariamente o cuando el sistema a dejado de funcionar por una hora o más, se debe hacer un chequeo general denominado “Prueba en Vacío”; y verificar el funcionamiento del tablero de control, las luces que indiquen algún desperfecto en el sistema de izaje; y fundamentalmente asegurarse de que el Pique y las Guías, estén libres de obstrucciones, presencia de cuerpos extraños y otros motivos que induzcan a un posible accidente.
- Semanalmente debe realizarse la limpieza, engrase, chequeo del estado del cable de un compartimiento del Pique y el respectivo mantenimiento a los componentes de todo el sistema de izaje.

- Respetar el manual de funciones, el código de señales y el código de colores.

2.2.10. Equipos para Izaje

Guerrero (2012), grúas, camión grúas, side booms, winches, puente grúas, montacargas, manlift o camión canasta, camiones plumos, piloteadoras, elevador de tijeras, malacates, pescantes, Torre grúas. (Guerrero, 2012).

2.2.11. Almacenaje de Mineral “Ore Pocket”

Se debe contar con una capacidad adicional a la requerida por la producción normal de mina. La extracción del mineral producido normal se efectúa mediante piques, inclinados y/o galerías principales de extracción. La preparación de estas labores debe ser rápida, aunque esto implique elevar los costos, porque estos tiempos perturban el ciclo de minado, y el sistema de extracción por múltiples vías debe funcionar intermitentemente. El tamaño correcto del pocket depende de la manera como se efectúa el izaje del mineral.

Llanque M. Óscar E. (1999), ejemplo: El superintendente de una mina decidió probar 20 turnos por semana, pero para dos turnos por día. En la mina se producen 4535t/día, entre la medianoche del viernes y las 7 am del lunes, se desea calcular el tamaño mínimo, del ore pocket.

Solución:

Usando la siguiente ecuación se puede calcular:

$$C = (S_m/S_n) * \text{sond} * TM$$

C : Capacidad necesaria (TM)

S_m : Numero de turnos por semana que opera la mina.

S_n : Numero de turnos por semana que se izan.

Sond : Numero de turnos que la mina ha parado.

TM : Numero De turnos de tonelada producidos por turno.

Entonces la capacidad puede ser calculada como sigue:

$$C = (10/20) * 6 * 1\ 267) = 3\ 801\ TM$$

En este ejemplo, el almacenaje calculado es 150% mayor que la capacidad diaria de la mina.

2.2.12. Diseño de Ingeniería y Supervisión para Piques

Especialistas en ingeniería y diseño para sistemas de izaje de Shepherd Mining asesoran en la evaluación y factibilidad para su proyecto de profundización de sistemas de izaje (piques), para un proyecto técnicamente viable y económico. Shepherd Mining también realiza evaluaciones a sistemas ya existentes para optimizar la extracción de su mineral y obtener mayor producción. Algunos de los proyectos manejados son Ingeniería y Diseño para el pique en Uchucchacua Buenaventura y Milpo, Diseño de mina y piques en Orcopampa, Julcani, Uchucchacua, Iscaycruz, Raura, Yauli, Chungar, Huaron, y Minsur (Miningcorp S.A.).

2.2.13. Deformación

Es el cambio relativo en las dimensiones de un cuerpo como resultado de la acción de agentes deformadores. La deformación puede ser elástica o plástica, se menciona cada resultado por cambio relativo los cuales son:

- **Deformación plástica**

Se trataron las deformaciones plásticas que ocurren en elementos estructurales hechos de un material dúctil cuando los esfuerzos en alguna parte del elemento exceden la resistencia a la cedencia del material.

- **Deformación elástica**

Es una propiedad que tienen los materiales en su comportamiento estructural, se manifiesta mediante cambios en sus dimensiones al ser sometidos a efectos deformadores, de tal modo que al desaparecer éstos, el material recupera completamente sus dimensiones iniciales.

- **Límite de elasticidad**

Todo cable sometido a un esfuerzo de tracción sufre un alargamiento. Dentro de ciertos límites el acero es elástico y al soportar una carga se deforma ligeramente volviendo a su longitud original al quitar este esfuerzo, esto es normal hasta un punto llamado «Límite de Elasticidad», que es aproximadamente el 67% de la resistencia o esfuerzo de ruptura del acero.

Cualquier esfuerzo más allá de este límite hará que el acero se deforme permanentemente, no pudiendo recuperar su longitud original. En este caso la resistencia de los alambres se debilita.



Figura 3: Límite de elasticidad.

- Límite de aguante o fatiga

El límite de aguante o fatiga corresponde aproximadamente al 50% de la resistencia a la ruptura. Si un cable es sometido a repetidos tirones más allá del límite de aguante, la vida útil del cable se acortará, aun cuando no se haya sobrepasado el límite de elasticidad o el esfuerzo de ruptura.

Cabe resaltar que, los cables deben ser sometidos sólo a esfuerzos que estén dentro de la «carga de trabajo recomendable».

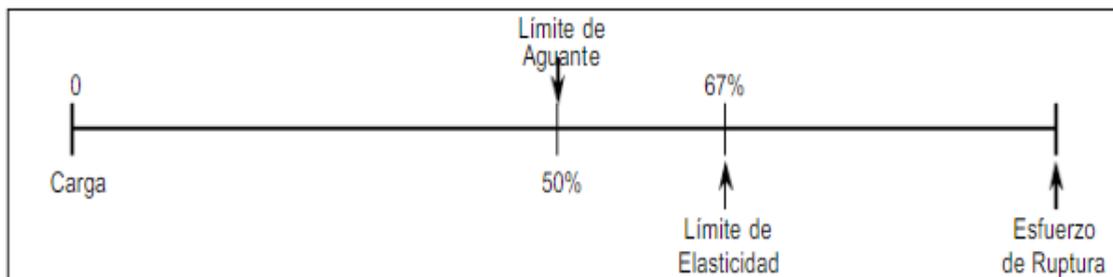


Figura 4: Límite de aguante o fatiga del cable.

- Carga de trabajo recomendable

La carga de trabajo recomendable se estableció para permitir esfuerzos (sobrecargas) que estén entre la carga normal y el límite de aguante que no deberá ser mayor a un 20% de carga de ruptura.

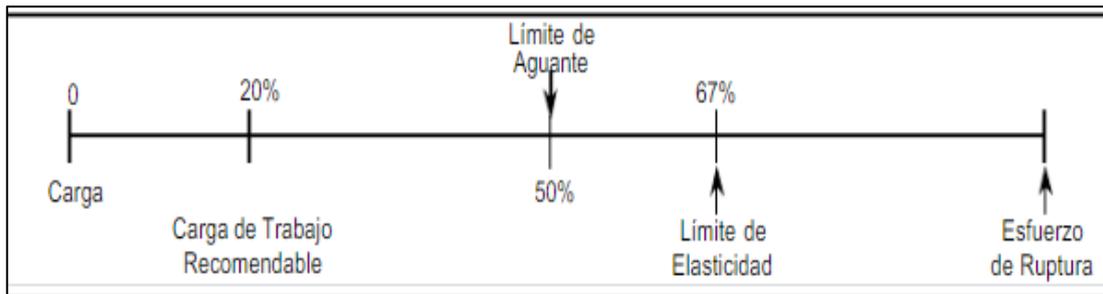


Figura 5: Carga de trabajo recomendable.

- Esfuerzo

Los cuerpos sólidos responden de distinta forma cuando se los somete a fuerzas externas. El tipo de respuesta del material dependerá de la forma en que se aplica dicha fuerza (tracción, compresión, corte o cizalladura, flexión y torsión).

Independientemente de la forma en que se aplica la fuerza, el comportamiento mecánico del material se describe mediante tres tipos de esfuerzos: tracción, compresión y corte.

- Normal (axial)

La carga es perpendicular a la sección transversal del material:

- Tensión: los extremos del material son estirados hacia afuera para alargar al objeto, la carga es conocida como fuerza de tensión.
- Compresión: Los extremos del material son empujados para hacer al material más pequeño, la carga es llamada una fuerza de compresión.

- Esfuerzo cortante

El esfuerzo cortante es usado en aquellos casos donde se aplican fuerzas puramente torsionantes a un objeto y se denota por el símbolo t .

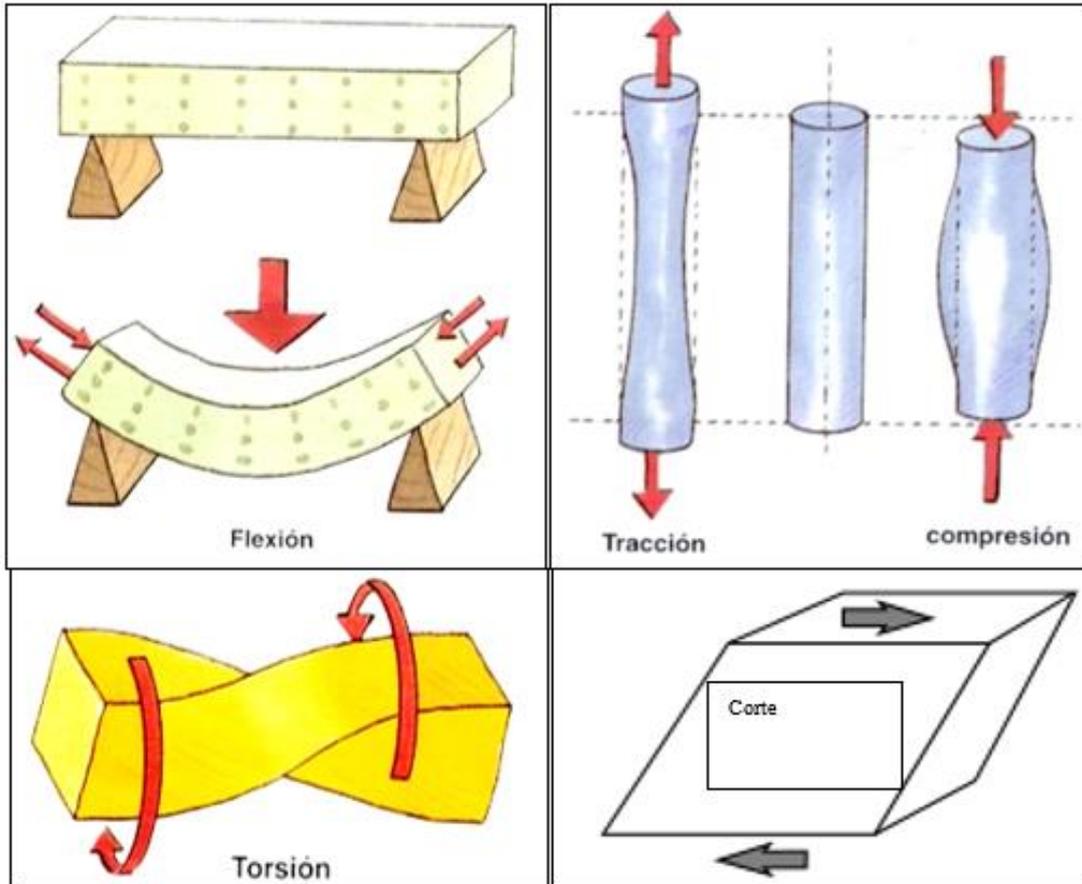


Figura 6: Tipos de esfuerzos. (GEOMEKANINCAING, 2018)

- **Factores en la medición de capacidad de cable de acero**

- Fuerza (F)

Para obtener la fuerza se multiplica la masa en (Kg.) por la gravedad de la tierra (9.80665 m/seg^2).

La unidad de fuerza en sistema internacional es expresada en Newton (N), también disgregado en $\text{Kg} \times \text{m/seg}^2$

$F = \text{masa} \times \text{aceleración gravitacional}$

Donde:

- ✓ $m = \text{masa (Kg)}$
- ✓ $g = \text{gravedad (m/seg}^2)$

- Factor de seguridad (F.S.)

Se calcula dividiendo la carga ultima por la carga permisible; donde la carga ultima es proporcionado por la ficha técnica del cable de acero que viene ser 20.643 Tn. y nuestro caso la carga permisible se considera la carga total que se está izando con el cable de acero (suma de peso del equipo U35 y la carga de mineral y peso de cable acero total 2.47 tn).

2.2.14. Esfuerzos Normales (Σ)

Se obtuvo dividiendo la magnitud P de la carga por el área transversal del cable de acero de 19.05 mm. de diámetro. La unidad del esfuerzo en sistema internacional es expresada en N/m^2 , también en Pascales (Pa).

$$F.S. = \text{Carga última} / \text{carga permisible}$$

$$\sigma = \text{Carga axial}$$

Donde:

- ✓ P= carga axial (N)
- ✓ A= Área (m^2)

2.2.15. Deformación Unitaria (ϵ)

Se obtuvo dividiendo la deformación total o alargamiento por la longitud inicial, en nuestro caso se considera la longitud de cable de acero. La unidad de deformación en sistema internacional es expresada en metro (m).

$$\epsilon = \text{deformación total} / \text{longitud}$$

Donde:

- ✓ δ = deformación total (m)
- ✓ L_0 = Longitud inicial (m)

2.2.16. Ley de Hooke (Σ)

La cantidad de energía necesaria que hay que aplicar a un cuerpo, ya sea para estirarlo o contraerlo, es directamente proporcional al alargamiento o contracción que este cuerpo va a

experimental.

$$\sigma = \text{Modulo de elasticidad} \times \text{deformación}$$

Donde:

- ✓ E= módulo de elasticidad (unidad Pascales) o módulo de Young.
- ✓ ϵ = deformación unitaria (m).

También se puede determinar a partir de la ley de Hooke la fórmula para hallar la deformación total o alargamiento.

$$P/A = E (\epsilon/L_0)$$

$$\delta = PL/AE$$

Donde:

- ✓ δ = deformación total (m) o alargamiento.
- ✓ P= fuerza (N)
- ✓ L_0 = Longitud inicial (m)
- ✓ E= módulo de elasticidad (Pa)
- ✓ A = área (m²)

2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- Winche de izaje

Compumet EIRL (2006), el Winche de izaje, es una maquinaria utilizada para levantar, bajar, empujar o tirar la carga; el Winche de izaje, es utilizado también para bajar e izar personal del interior de la mina; siempre que cumpla con exigencias mínimas de seguridad.

- Profundización en gradines inclinados

Compumet EIRL (2006), Cuando la filtración de agua de los hastiales del pique es muy elevada y hay dificultades para la perforación se opta por este método, en este caso las dos secciones son inclinadas uno a continuación de la otra. En piques circulares se conoce con el método del tirabuzón. En este caso todos los taladros que se perforan son sub verticales.

- Sistema de extracción de mineral

Ingeniería & Proyectos (2013), la extracción de mineral es en forma vertical, mediante el uso de un winche de izaje, por los cuales se jala el mineral de interior a superficie, para luego acumular el mineral en la cancha correspondiente y transportarlo en carros mineros hasta la planta de procesamiento.

- Incremento de producción

Compumet EIRL. (2006), es el aumento de la producción de mineral por uso del winche de izaje, esto permite alcanzar un mayor nivel de productividad de la mina.

- Optimización

Compumet EIRL. (2006), la optimización es la búsqueda y el hecho de mejorar el rendimiento de las operaciones mineras, a partir de determinados cambios en diseños anteriores.

- Perforación

EXSA (2018), es el método más común de penetrar la roca por efecto de la percusión (golpe) o por rotación (fricción) por lo que es la primera operación para la voladura de rocas. Cuyo objetivo es conseguir un taladro en la roca con elementos definidos como: el diámetro, la longitud, alineación y estabilidad en las paredes de este.

- Cable

Ingeniería & Proyectos (2013), está formado por varios torones, torcidos helicoidalmente alrededor del alma, dicha alma puede ser de fibra (sintética de poliéster) o de acero. Es usado en diferentes aplicaciones y operaciones. Los cables de acero son usados en sectores como: la minería, pesca, construcción, petróleo, agroindustrial, naviero, etc.

- Tambor o tambora

Compumet EIRL. (2006), la tambora es un cilindro metálico donde se enrolla el cable de acero del sistema de izaje, también es llamada winche.

- Motor

Ingeniería & Proyectos (2013), El motor es el propulsor del sistema de izaje, la dimensión del motor es de acuerdo con el requerimiento de la capacidad de carga y según el modelo del pique.

- Carros mineros

Ingeniería & Proyectos (2013), Tolvas acondicionadas de ruedas que transportan mineral al lugar de descarga de la mina, construidas a base de planchas metálicas montadas sobre chasis y ruedas de acero.

- Transporte sobre rieles

La aplicación del transporte sobre rieles es llevar la mena de los lugares de producción al punto de recolección como echaderos o tolvas, también se usa para el movimiento de materiales.

- Los durmientes

Son los elementos donde se asienta a los rieles y son instalados perpendicularmente. Estos son de madera.

- Las eclisas, pernos y clavos

Las eclisas son planchuelas planas que sirven para ensamblar los rieles, los pernos son elementos que sirven para unir o ensamblar los rieles con las eclisas y los clavos son los elementos que aseguran los rieles contra los durmientes.

CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

3.1.1. Situación Legal Administrativa

Las concesiones mineras concedidas por INGEMMET (Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico) son autorizaciones que el Estado otorga a individuos o entidades (empresas) para llevar a cabo las actividades mineras en una zona determinada del territorio nacional. Estas concesiones conceden el derecho único de investigar y/o aprovechar los recursos minerales presentes en ese territorio, bajo la observancia de las regulaciones legales y medioambientales del país.

En la zona de Chala (provincia de Caravelí - Arequipa), hay concesiones mineras cercanas unas a otras, lo cual evidencia el atractivo de inversión minera en la zona por razones estratégicas y económicas establecidos por la alta rentabilidad actual de la cotización mundial del precio del oro (3634.2\$/ onza Troy: 09/09/2025).

Actualmente la concesión minera Alba 3 se encuentra en trámite (sección de color rojo), la cual se ubica en contiguo a concesiones en condición administrativa “en trámite” (polígono de color verde) y concesiones vigentes (polígono de color azul), tal como se visualizan en la figura N°7.

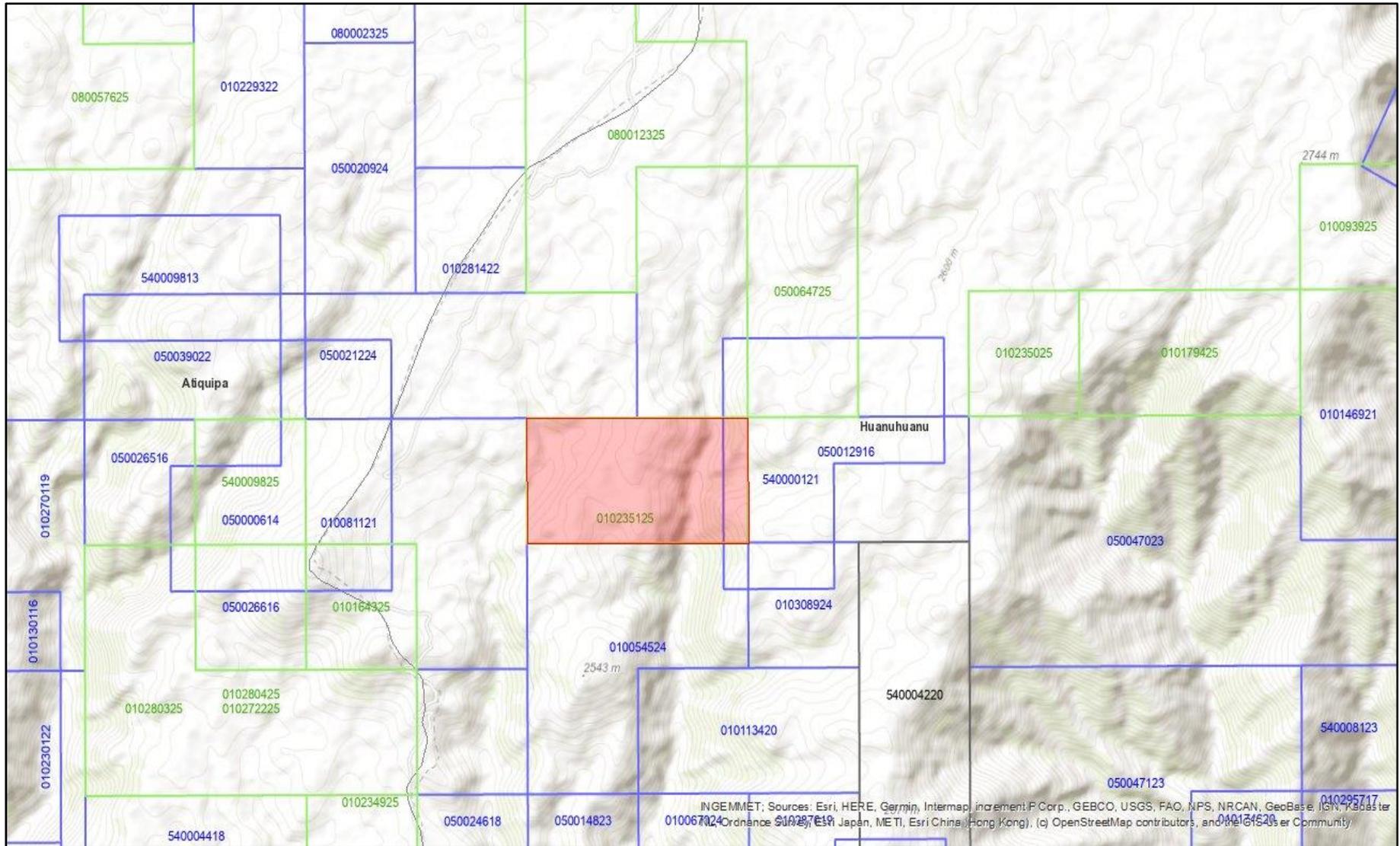


Figura 7: Concesión minera Alba colindado por concesiones administrativa y vigentes. (GEOCATMIN, 2025)

Cabe resaltar que en un inicio las concesiones mineras desarrollan trabajos de cateo, prospección, exploración y explotación; por ello en la investigación nos adecuamos al primero, es decir la labor inclinada a desarrollar será eminentemente labor de prospección y exploración puesto que el inversor de la mina solo cuenta con el soporte económico para laborar a pequeña escala o minería artesanal según la clasificación de la actividades mineras del Perú de acuerdo a la capacidad productiva y tamaño de concesiones mineras.

3.1.2. Ubicación

El proyecto de la labor minera de la Mina Alba 3 se encuentra ubicado en el sur del país, en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes del Sur del Perú, específicamente en el distrito de Chala, Provincia de Caravelí, región Arequipa, emplazado entre altitudes que van de los 2370 m.s.n.m. a 2575 m.s.n.m. (VER ANEXO 04).

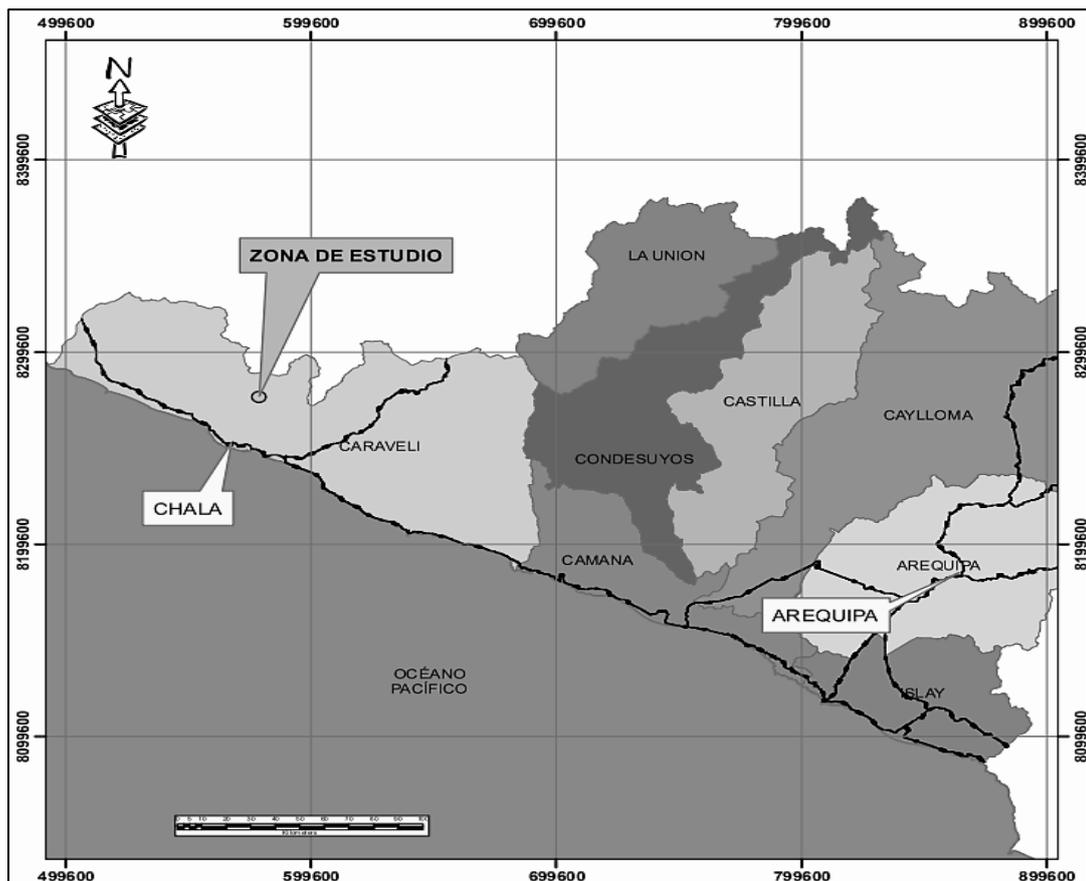


Figura 8: Ubicación de la zona de estudio respecto a la región Arequipa. (INEI, 2020)

La ubicación geográfica está referenciando en la zona 17S, dentro de las siguientes coordenadas (Datum: WGS-84). La delimitación de la zona de estudio está comprendida dentro las siguientes Coordenadas UTM (Tabla 1).

Vértice	Latitud	Longitud
1	8 281 000	585 790
2	8 280 000	585 790
3	8 280 000	584 000
4	8 281 000	584 000

Tabla 1: Coordenadas de la zona de estudio.

3.1.3. Accesibilidad

Para acceder a la zona de estudio es necesario tomar un punto o localidad de referencia, por tanto, se toma la referencia desde la ciudad de Cajamarca. El área de estudio es accesible mediante tramos que a continuación se describe en la tabla 2.

TRAMO	DISTANCIA (Km.)	TIEMPO (Horas)	TIPO DE VÍA
Cajamarca – Lima	862	15.00	Asfaltado
Lima – Chala	614	9.5	Asfaltado
Chala – Chala viejo	12.9	0.5	Asfaltado/Trocha
Chala Viejo – Zona de estudio	60	1.5	Trocha

Tabla 2: Accesibilidad a la zona de estudio.

Cabe resaltar que para acceder a la Mina Alba 3 se realiza mediante trochas llegando inclusive por camino de herradura. El presente trabajo de investigación muestra las condiciones iniciales actuales por tratarse de un proyecto minero. El último tramo de acceso mencionado en la Tabla 2 es un acceso restringido tipo trocha, pues estos sirvieron para realizar trabajos preliminares.

3.2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.2.1. Tipo, Nivel, Diseño y Método de Investigación

Tipo: El tipo de investigación es Aplicada, ya que utiliza conocimientos científicos y principios de ingeniería existentes para resolver un problema práctico y específico: el diseño de un sistema de izaje para la Mina Alba 3.

Nivel: El nivel de la investigación es Descriptivo en su fase inicial, al caracterizar las condiciones geológicas y topográficas. Es Correlacional en su fase de análisis, al establecer la relación funcional entre variables como la carga, la resistencia del cable y el factor de seguridad. Finalmente, es Explicativo, ya que justifica las decisiones de diseño basándose en el porqué de estas correlaciones.

Diseño: El diseño es No Experimental, Transeccional. Es no experimental porque no se manipulan deliberadamente las variables para medir un efecto, sino que se calculan y seleccionan para cumplir con criterios de diseño preestablecidos. Es transeccional porque los datos de campo se recolectaron en un momento único en el tiempo.

Método: El método se aplicó de la siguiente manera para cumplir los objetivos: Para caracterizar el sistema de extracción (Objetivo 1), se utilizó un enfoque inductivo, partiendo de los datos de campo para definir las necesidades del proyecto. Para realizar los cálculos del sistema (Objetivo 2), se utilizó un enfoque deductivo, aplicando principios y normativas generales de ingeniería para dimensionar los componentes específicos.

3.2.2. Población de Estudio

La población o universo de este estudio está constituida por el conjunto total de datos, condiciones y parámetros geológicos, topográficos y operativos que caracterizan el proyecto Mina Alba 3.

3.2.3. Muestra

Muestreo no probabilístico por conveniencia y juicio de experto, donde se seleccionaron los datos más relevantes y accesibles para cumplir con los objetivos del diseño de ingeniería.

3.2.4. Unidad de Análisis

La unidad de análisis de esta investigación es el sistema de izaje propuesto, calculando y evaluando las características y propiedades de sus componentes.

3.2.5. Definición de Variables

- Variable independiente

La Carga Total Para Izar (tn). Esta variable es independiente porque está determinada por las condiciones de borde del proyecto: la profundidad del pique, la densidad de la roca y el requerimiento de producción (número de carros).

- Variable dependiente

El Factor de Seguridad (adimensional). Esta es la principal variable de respuesta del estudio. Su valor depende directamente de la Carga Total a Izar y de la especificación del cable seleccionado. El objetivo es que esta variable sea siempre mayor o igual a 5, según la normativa vigente.

- Variable de Diseño (Interviniente)

La Especificación del Cable de Acero (tipo de alma y capacidad de rotura). Esta variable será seleccionada o ajustada para asegurar que la variable dependiente (Factor de Seguridad) cumpla con el criterio de diseño.

3.3. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

3.3.1. Técnica

La técnica empleada en la investigación es la observación directa, con la recolección de información documentaria y de campo, la cual incluyen fichas para el registro de datos,

fotografías de la zona de estudio, revisión geológica y análisis documental.

3.3.2. Instrumentos, Materiales y Equipos

Para dicha investigación los instrumentos utilizados son clasificados entre gabinete y campo, estos se mencionan a continuación:

Gabinete:

- Computador de escritorio y/o laptop, para el registro de datos y análisis documentario.
- Software Microsoft Word, Excel, ArcGIS 10.8 (obtención y diseño geológico, topográfico, etc), Qgis (digitalizar planos geológico y satelital), Sas Planet (para la obtención de imágenes satelitales), Google Earth (para la ubicación y delimitación del área de estudio mediante coordenadas UTM), Autocad Civil 3D (para diseñar la labor inclinada), Geocatmin (para obtener información geológica y catastral minera de nuestro país).
- USB, para almacenar los datos e información adquirida.

Campo:

- Brújula, para la toma de datos de rumbo, buzamiento, orientación y pendiente.
- GPS (Sistema de Posicionamiento Global), para obtener las coordenadas exactas del área de estudio.
- Cámara digital, para la evidencia y representación visual de los afloramientos, y estructuras en la investigación.
- Computadora-Laptop, para el procesamiento y análisis de los datos.
- Flexómetro, cinta métrica de metal para la medición de la longitud y espesor de las estructuras mineralizadas y demás parámetros geológicos – mineros.
- Lápiz de dureza, para definir las características físicas de los minerales y rocas mediante la dureza de estos dentro de las estructuras mineralizadas y alrededores, así mismo detallar las características petrográficas macroscópicas de las rocas del área de estudio.
- Lupa de 20x y 30x, para observar los minerales de valor económico y de ganga y el tamaño de grano o cristal de la roca.
- Libreta de campo, para la recolección y escritura de datos obtenidos mediante

brújula, GPS, flexómetro, y descripción de caracteres geológico - mineros.

- Picota, para la obtención de muestras en superficie fresca mediante el martillo, indispensable para la obtención de muestras.
- Útiles de escritorio.

3.4. Geología Local

La geología local es producto del cartografiado geológico que incluye rocas, minerales clasificándolos de acuerdo con particularidades geológica, sedimentológicas y estratigráficas en unidades litoestratigráficas.

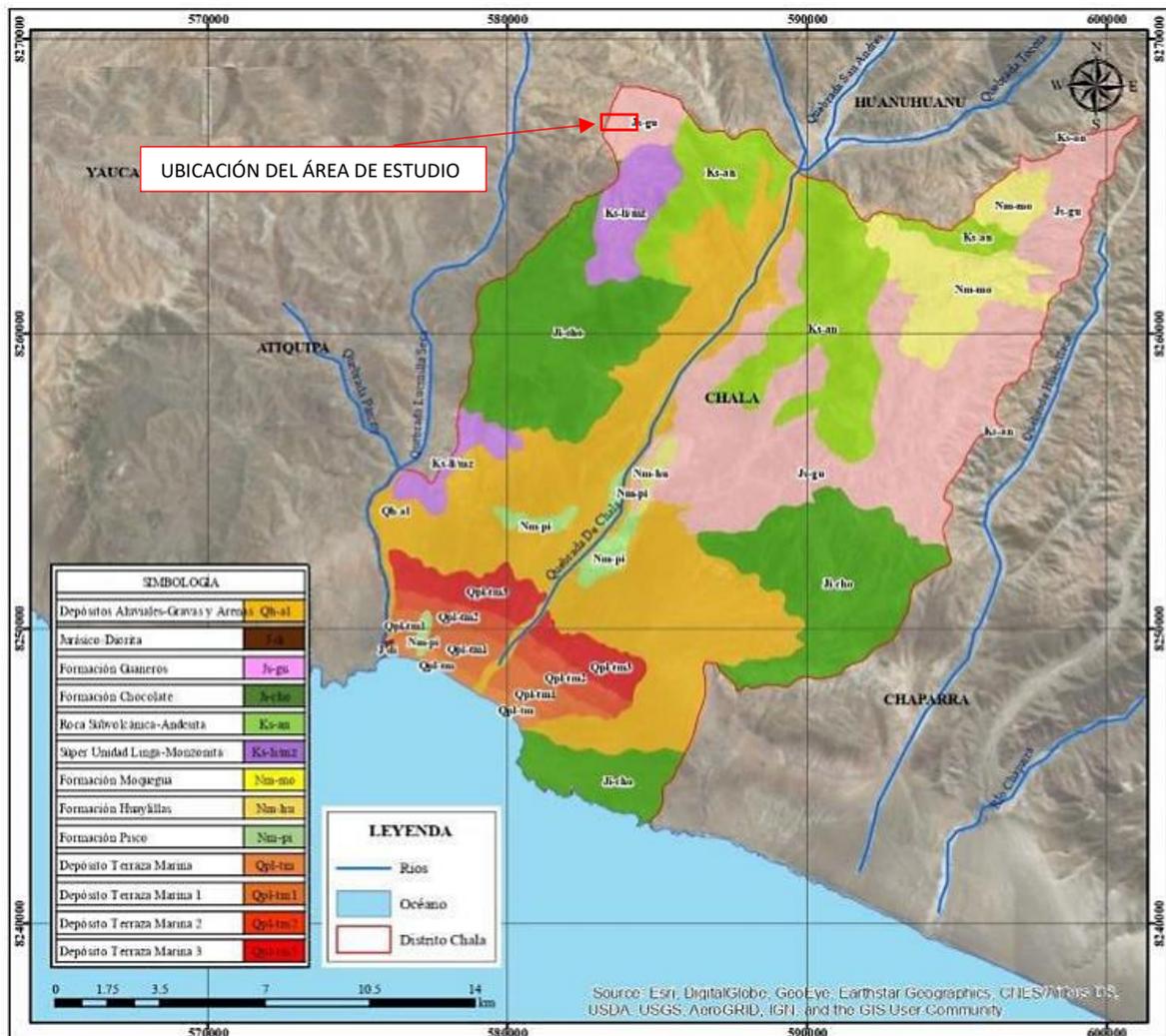


Figura 9: Formaciones geológicas en el entorno del área de estudio. (INGEMMET, 2017)

A continuación, se presenta los minerales encontrados en la zona de estudio:

3.4.1. Granodiorita y Tonalita (bc/t-gd, tn)

En la zona de investigación, la Super-Unidad Tiabaya se relaciona con la etapa última de la intrusión del Batolito de la Costa y se caracteriza en términos generales, de estar situada a lo largo de una franja central y alargada, confinada al suroeste por la Super-unidad Linga y al noreste por la Super-unidad Incahuasi; representa la secuencia de mayor tamaño en esta sección del área de Arequipa, pudiéndose observar en el cuadrángulo de Chala a nivel general.

En el sector norte del área de estudio, específicamente al NE del C° Tuntunya afloran las granodioritas y tonalitas, cuyos afloramientos de campo evidencia una geometría alargada terminando el ápice cerca al centro del lugar y adyacente a la Veta Dora.

Se observan afloramientos en la proximidad norte del área de estudio; este evento intrusivo se evidencia de manera generalizada, en la mayoría de los sectores a través de una forma de bloques esferoidales y de diaclasamiento intenso en forma de hojas de cebolla o disyunción esferoidal. En términos litológicos, incluye cristales que texturalmente son holocristalinas con abundancia de minerales félsicos como cuarzo, plagioclasa, hornblenda y botita.

En términos macroscópicos según el color es una roca leucócrata de color claro, de tamaño de cristales fanerítica por la visualización a simple vista, de grano medio a grueso equigranular. La tonalita posee gran porcentaje de plagioclasa, mientras que la granodiorita algo menos de plagioclasa, en ambas rocas el cuarzo está en proporciones casi similares. Los minerales accesorios lo constituyen la biotita y hornblenda.



Figura 10: Contacto entre granodioritas con dioritas al norte de la zona de estudio, en el C° Tuntunya.



Figura 11: Granodiorita compuesto por minerales de cuarzo (color gris), plagioclasas Sódicas (color blanco), Biotíta (color negro) y Hornblenda (columnas de color negro).



Figura 12: Tonalita conformado gran cantidad de minerales de plagioclasa (color blanco), escaso cuarzo, biotitas y hornblendas de color negro.

3.4.2. Diorita (Ks-bc/t-di)

Estas rocas ígneas intrusivas de composición intermedia de acuerdo con la clasificación del contenido de sílice son de grano grueso que gradan hasta los 0.5 cm abarcan gran parte de la zona de estudio, extendiéndose hacia el oeste y este de la zona de investigación, entre las quebradas Pampa blanca y quebrada Cateador. Corresponden al Batolito de la Costa de la Superunidad Tiabaya. Litológicamente corresponden a rocas intermedias con minerales félsicos como plagioclasa y cuarzo y minerales máficos (oscuros) como hornblenda y biotita y mínimamente ocurrencia de feldespato potásico. Predominan más los minerales melanocrático a mesocrático o ligeramente oscuros, razón por la cual esta roca ígnea es mucho más oscura que la granodiorita de la Super-unidad Tiabaya.



Figura 13: Contacto entre las rocas ígneas y granodiorita.



Figura 14: Diorita constituida por minerales de plagioclasa (colores grises) biotita (colores negros), Hornblenda (columnas de colores negros) feldespato potásico (trazas de colores grises).

Cabe precisar que la granodiorita como la diorita que afloran al norte del C° Tuntunya corresponderían al segmento Arequipa del batolito de la Costa y por dataciones radiométricas realizados por (Coobing, 1979) señalarían una edad del intrusivo de 76-86 m.a. (U/Pb) que correspondería a la edad de Cretácico Superior. Así mismo Moore

(1979,1984) y Pitcher (1985) coinciden con la datación realizado por K/Ar (Stewart, 1974) determinando 81 m.a.y que se encuadra en Cretácico superior.

3.4.3. Formación Moquegua (Po-mo)

Esta formación está constituida por conglomerados, areniscas tobáceas, arcillas y limos se extienden en un pequeño sector del área de estudio específicamente al N. Lo mayores afloramientos se ubican fuera del del área de estudio.

Al norte del cerro Tuntunya forman los suelos y subsuelos cubriendo a las demás formaciones. Esta Formación es mucho más notorio en el corte de la quebrada Pampa blanca. Por el color más claro y tamaño de fragmentos considerables se deduce que corresponderían a la Formación Moquegua Superior. El espesor, textura y estructura varía de un lugar a otro según la topografía (figura 15).

Estas rocas corresponden a edad Paleoceno: eoceno - oligoceno. Litológicamente se distinguen por el tamaño de clastos que tiene un diámetro promedio de 5 cm. aproximadamente.



Figura 15: Formación Moquegua cerca de las colinas en el entorno del área de estudio.

3.4.4. Depósitos Cuaternarios Aluviales (Qh-al)

Los depósitos cuaternarios aluviales se encuentran al centro del área de estudio, cubriendo por el material inconsolidados a las formaciones más antiguas coma las granodioritas y dioritas, están constituidos por la acumulación de gravas, arenas, limos y arcillas de diferente composición.

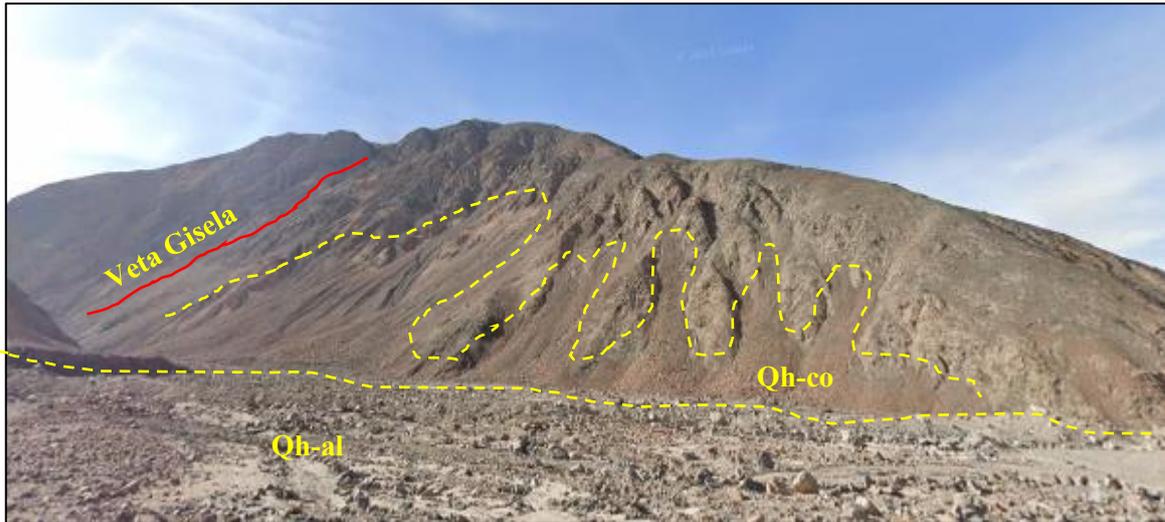


Figura 16: Depósitos cuaternarios aluviales al noreste del área de estudio.

Así mismo en el área de estudio se evidencian pequeños depósitos coluviales en los flancos inferiores de los cerros, caracterizados por clastos de gravas y bloques en las partes contiguas a los depósitos aluviales.

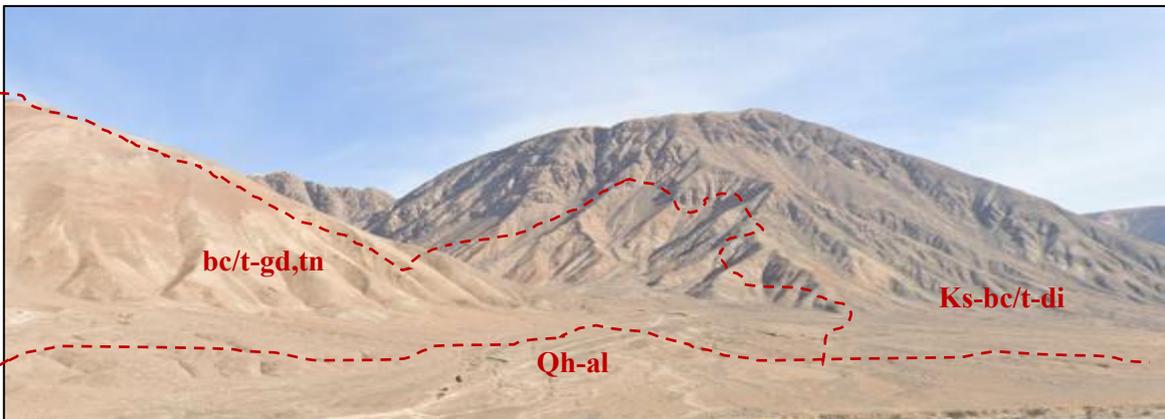


Figura 17: Contacto de dioritas con granodiorita/tonalitas.

3.5. Estructuras Mineralizadas

La zona de investigación presenta un relieve semi plano, está cubierto por depósitos cuaternarios producto del intemperismo y erosión de rocas dioríticas, granodioríticas, tonalíticas y relictos de la Formación Moquegua, además depósitos eólicos conformados por arenas y limos trasladados por el viento desde la costa y ubicados en pequeñas áreas llanas o cauces insipientes contiguos a las quebradas Pampa blanca y quebrada Cateador. (VER ANEXO 05)

A pesar de la cobertura de depósitos cuaternarios en la zona se evidencia estructuras mineralizadas (vetas) con oxidación de Fe intenso muy notorio en la superficie, teniendo una disposición espacial casi paralelos entre sí debido al modelo genético ramaleado o también denominado cola de caballo. Estas vetas son: Usurpadora, Dora, Esperanza, Gisela y Mónica (VER ANEXO 08) la orientación de estas estructuras mineralizadas es de NW a SE.

Por otro lado, en la figura 18, se presentan muestras de veta dora cuya mineralogía muestra de cuarzo lechoso, goetita, psilomelano, jarosita y trazas de oro. En la parte inferior de la figura se denota la roca caja dioríticas alterada de la veta Gisela, al reverso de la muestra se observa la alteración sílica o sílice vugy (oqueroso) minerales oxidados de goetita, limonita y jarosita.



Figura 18: Muestra de veta dora.

Las potencias promedio van de 35 cm a 55 cm. con buzamientos confluentes hacia el centro, interpretándose estos como estructuras de vetas tipo “cola de caballo”. lo cual se puede visualizar en la figura 14 donde se muestra la distribución espacial de las vetas y el proyecto de labor inclinado. (VER ANEXO 08)

Cabe resaltar que por encargo de los representantes de la Mina Alba 3 se realizaron calicatas y los resultados de laboratorio determinaron leyes promedio de 18 gr/tAu. Por tanto, considerando la mineralogía, la distribución estructural de las vetas es que se planea realizar una labor o pique inclinados a fin de interceptar las vetas en el interior (VER ANEXO 05).

Por otro lado, desde el punto de vista estructural el SFIC (Sistema de fallas Iquipí – Clavelinas) sería el responsable de la mineralización en el área de estudio. Mamani y Rivera (2011) señalan la existencia de un sistema estructural transcortical por donde magmas ascendieron subverticalmente desde profundidades que corresponden a la corteza inferior-media y al manto superior, por esta razón, que este sistema tectónico representaría un ambiente favorable para el emplazamiento de depósitos minerales y pequeños centros volcánicos monogenéticos.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. TOPOGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO

Para el planeamiento del diseño de la labor o pique inclinados en la Mina Alba 3 se requirió la descripción y representación detallada de la superficie terrestre del terreno donde se llevará a cabo el proyecto minero. En términos generales, la topografía incluyó características consideradas como:

- **Relieve del terreno:** La forma de la superficie terrestre en la Mina Alba 3, tiene una representatividad plana, ondulada, pendiente que van de someros a abruptos al este de la zona. Esto permite definir el acceso, los caminos a las instalaciones, plataformas y la zona de extracción de desmonte o botaderos, minerales o cancha de minerales en un futuro. Para planear el diseño de la labor inclinada fue necesario recurrir a la información topográfica del Plano Topográfico (VER ANEXO 04).
- **Elevación y pendientes:** Mediante la representación topográfica y datos geoespaciales donde se refieren a medición de las alturas (altitudes) y las pendientes del terreno, permitió el definir la ubicación de la labor inclinada en el flanco Este del cerro Tuntunya, y de esa manera evitar problemas relacionados con la erosión o el drenaje de aguas pluviales de las pequeñas quebradas o cauces activos en épocas de lluvia.

Para la disposición y decisión de la apertura de la bocamina de la labor inclinada se usaron datos del Plano de Modelo Digital de elevaciones (VER ANEXO 06) y Plano de pendientes (VER ANEXO 07). La elevación del área de estudio va de 2349 m.s.n.m. a 2665 m.s.n.m. así mismo las pendientes van desde 0° a 50°. Este análisis detallado de la topografía constituye un parámetro de diseño fundamental que se utilizará a continuación para justificar la ubicación y la geometría de la labor inclinada.

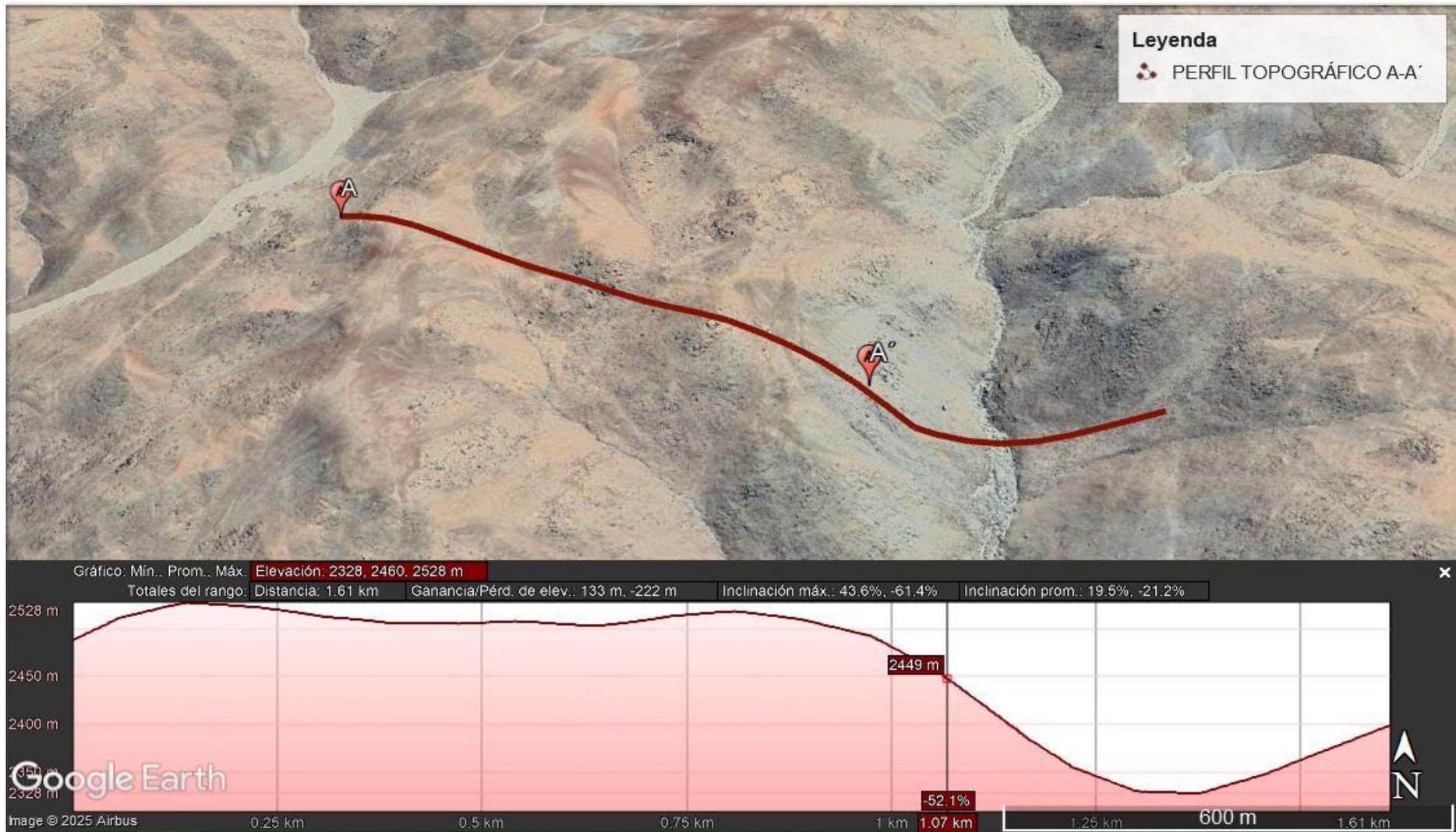


Figura 19: Perfil topográfico del área de estudio, se muestra el perfil topográfico A - A'.

Por lo expuesto líneas arriba y con el soporte del plano geológico (VER ANEXO 05) y el perfil topográfico A -A' se planificó el desarrollo de la labor inclinada en el flanco Este del C° Tuntunya acompañado con la topografía para dar sustento al planeamiento logístico, plataforma de instalaciones, acceso se decidió proyectar la bocamina de la labor inclinada. El plano de elevaciones (VER ANEXO 06) muestra que en el área de estudio el relieve llega a altitudes de 2586 en un pequeño sector, pero entre las cotas 2507 m.s.n.m. a 2586 m.s.n.m. son los relieves más extensos y planos. Esta circunstancia hace que se opte por desarrollar una labor inclinada en el sector Este del Cerro Tutunya por poseer cotas más bajas y es óptimo para acceder a zonas mineralizadas en el subsuelo.

4.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA LABOR INCLINADA

Por su propósito, esta investigación se enfoca en la ingeniería conceptual del sistema de izaje. Acorde a una metodología de diseño por etapas, en esta fase de prefactibilidad se establecen parámetros de diseño base para la excavación (sección, sostenimiento tipo) basados en casos análogos y en la caracterización geológica general. El análisis detallado de geomecánica, la optimización del método de explotación y el diseño de la malla de perforación corresponden a la siguiente etapa de ingeniería de factibilidad, una vez validada la viabilidad técnica del sistema de extracción, que es el objetivo de esta tesis.

La propuesta del sistema de izaje en la Mina Alba 3 tendrán los siguientes parámetros:

Parámetros	Cantidad	Unidad
Angulo de inclinación	30°	Grados sexagesimales
Longitud total	230	metros

Tabla 3. Características generales de la labor inclinada.

La longitud total de 230 m y el ángulo de inclinación de 30° no son valores arbitrarios. Son el resultado de un análisis geométrico basado en el perfil geológico (Figura 14), diseñados como la trayectoria óptima para interceptar la zona de confluencia de vetas a una profundidad vertical de 100 metros, minimizando la longitud de desarrollo.



Figura 21: Sección de labor inclinada. (RAMOS, 2020)

Asimismo, la labor inclinada deberá cumplir con los parámetros expuestos en la tabla 4.

Parámetro	Cantidad		Unidad
	Ancho	Alto	
Sección	2.4	2.4	m.

Tabla 4: Sección de labor inclinado.

Una vez sellado la labor o pique inclinados se procederá a fortificar la bocamina con guarda-cabezas o sombreros de seguridad para evitar desprendimientos de rocas y suelo que están cubriendo la superficie, tal como se observa en la figura 25. De acuerdo con la exigencia de estándares del Reglamento de seguridad y Salud ocupacional en Minería Art. 296 numeral h del Subcapítulo II, donde señala que “en labores de pique, se colocará obligatoriamente guarda cabezas o sombreros de seguridad en las labores”.

4.3.1. Justificación de la Ubicación de la Bocamina Basada en el Análisis Topográfico

La decisión de ubicar la bocamina del pique inclinado en el flanco Este del Cerro Tuntunya, en la cota 2349 m.s.n.m., es el resultado directo del análisis de los Planos de Elevaciones (VER ANEXO 06) y Pendientes (VER ANEXO 07). Como se observa en dichos planos, esta zona presenta las cotas más bajas contiguas a la zona mineralizada y un escarpe de pendiente pronunciada (superior a 40°). Esta configuración topográfica es estratégicamente ventajosa, ya que permite ganar la profundidad vertical requerida (100 m) con la menor longitud posible de excavación (230 m), optimizando así los costos y tiempos de desarrollo del proyecto.

4.4. PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO DE IZAJE

En la planificación y construcción del sistema de izaje, se tuvo en cuenta las características de profundización del yacimiento mineral y las necesidades del transporte de mineral y desmonte hacia el exterior, considerando una inclinación adecuada para el desplazamiento de la labor hasta la superficie. En la figura 22, se presenta un bosquejo de ubicación de los componentes del sistema de izaje propuesto.

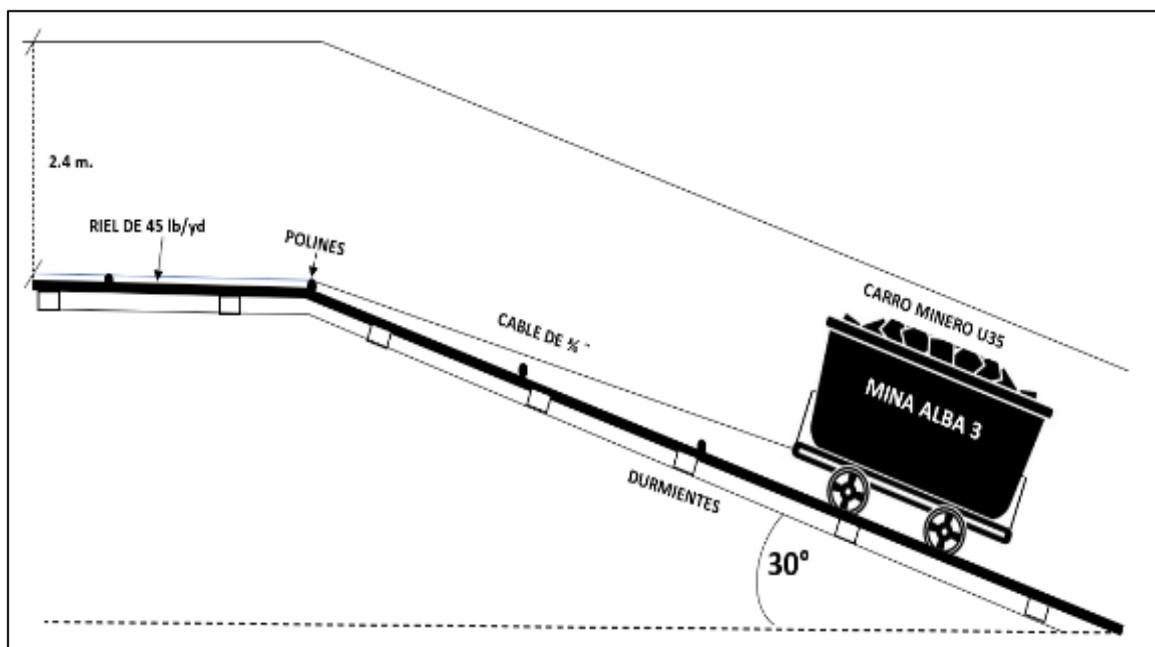


Figura 22: Componentes principales del sistema de izaje.

4.5. DISEÑO DEL INCLINADO Y COMPONENTES DE IZAJE

4.5.1. Dimensiones de Inclinado

El proyecto de pique o labor inclinados poseerá una sección de labor de 2.10 m x 2.10 m. con una extensión de 230 m, además con una gradiente de 30° respecto a la horizontal, con implementación de una zona de enganche de salida y entrada a la labor.

4.5.2. Winche

El winche estará conformado por una sola tambora, con capacidad superficial a enrollar cable de 300 metros más una longitud adicional. Tendrá un sistema de frenado para el control de izaje.

4.5.3. Motor

El motor será eléctrico trifásico de 440 V cuyo tipo de motor funcionará con una tensión nominal de 440 voltios, generalmente de corriente alterna (AC), acoplado directamente a winche. Para su operación se dispondrá de una caja de control de velocidad y tablero respectivo. De igual forma se propone porque permite transmitir más potencia con menos corriente, lo cual reduce las pérdidas de energía y permite el uso de cables más delgados que serían idóneos para izar mineral o desmonte.

4.5.4. Cable

El cable de acero que se utilizará tendrá un diámetro de 3/4 pulgada (19.05 mm) compuesto de 6 torones con alma de fibra y cada torón con 19 alambres seale. Este tiene una capacidad máxima de rotura de 20.643 tn., capacidad de trabajo seguro 4.12 tn; peso de cable por metro lineal es 1.38 Kg.

Cálculo del grosor de hilos del cable

Datos:

Grosor del cable 1 pulgada = 25.4 mm

$$\mathbf{Gh = \frac{25.4 \text{ mm}}{30} + 1 \text{ mm}}$$

$GH = 25.4 \text{ mm}$

$Gh = 1.847 \text{ mm}$

$Gh = 0.073 \text{ pulgadas}$

4.5.5. Polea

La polea también llamado polines es el aditamento que facilitara el movimiento del cable se colocara en el piso y entre tramos del inclinado toda la trocha del inclinado se entablara y cada 6m, se colocara una tabla de 2" x 8" x 2m" como protector para quitar el desgaste prematuro del cable.

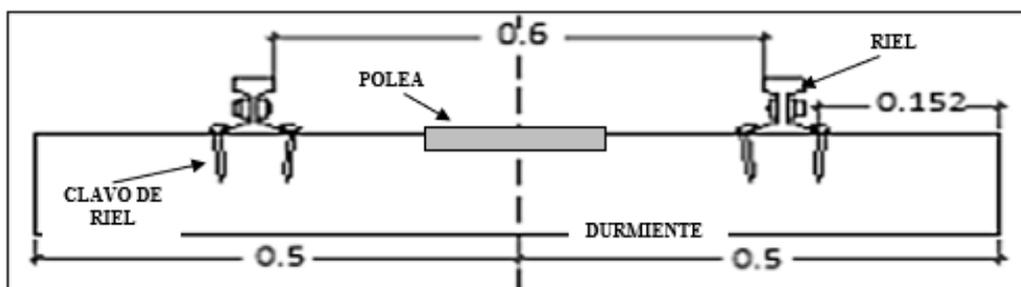


Figura 23: Sección transversal de las instalaciones donde transitarán el carro minero.

4.5.6. Carro de Izaje Minero

En el izaje de mineral se utiliza directamente el carro minero modelo U35 de 0.99 m³ de capacidad, su procedimiento consistirá en enganchar manualmente del pie del inclinado o zona de enganche, al llegar a parte superior o final de izaje es controlado por personal y encarrilado para su posterior traslado por locomotora.

El carro minero U 35 que se prevé emplear en la labor inclinado Alba 3 se adecua a la sección de la labor, a la pendiente poco pronunciada y la distancia de extracción de mineral y desmonte, para ello se muestran las especificaciones en la tabla 6.

Características	Especificaciones
Modelo:	Carro Minero U35.
Tolva:	Acero 3/16.
Chasis:	Plancha A-36 doblada en U.
Trapezio:	Plancha doblada en 8mm.
Rodamientos:	Cónicos SKF y/o timken.
Ejes:	2½” Acero Sae 1060.
Distancia entre ejes:	650 mm
Ruedas:	12” Acero fundido Sae-1060.
Altura:	1200 mm
Ancho:	810 mm
Longitud:	1900 mm
Peso:	600 kg.

Tabla 5: Especificaciones técnicas del carro minero U 35.

4.5.7. Tambor de Enrollamiento del Winche

El tambor de enrollamiento constituirá el componente en el que se enrolla el cable de acero que el winche utiliza para izar mineral o desmonte en la Mina Alba 3. Mediante su funcionamiento hace que se enrosque o desenrosque el cable, también proporciona la fuerza de tracción para izar cargas.

Para cumplir estándares operacionales y de seguridad minera se recurre a disposiciones emanadas por el Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2017-EM, en el Art. 300 señala con respecto al tambor, su relación con el cable y el enrollamiento indica lo siguiente:

- Los canales del tambor deben alojar exactamente al cable.
- Las pestañas del tambor deben tener suficiente altura y resistencia.
- La relación del diámetro del tambor al diámetro del cable debe ser:
 - a. Igual o mayor que:
 - ✓ 60 a 1 cuando el diámetro nominal del cable es 25.4 mm o menos.
 - ✓ 80 a 1 cuando el diámetro nominal del cable es más de 25.4 mm.
 - b. Cuando el winche es usado en profundización de pique o trabajos preliminares, el radio entre el diámetro del tambor y el diámetro del cable será igual o mayor que:

- ✓ 48 a 1 cuando el diámetro nominal del cable es de 25.4 mm o menos.
- ✓ 60 a 1 cuando el diámetro nominal del cable es más de 25.4 mm.

De acuerdo con la normativa, la propuesta entre el cable y el tambor de enrollamiento cumple con las especificaciones planteadas.

4.5.8. Rieles

Los rieles constituyen las vías sobre las cuales circulará el carro minero U 35 para el transporte de mineral, equipos, suministros y desmonte. El desplazamiento se realizará desde la interior mina hasta la superficie donde se prevé construir un depósito de mineral y desmonte. Los rieles se fijarán en los durmientes mediante clavos de riel, así mismo la unión de rieles se realizará mediante eclisas con perno de riel. Por la capacidad del carro minero U 35 (0.99 m^3) y la sección de la labor inclinada el riel a usar será de 45 Lb/yda. En la figura 29 se muestra que los durmientes serán instalados en un espacio de cada 1.00m y el ancho del riel es de 0.60m.

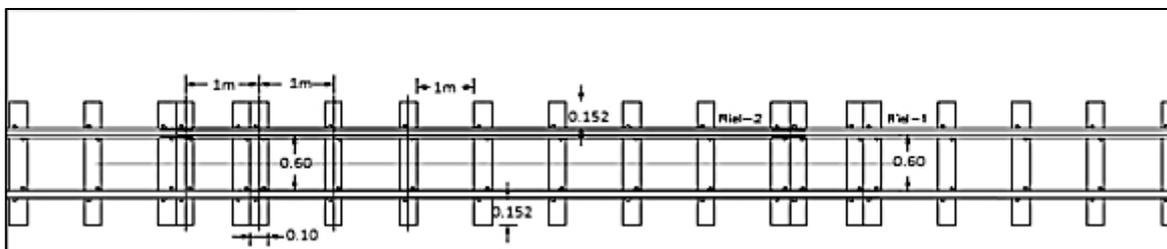


Figura 24: Diseño de instalación de rieles con los durmientes.

4.6. PARÁMETROS DE IZAJE

A continuación, se describe los parámetros a considerar para el sistema de izaje:

- Longitud del inclinado : 200 m.
- Longitud de zona de descarga : 30m.
- Longitud de izaje : 230 m.
- Peso del carro U35 vacío : 600 Kg
- Volumen de carro U35 : 0.99 m^3
- Peso del mineral : 2,871 Kg

- Peso de desmonte : 2,574 Kg
- Diámetro del cable elegido : 3/4" o (19.05mm)
- Capacidad máxima de rotura : 20,643 kg
- inclinación de labor : 30°
- Distancia vertical para izar : 100 m.

4.7. CÁLCULO DE CAPACIDAD DE LOS COMPONENTES DE IZAJE

4.7.1. Cálculo de la Carga Estática Para Izar

Determinación de la carga estática a izar según la gráfica siguiente resulta ser la componente $P \cdot \sin 30^\circ$.

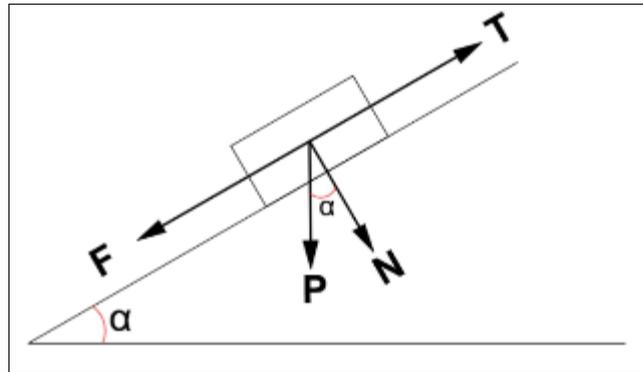


Figura 25: Diagrama de cuerpo libre.

Donde:

$$F = P \sin \alpha \qquad T = -P \sin \alpha \qquad N = P \cos \alpha$$

La carga P = peso del carro vacío + peso de mineral + peso de cable

Peso de mineral = 2,871 Kg = 2.871 tn

Peso de carro U35 = 600 Kg = 0.60 tn

Peso de cable acero = 230m * 1.38 Kg/m. = 0.3174 tn

Total = 3.788 tn

4.7.2. Peso de Carro Minero

De acuerdo con especificaciones técnicas del fabricante este debe ser elaborado en acero

SAE 1060 con tratamiento térmico, se considera que el peso (tara) de 1 carro minero U35 es 600 Kg. equivalente a 0.60 toneladas.

4.7.3. Peso de Cable de Acero

En operaciones mineras el cable más usado es de acero para izaje de cargas, en nuestro caso emplearemos cable de acero de $\frac{3}{4}$ pulgada de diámetro, el cual tiene peso 1.38 Kg/m.

4.7.4. Capacidad de Carga de Carro Minero

Debido a que los carros mineros U35 tienen una capacidad nominal de (0.99 m³), se procede a calcular la capacidad de carga de los carros mineros mediante la siguiente fórmula:

$$C = \frac{V_c * p * F_c}{(1+e)}$$

Donde:

- C = carga o capacidad de carga (tn)
- V_c = volumen de carro minero U35 (m³)
- P = densidad de la roca (tn/m³)
- F_c = factor de carguío (%)
- E = esponjamiento (%)

Se considera los siguientes valores para la fórmula, asumiendo una humedad para ambos casos de 3%.

Los valores de densidad (2.9 tn/m³ para mineral y 2.6 tn/m³ para desmonte) y esponjamiento (40% y 50% respectivamente) se han adoptado de manuales de ingeniería de minas (e.g., SME Mining Engineering Handbook) como valores estándar y conservadores para rocas dioríticas y granodioríticas en una etapa de estudio de prefactibilidad.

$$p \text{ mineral} = 2.9 \text{ tn/m}^3 + 3\% (2.9 \text{ tn/m}^3) = \mathbf{2.987 \text{ tn/m}^3}$$

$$p \text{ desmonte} = 2.6 \text{ tn/m}^3 + 3\% (2.6 \text{ tn/m}^3) = \mathbf{2.678 \text{ tn/m}^3}$$

Su factor de carguío es: f_c = 80%

El esponjamiento (e) varía para mineral y desmonte, entonces:

e = 40% para mineral

e = 50% para desmonte

Por tanto, reemplazando en la ecuación líneas arriba presentada:

Para mineral:

$$C = \frac{(0.99\text{m}^3) (2.987 \text{ tn/m}^3) (0.80)}{(1+0.40)} = 1.689 \text{ tn}$$

Para desmonte:

$$C = \frac{(0.99\text{m}^3) (2.678 \text{ tn/m}^3) (0.80)}{(1+0.50)} = 1.413 \text{ tn}$$

4.7.5. Tiempo de Izamiento

Todo el ciclo de izaje (ida y vuelta) en un tramo de 130 metros, desde enganche, recorrido, descarga y retorno de carro vacío, se tiene un promedio según control, cuyo tiempo es 3.5 minutos y/o (210 segundos).

Por lo tanto, la velocidad = 130 m/210 seg. = 0.62 m/seg.

La velocidad del winche de izaje es 0.62 m/seg.

- > peso y distancia requiere > HP
- > tiempo requiere < HP
- < tiempo requiere > HP

4.7.6. Potencia del Motor

Mediante la siguiente fórmula:

$$\text{HP} = \frac{W * V * \text{Sen}\alpha}{76.0 * \text{Eff}}$$

$$\begin{aligned}
W &= \text{carga total (Kg)} && = 2,470 \text{ Kg} \\
V &= \text{velocidad de izaje (m/seg)} && = 0.62 \text{ m/seg} \\
\alpha &= \text{ángulo del plano inclinado} && = 30^\circ \\
\text{Eff} &= \text{Eff. Eléctrica} \times \text{Eff. Mecánica} = 0.8 \times 0.9 && = 0.72 \\
1\text{HP} &= 76 \text{ Kg m/seg.} \\
& && (2,470 \text{ Kg}) (0.62 \text{ m/Seg}) (\text{Sen } 30^\circ)
\end{aligned}$$

$$\text{HP} = \frac{\text{-----}}{(76 \text{ Kg m/seg}) (0.72)}$$

Potencia = 13.99 HP

4.7.7. Carga de Trabajo Recomendable

Para determinar la carga recomendable a izar por el inclinado, es determinado por el 20% de la capacidad máxima de rotura 20.643 tn.

$$20.643 \text{ tn} = 100\%$$

$$X \text{ tn} = 20\%$$

Por lo tanto, el 20% de capacidad máxima de rotura es 4.128 tn

4.8. ANALISIS DE PARAMETROS DEL CABLE DE IZAJE

A continuación, en la tabla 6 se evidencia los parámetros del cable de izaje de 19.05mm a utilizar dentro del sistema de izaje. Donde se indica que deformación permitida del cable de izaje, donde el desgaste máximo de dicho cable es un 10% del diámetro (según practicas recomendadas).

Diámetro permisible (mm)	Desgaste de cable acero	Condicionante
17.9	1.15	Optimo
17.5	1.55	Optimo
17.4	1.65	Optimo
17.35	1.7	Optimo
17.3	1.75	Optimo
17.2	1.85	Optimo
17.15	1.9	Optimo
17.145	1.91	Despreciable
17.11	1.94	Despreciable

Tabla 6: Análisis del diámetro de cable de acero de 19.05mm.

En la tabla 7 se muestra la deformación de elasticidad del cable según los diámetros permisibles según la tabla anterior.

Carga (Kg)	Fuerza (N)	Longitud (m)	Diámetro (mm)	Área (m²)	Módulo de Elasticidad (Pa)	Esfuerzo (MPa)	Deformación total (m)
2,470	24,222	0	19.05	0.00028	1.90E+11	85	0
2,470	24,222	50	18.5	0.00027	1.90E+11	90.2	0.024
2,470	24,222	100	18.8	0.00028	1.90E+11	87.3	0.046
2,470	24,222	100	17.9	0.00025	1.90E+11	96.3	0.051
2,470	24,222	100	17.5	0.00024	1.90E+11	100.8	0.053
2,470	24,222	100	17.15	0.00023	1.90E+11	104.9	0.055

Tabla 7: Deformación total del cable.

4.9. EVALUACION DE CAPACIDAD DE IZAJE CON UN CARRO MINERO

- **Capacidad de carga**

El izaje se realizará con un solo carro minero U35, el cual tiene una capacidad de carga:

Peso por viaje (Mineral): (1c. mineros/viaje) 1.689 tn /c.minero = 1.69 tn/viaje

Peso por viaje (Desmonte): (1c. mineros/viaje) 1.413 tn/c.minero = 1.41 tn/viaje

- **Peso de carro minero**

Peso de (1c. mineros/viaje) = 0.6 tn/viaje

- **Peso de cable de acero**

Peso de (130m cable/viaje) 1.38 Kg/m. = 0.18 tn/viaje

- **Total, carga a izar**

Peso de mineral + peso de carro U35 + Peso de cable acero = **2.47 tn**

- **Capacidad de carga de trabajo seguro**

Capacidad máxima de rotura del cable de acero = 20.643 tn

20.643 tn = 100%

X tn = 20%

El 20% de capacidad máxima de rotura es 4.128 tn

La carga que se está izando es 2.47 tn < 4.128 tn. Por lo tanto, no existe sobrecarga.

- **Factor de seguridad**

Factor de seguridad = 20.643 tn/2.47 tn = 8.35

El cable que se viene usando **es muy seguro.**

- **Potencia de motor**

W = carga total (Kg) = 2,470 Kg

V = velocidad de izaje (m/seg) = 0.62 m/seg

α = ángulo del plano inclinado = 30°

Eff = Eff. Eléctrica x Eff. Mecánica = 0.8*0.9 = 0.72

1HP = 76 Kg m/seg.

(2,470 Kg) (0.62 m/Seg) Sen 30°

HP = -----

(76 Kg m/seg) (0.72)

Potencia = 14 HP

4.10. EVALUACION DE CAPACIDAD DE IZAJE CON DOS CARROS MINEROS

En esta sección se evalúa si el sistema base (con cable de alma de fibra) sería capaz de soportar la operación a plena capacidad (2 carros a 230m) requerida para la profundización.

- **Capacidad de carga**

Se proyecta izar en 2 carros U35, el cual tiene una capacidad de carga:

Peso por viaje (Mineral): (2c. mineros/viaje) 1.689 tn /c. minero = 3.38 tn/viaje

Peso por viaje (Desmonte): (2c. mineros/viaje) 1.413 tn/c. minero = 2.83 tn/viaje

- **Peso de carro minero**

Peso de (2c. mineros/viaje) = 1.20 tn/viaje

- **Peso de cable de acero**

Peso de (230m cable/viaje) 1.38 Kg/m. = 0.32 tn/viaje

- **Total, carga a izar**

Peso de mineral + peso de carro U35 + Peso de cable acero = 4.9 tn

- **Capacidad de carga de trabajo seguro**

Capacidad máxima de rotura del cable de acero = 20.643 tn

20.643 tn = 100%

X tn = 20%

El 20% de capacidad máxima de rotura es 4.128 tn

La carga que se izará es 4.9 tn > 4.128 tn. Por lo tanto, existe sobrecarga.

- **Factor de seguridad**

Factor de seguridad = $20.643 \text{ tn} / 4.9 \text{ tn} = 4.21$

Factor de seguridad es $4.21 < 5$, **El cable que se usará es inseguro**, para dar uso en la profundización De la labor inclinado de la mina Alba 3.

- **Potencia de motor**

$$\begin{aligned}
 W = \text{carga total (Kg)} &= 4,900 \text{ Kg} \\
 V = \text{velocidad de izaje (m/seg)} &= 2.6 \text{ m/seg} \\
 \alpha = \text{ángulo del plano inclinado} &= 30^\circ \\
 \text{Eff} = \text{Eff. Eléctrica} \times \text{Eff. Mecánica} = 0.8 \times 0.9 &= 0.72 \\
 1\text{HP} &= 76 \text{ Kg m/seg.}
 \end{aligned}$$

$$(4,900 \text{ Kg}) (2.60 \text{ m/Seg}) \text{ Sen } 30^\circ$$

$$\text{HP} = \text{-----}$$

$$(76 \text{ Kg m/seg}) (0.72)$$

$$\text{Potencia} = 116 \text{ HP}$$

- **Opción 2:**

cable de acero 6x19 (6 torones/ 19 alambres) con alma de acero, diámetro ¾ pulgada.

$$\text{Capacidad máxima de rotura del cable de acero} = 26.11 \text{ tn}$$

$$\text{Capacidad de carga de trabajo seguro} = 5.22 \text{ tn.}$$

$$\text{Peso de (230m cable/viaje)} 1.52 \text{ Kg/m.} = 0.35 \text{ tn/viaje}$$

$$\text{Factor de seguridad} = 26.11 \text{ tn}/4.9 \text{ tn.} = 5.29$$

La carga que se izará es 4.9 tn < 5.22 tn. No existe sobrecarga

Factor de seguridad es 5.29 > 5, **el cable es seguro.**

4.11. ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DEL SISTEMA DE IZAJE EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE CARROS Y LA ESPECIFICACIÓN DEL CABLE

En esta sección se evalúa el comportamiento y la seguridad del sistema de izaje bajo diferentes escenarios operativos. El análisis determina el Factor de Seguridad en función de la carga variable, la cual depende directamente del número de carros mineros en operación (uno, dos o tres). Se realizan dos evaluaciones principales:

Tabla 8: Simula una operación inicial (130m) utilizando un cable estándar con alma de fibra (FC) para determinar su rango de operación segura.

Peso de carro minero (tn)	Capacidad de carga (tn)	Peso de cable acero (tn)	Carga total (tn)	F.S. mínimo	C.T. Seguro (tn)	Condicionante
U35 vacío	mineral/des.	L=130 m		5	20%	
0.6	1.69	0.18	2.47	8.36	11.97%	Óptimo
1.2	3.38	0.18	4.76	4.34	23.06%	Despreciable
1.8	5.07	0.18	7.05	2.93	34.15%	Despreciable

Tabla 8: Operación inicial (1 carro, 130m, cable FC de ¾”) – 20.643Tn.

Donde:

F. S. = Factor de seguridad

C.T.S. = carga de trabajo **seguro recomendable**

Tabla 9: Simula la operación a plena capacidad (230m) utilizando un cable de especificación superior con alma de acero (IWRC) para validar la seguridad del diseño propuesto para la profundización."

Peso de carro minero (tn)	Capacidad de carga (tn)	Peso de cable acero (tn)	Carga total (tn)	F.S. mínimo	C.T. Seguro (tn)	Condicionante
U35 vacío	mineral/des.	L=230 m		5	20%	
0.6	1.69	0.35	2.64	9.89	10.11%	Óptimo
1.2	3.38	0.35	4.93	5.3	18.88%	Óptimo
1.8	5.07	0.35	7.22	3.62	27.65%	Despreciable

Tabla 9: Operación a plena capacidad (2 carro, 230m, cable IWRC de ¾”) – 26.110Tn.

4.12. CÓDIGO DE SEÑALES PARA LABOR INCLINADO

En la mina Alba 3 se utilizará un sistema de señales acústicas (sonido de timbres) que se utilizarán en el tramo de la labor inclinado para comunicar de manera rápida y eficiente

diversas situaciones y acciones dentro de las labores subterráneas. Este sistema es fundamental en ambientes, donde la visibilidad es limitada y la comunicación verbal puede ser difícil debido al ruido, la distancia del pique inclinado o las condiciones de trabajo.

Cada tipo de sonido tiene un significado específico y es interpretado por los colaboradores (trabajadores) de acuerdo con el código establecido según el D.S. 024 – 2016 - EM. El art 298 del presente dispositivo legal se señala el código de señales de uso obligatorio en todas las minas y se colocará mediante avisos en la casa de winche y en cada nivel:

- Un (1) toque corto de timbre: para parar cuando la jaula está en movimiento.
- Un (1) toque corto de timbre: para izar cuando la jaula esté detenida.
- Un (1) toque largo de timbre: para parar la jaula cuando el timbrero o winchero no ha entendido o se ha equivocado la señal emitida.
- Dos (2) toques cortos de timbre: para bajar lentamente.
- Tres (3) toques cortos de timbre: señal preventiva de que va a moverse personal y subir lentamente.
- Cuatro (4) toques cortos de timbre: Señal de que se va a disparar, cuando se está profundizando un pique. El winchero debe responder a esta señal, subiendo o bajando unos metros la jaula; y debe mantenerse alerta hasta que se haya completado el disparo.
- Cinco (5) toques cortos de timbre: señales particulares de cada mina.
- Nueve (9) toques cortos de timbre: señal de peligro en caso de incendio o algún desastre (derrumbe, inundaciones, y otros).

4.13. RESUMEN DE ANÁLISIS Y PROPUESTA DE INGENIERÍA FINAL

A continuación, se presenta una tabla comparativa que resume los resultados de los escenarios analizados y define los componentes de la propuesta de ingeniería final.

ESCENARIO 1: OPERACIÓN INICIAL (1 Carro @ 130m)	ESCENARIO 2: PROFUNDIZACIÓN (2 Carros @ 230m)
Carga Total Para Izar: 2.47 tn	Carga Total Para Izar: 4.90 tn
Cable Evaluado: 3/4" Alma de Fibra (FC)	Cable Evaluado: 3/4" Alma de Fibra (FC)
Capacidad de Rotura: 20.643 tn	Capacidad de Rotura: 20.643 tn
Cálculo Factor de Seguridad:	Cálculo Factor de Seguridad:
FS = 20.643 tn / 2.47 tn = 8.35	FS = 20.643 tn / 4.90 tn = 4.21
CONCLUSIÓN: SEGURO (FS > 5)	CONCLUSIÓN: INSEGURO (FS = 4.21 < 5)
PROPUESTA DE INGENIERÍA FINAL (SOLUCIÓN PARA ESCENARIO 2)	
Especificación:	
Cable 3/4" con Alma de Acero (IWRC)	
Selección de Cable de Acero:	Capacidad de Rotura (según ficha técnica): 26.11 tn
	Carga de Trabajo Segura (20%): 5.22 tn
	Verificación: 4.90 tn (Carga Real) < 5.22 tn (Carga Segura) ->
	CUMPLE
Verificación del Factor de Seguridad:	Cálculo:
	FS = 26.11 tn / 4.90 tn = 5.29
	Resultado:
	SEGURO (FS > 5). Cumple con el D.S. 024-2016-EM.
Dimensionamiento del Motor:	Datos de Entrada:
	Carga (W): 4,900 Kg
	Velocidad (V): 2.6 m/s
	Inclinación (α): 30°
	Eficiencia (Eff): 0.72
	Cálculo de Potencia:
	HP = (4,900 kg * 2.6 m/s * Sen 30°) / (76 * 0.72) = 116.3 HP
	Resultado: Se requiere un winche con un motor de 125 HP (valor comercial estándar superior).

Tabla 10: Análisis Comparativo de Escenarios y Propuesta de Diseño Final.

4.14. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Para realizar la profundización en el pique inclinado y según los cálculos realizados en la investigación; se debe usar cable de acero 6x19 con alma de acero, diámetro $\frac{3}{4}$ pulgada, ya que dicho cable tiene la capacidad máxima de rotura de 26.11 tn; al cargar 4.90 tn, el factor de seguridad es mayor a 5 por lo que está dentro del estándar establecido por Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2017-EM).

Para el diseño de la labor o pique inclinados se tuvo en cuenta los datos geológicos y la caracterización geométrica de la zona donde se encuentra la mina Alba 3, dicho análisis se cumple con lo indicado por el estudio de Cuenca y Guzman (2022), que nos dicen que es fundamental tener los datos geológicos y geométricos de la zona objeto de estudio. Así mismo la profundización de las operaciones mineras obedece a solucionar aspectos estratégicos y operativos que se adecuan cuando el relieve es semiplano a plano como indica Andrade (2014) en su estudio que desarrollo para interceptar veta y que garanticen la continuidad o inicio de operaciones mineras

Por otro lado, para estandarizar la ejecución del pique inclinado en la Mina Alba 3, se tiene en consideración el Art, 302 del D.S. 034-2023-EM concordado con el D.S. 023-2017-EM, donde señala que en todas las minas se llevará un registro especial relativo a los cables, en que se consigna: La fecha de fabricación y el tiempo de almacenamiento; fecha de colocación y cambio del cable. El diámetro de hilos, trenzado y longitud al comenzar a usarse carga de rotura garantizada por el fabricante, números de hilos en todo el cable y cuanta anomalía se observe, tales como dobleces, irregularidades en las espiras, disminución de la sección, alargamientos extraordinarios, oxidación entre otros.

Así mismo en el presente trabajo de investigación concuerda con el estudio de Ramos (2020) donde se menciona que la implementación de un sistema de izaje tiende a incrementar relativamente la producción en comparación con la extracción manual por guardias operativas.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Para dar respuesta al objetivo general de proponer un diseño conceptual de ingeniería para el sistema de izaje en la Mina Alba 3, se concluye que la propuesta es técnicamente viable, estableciendo una base de ingeniería sólida para que el proyecto avance a su siguiente etapa de estudio de factibilidad.

- En respuesta al primer objetivo específico de caracterizar el sistema de extracción y los componentes del sistema de izaje, se concluye que el sistema de extracción propuesto consiste en un pique inclinado de 230 m, cuyos componentes principales son un winche de 125 HP (valor comercial) y cable de acero de 3/4" con alma de acero (IWRC).

- En respuesta al segundo objetivo específico de realizar los cálculos del sistema de izaje, se concluye que los cálculos de ingeniería demuestran que, para la carga de diseño de 4.9 toneladas, el sistema opera con un Factor de Seguridad de 5.29, cumpliendo con la normativa establecida por Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional en Minería (D.S. 024-2016-EM y su modificatoria D.S. 023-2017-EM).

- Adicionalmente, el análisis comparativo de escenarios validó que un sistema de izaje artesanal base sería inseguro para la profundización, justificando así la necesidad de la propuesta de ingeniería final.

5.2. RECOMENDACIONES

- Para la etapa de prefactibilidad del proyecto, realizar un estudio geomecánico de detalle para optimizar el diseño del sostenimiento del pique propuesto, utilizando los parámetros de sección definidos en esta tesis como punto de partida.
- Para la etapa de prefactibilidad del proyecto, elaborar un análisis de rentabilidad económica (VAN, TIR) utilizando los parámetros técnicos de esta tesis (CAPEX estimado del winche de 125 HP y OPEX derivado del ciclo de trabajo) para validar la viabilidad financiera del proyecto.
- Para la etapa de operativa del proyecto, una vez iniciada la excavación, se deberá implementar un programa de monitoreo e inspección semanal del cable de izaje, de acuerdo con el Art. 302 del D.S. 024-2016-EM, para garantizar la seguridad continua del sistema.

5.3. REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

1. Andrade, C. 2014. Diseño de excavación para profundizar el “pique de fierro” ubicado en el área “Ciruelo Unificado” operado por la compañía MINESADCO S.A. Tesis de Ing. Quito, EC, Universidad Central del Ecuador.
2. Compumet EIRL (Empresa Individual de Responsabilidad Limitada). 2006. Sistemas de izaje en minería subterránea piques y winches. Lima, PE, Capacitación para trabajadores mineros Cerro Rico-Base Rey.
3. Cuenca, W; Guzmán, X. 2022. Diseño de excavación en la mina “El Pique”, mediante profundización inclinada, ubicada en el Barrio El Tablón, Cantón Portovelo, operado por la Compañía Oroconcent S.A. Tesis de Ing. Chimborazo, EC, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
4. Jayo, W. 2008. Proyecto de profundización del pique inclinado Mina Limpe Centro tercera etapa Unidad Minera Iscaycruz. Tesis de Ing. Arequipa, PE, Universidad Católica Santa María.
5. Llanque, O. 2008. Servicios auxiliares mineros. Tomo 1. Puno, PE, Editorial Universidad Nacional del Altiplano.
6. Llanque, O. et al. 1999. Explotación subterránea: método y casos prácticos. Puno, PE, Universidad Nacional del Altiplano.
7. Mamani, M; Rivera, F. 2011. Sistema de fallas Iquipi-Clavelinas: zona de transición cortical e implicancias para el emplazamiento de depósitos minerales. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú 105:37-50.
8. Mejía, M; Navarro, R. 2021. Diseño y prefactibilidad de un pique en la Concesión Minera San Sebastián II, Azuay. Tesis de Ing. Azuay, EC, Universidad Nacional de Ecuador.

9. Ramos, M. 2020. Optimización de la extracción de mineral con winche de izaje, para incrementar la producción en la Mina Challhuamayo de la Corporación Minera Santa Teresa. EIRL. Ituata. Tesis de Ing. Puno, PE, Universidad Nacional del Altiplano.
10. Vela, J. 2013. Profundización de la mina Casapalca mediante el diseño y construcción de pique inclinado 016, zona veta Oroya – nivel 14 a 18. Tesis de Ing. Arequipa, PE, Universidad Nacional San Agustín.

ANEXO 01

FICHA TÉCNICA DEL CABLE DE ACERO

Cables de acero Galvanizado.

Fabricados bajo norma DIN 3055, con acero arado, calidad 1770 N/mm², preformados, con alma de fibra natural o sintética.

Características

Cable multipropósito, económico, fácil de usar, protegido contra la oxidación, con una alta resistencia a la tracción.

APLICACIONES

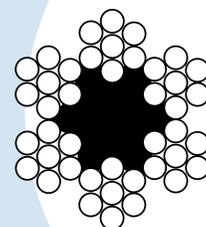
Diversas áreas de la industria, pesca, minería, transporte, telecomunicaciones etc. Cuando esta sometido a gran aplastamiento o altas temperaturas usar con alma de acero.

Diámetro mínimo de poleas

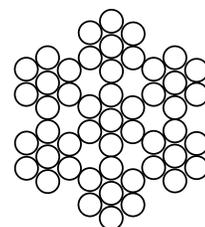
6X7 45 veces el diámetro del cable

6X19 34 veces el diámetro del cable

PULGADAS 6x7	ALMA DE FIBRA		ALMA DE ACERO	
	RESISTENCIA A LA RUPTURA / Tm.	PESO POR METRO kg.	RESISTENCIA A LA RUPTURA / Tm.	PESO POR METRO kg.
5/64"	0.239	0,014	0.259	0.016
1/8"	0.538	0.031	0.582	0.034
5/32"	0.95	0,055	1.03	0.062
3/16"	1.48	0.086	1.61	0.096
1/4"	2.15	0.124	2.32	0.139



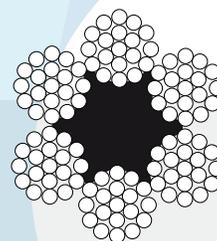
6x7 (6/1)+FC



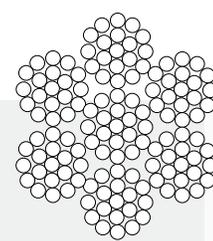
7x7 (6/1) AA



PULGADAS 6x19	ALMA DE FIBRA		ALMA DE ACERO	
	RESISTENCIA A LA RUPTURA / Tm.	PESO POR METRO kg.	RESISTENCIA A LA RUPTURA / Tm.	PESO POR METRO kg.
1/8"	0.498	0.031	0.588	0.034
5/32"	0.886	0.054	1.05	0.061
3/16"	1.387	0.086	1.63	0.095
1/4"	1.998	0.125	2.35	0.137
5/16"	3.54	0.221	4.18	0.24
3/8"	5.53	0.34	6.53	0.38
1/2"	9.36	0.58	11.04	0.64
5/8"	14.17	0.88	16.72	0.97
3/4"	22.13	1.38	26.11	1.52
7/8"	29.47	1.84	31.82	2.02



6x19 (12/6/1)+FC



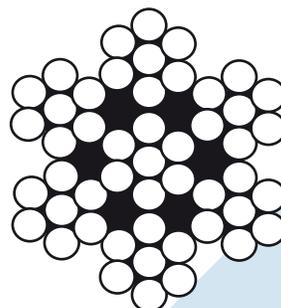
6x19 (12/6/1) AA



Cables de Acero Galvanizados.

Cables de acero galvanizado, calidad 1770, construcción 7 x 7 (6/1) y 1 x 19 (12/6/1)

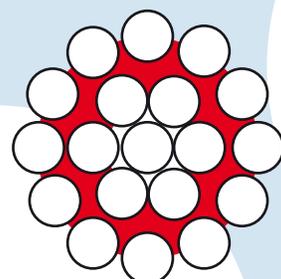
DIÁMETRO	RESISTENCIA A LA RUPTURA / kg.	PESO POR 100 mt. kg.
1/16"	175	0.0145
5/64"	310	0.0225
3/32"	485	0.0283
1/8"	510	0.056
3/16"	1.170	0.119
1/4"	2.040	0.188
5/16"	2.950	0.302



7x7 (6/1)



DIÁMETRO	RESISTENCIA A LA RUPTURA / kg.	PESO POR 100 mt. kg.
1.2 mm	150	0.70
1.5 mm	250	1.12
1.8 mm	340	1.61
2.0 mm	425	2.00
2.5 mm	665	3.10
3.0 mm	580	4.48



1x19 (12/6/1)



Ultrapac 3 X 19S Sondajes.

Cables de acero fabricados con acero arado extramejorado 1960 N/mm², preformado.

El cable amartillado (Swaged) permite una mayor resistencia a la tracción, mejor soporte en la poleas, son muy resistentes a la abrasión y a la rotación, con una baja elongación, resistente a la compresión cuando hay varias capas en el tambor, dando una mayor vida útil del cable y poleas.

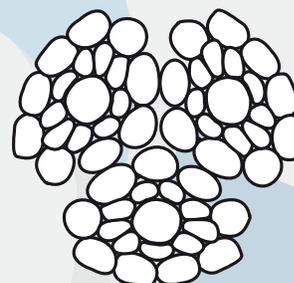
Diámetro mínimo de poleas recomendado 30 veces diámetro del cable.

APLICACIONES

Cable diseñado para uso en prospección geotécnica de sondajes.

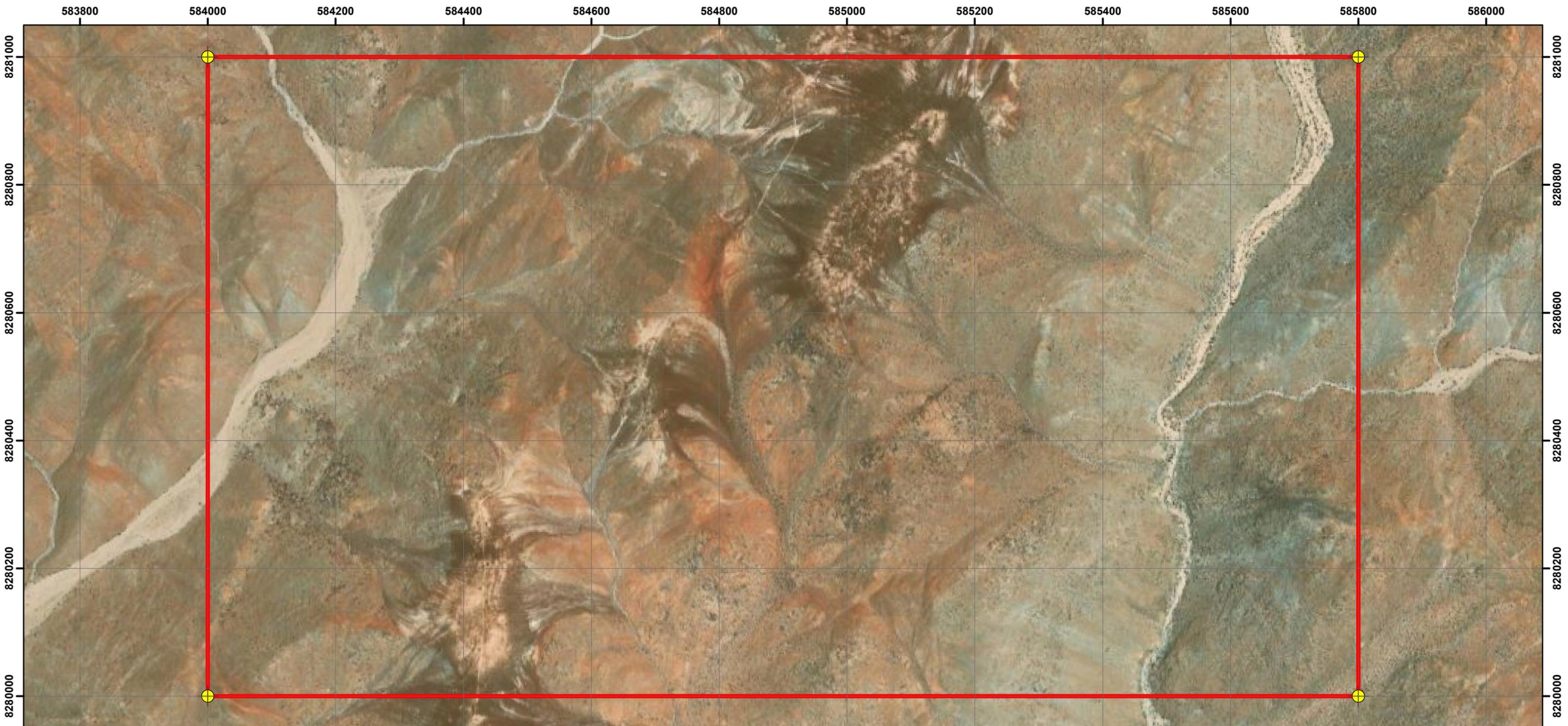
DIÁMETRO	RESISTENCIA A LA RUPTURA / Tm.	PESO POR 100 mt. kg.z
5,0 mm	2.1	0.13
6,0 mm	3.1	0.19
7,0 mm	4.2	0.26
8.0 mm	5.5	0.3
9.5 mm	6.9	0.43
10.0 mm	8.6	0.53

3x19
SWAGED



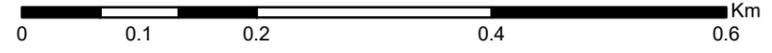
ANEXO 02

PLANO SATELITAL



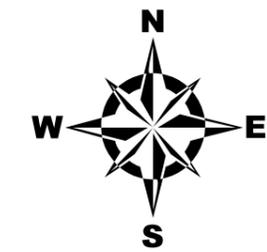
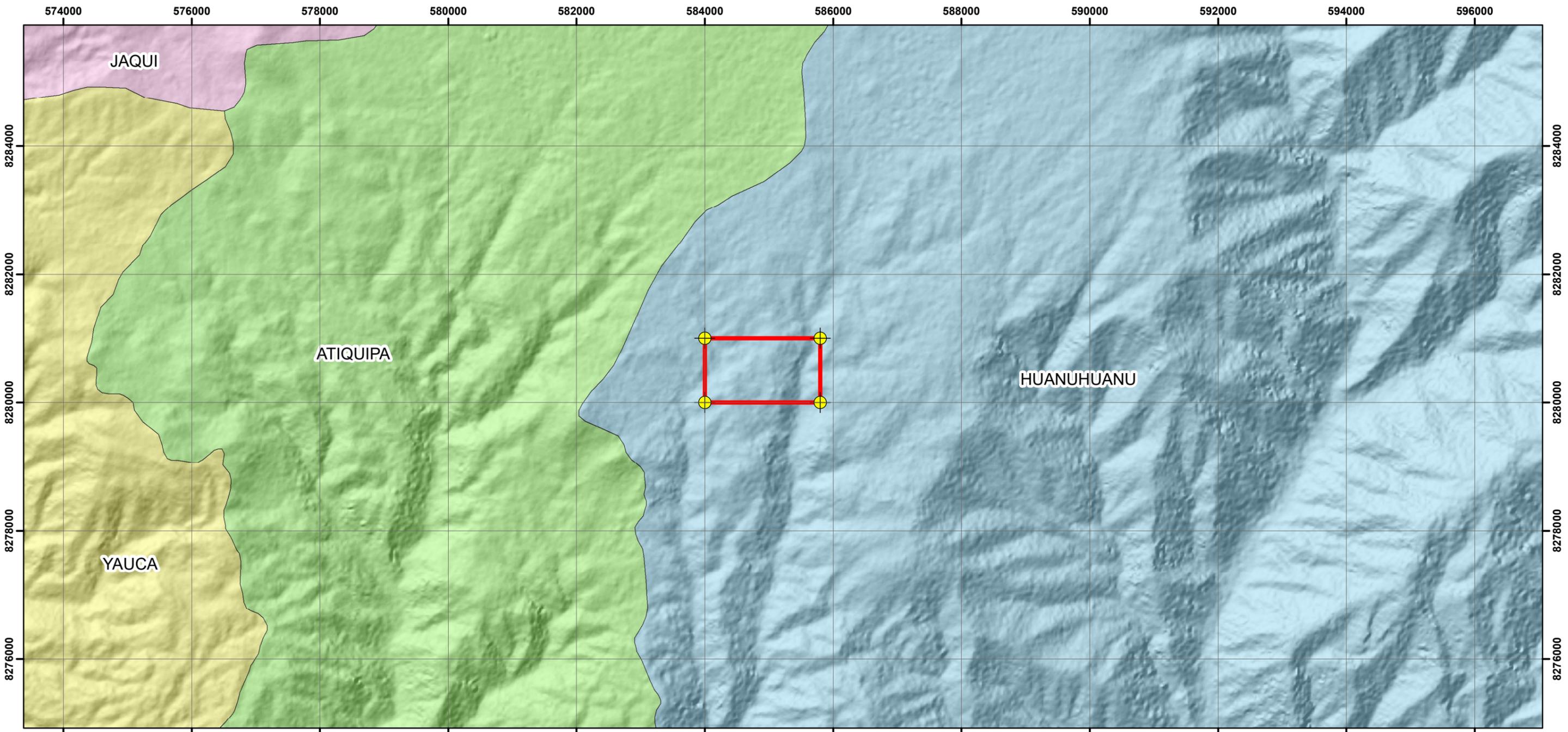
Cordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 DATUM: WGS 1984

SIMBOLOGÍA	
	Vértices
	Zona de estudio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	IMÁGEN SATELITAL	
	Tesista: Andy Joel Reyes Liza	Plano N°
	Asesor: Victor Ausberto Arapa Vilca	P-01
	Sistema: UTM, WGS - 84 Escala: 1/5000	
Zona: 17 S	Fecha: Febrero, 2025	

ANEXO 03
PLANO DE UBICACIÓN



Cordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 DATUM: WGS 1984

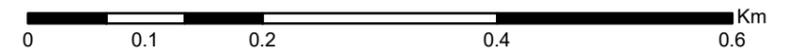
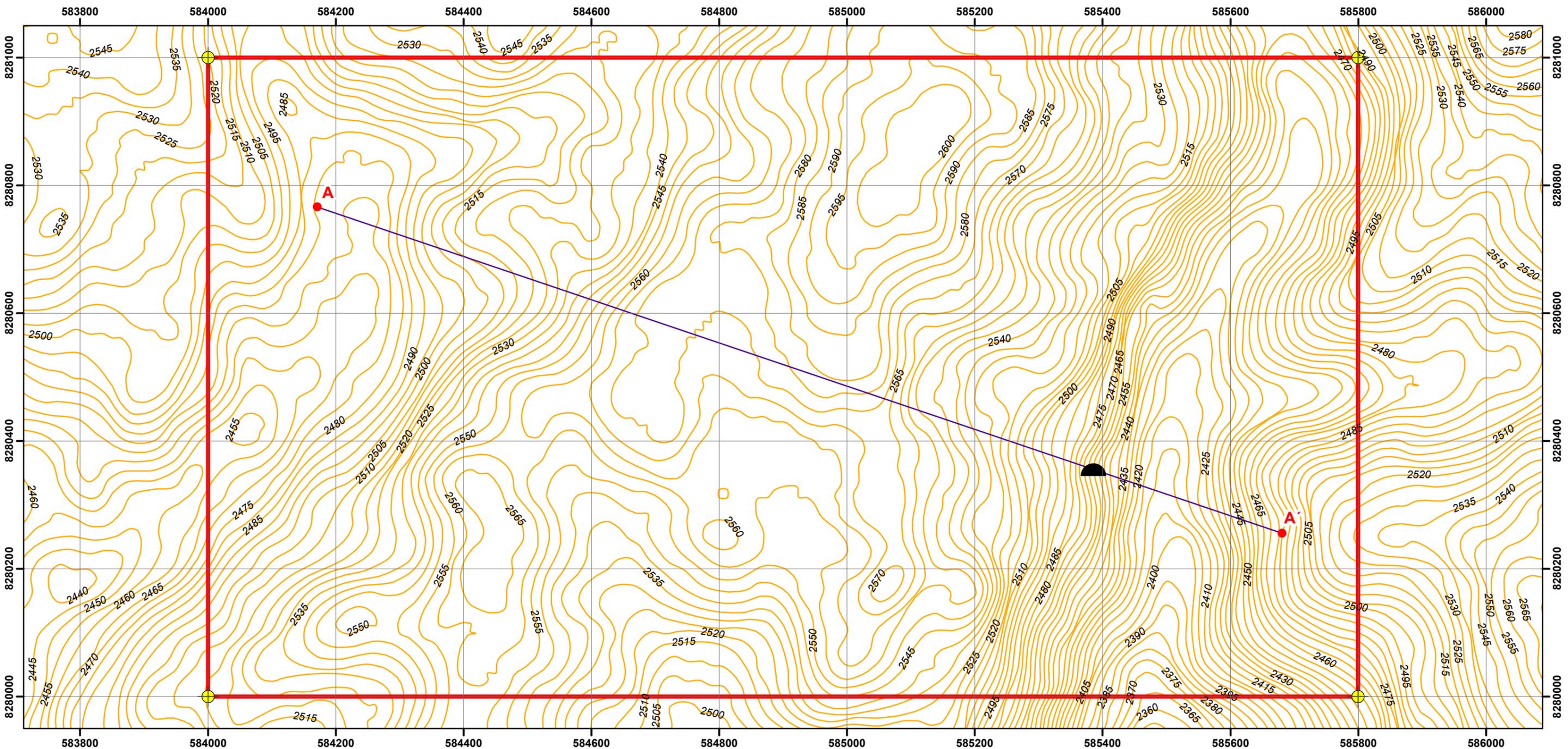
SIMBOLOGÍA	
	Vértices
	Zona de estudio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	PLANO DE UBICACIÓN	
	Tesista: Andy Joel Reyes Liza	Plano N°
	Asesor: Victor Ausberto Arapa Vilca	P-02
	Sistema: UTM, WGS - 84 Escala: 1/70000	
Zona: 17 S	Fecha: Febrero, 2025	

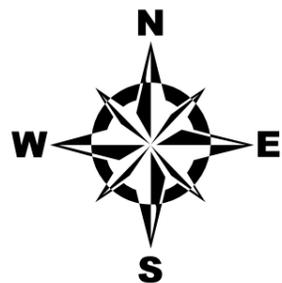
ANEXO 04

PLANO TOPOGRÁFICO



SIMBOLOGÍA

-  Vértices
-  Zona de estudio
-  Bocamina
-  Puntos de sección
-  Sección A-A'
-  Curvas de nivel



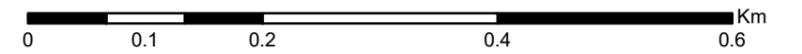
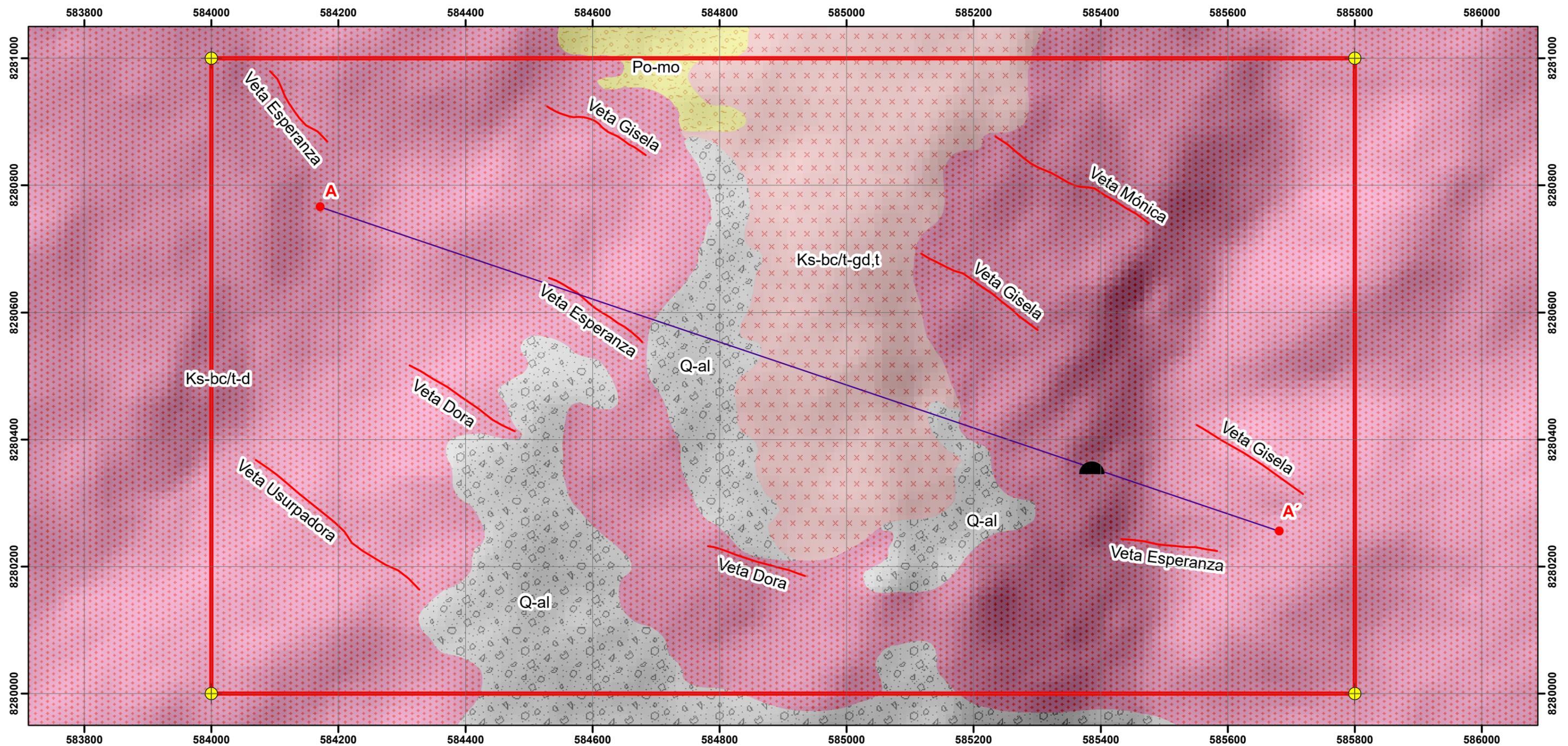
Cordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 DATUM: WGS 1984

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

PLANO TOPOGRÁFICO - MDE

	Tesista: Andy Joel Reyes Liza	Plano N° P-03
	Asesor: Victor Ausberto Arapa Vilca	
	Sistema: UTM, WGS - 84	Escala: 1/5000
	Zona: 17 S	Fecha: Febrero, 2025

ANEXO 05
PLANO GEOLÓGICO

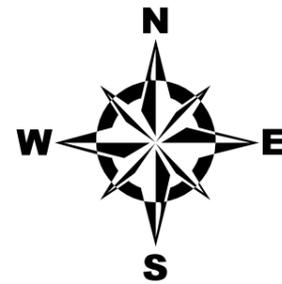


SIMBOLOGÍA

- Vértices
- Zona de estudio
- Estructuras mineralizadas
- Bocamina
- Puntos de sección
- Sección A-A'

GEOLOGÍA

- (Qh-al) Depósito cuaternario Aluvial
- (Ks-bc/t-gd,tn) Graniodorita, tonalita
- (Ks-bc/t-di) Diorita
- (Po-mo) Formación Moquegua



Cordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 DATUM: WGS 1984

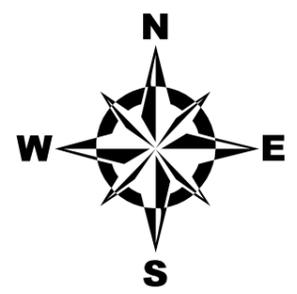
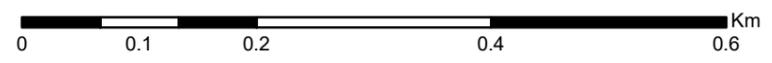
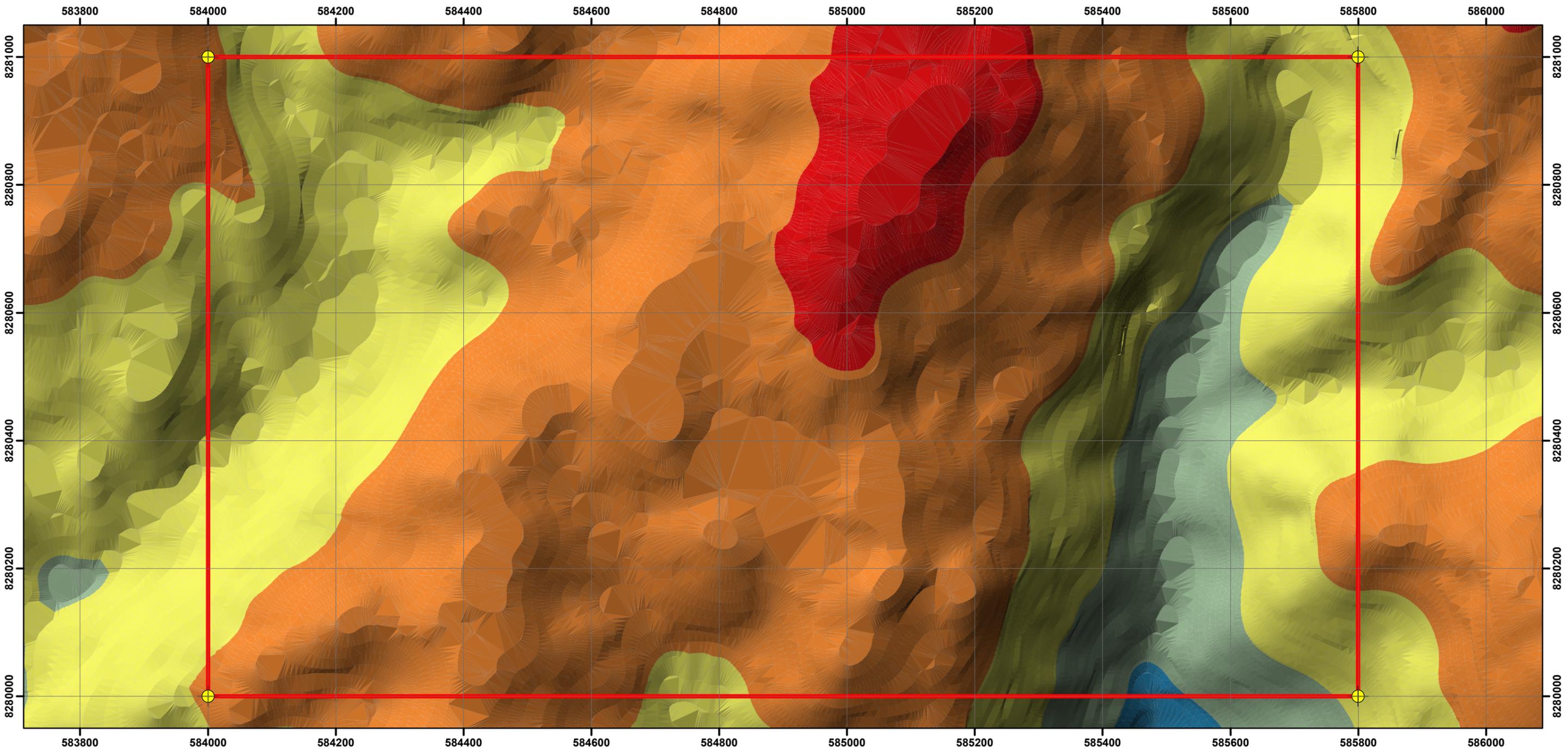
UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

PLANO GEOLÓGICO

Tesisista: Andy Joel Reyes Liza	Plano N°	
Asesor: Victor Ausberto Arapa Vilca	P-04	
Sistema: UTM, WGS - 84		Escala: 1/5000
Zona: 17 S		Fecha: Febrero, 2025

ANEXO 06

PLANO MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES



Cordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 DATUM: WGS 1984

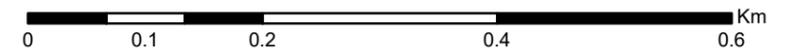
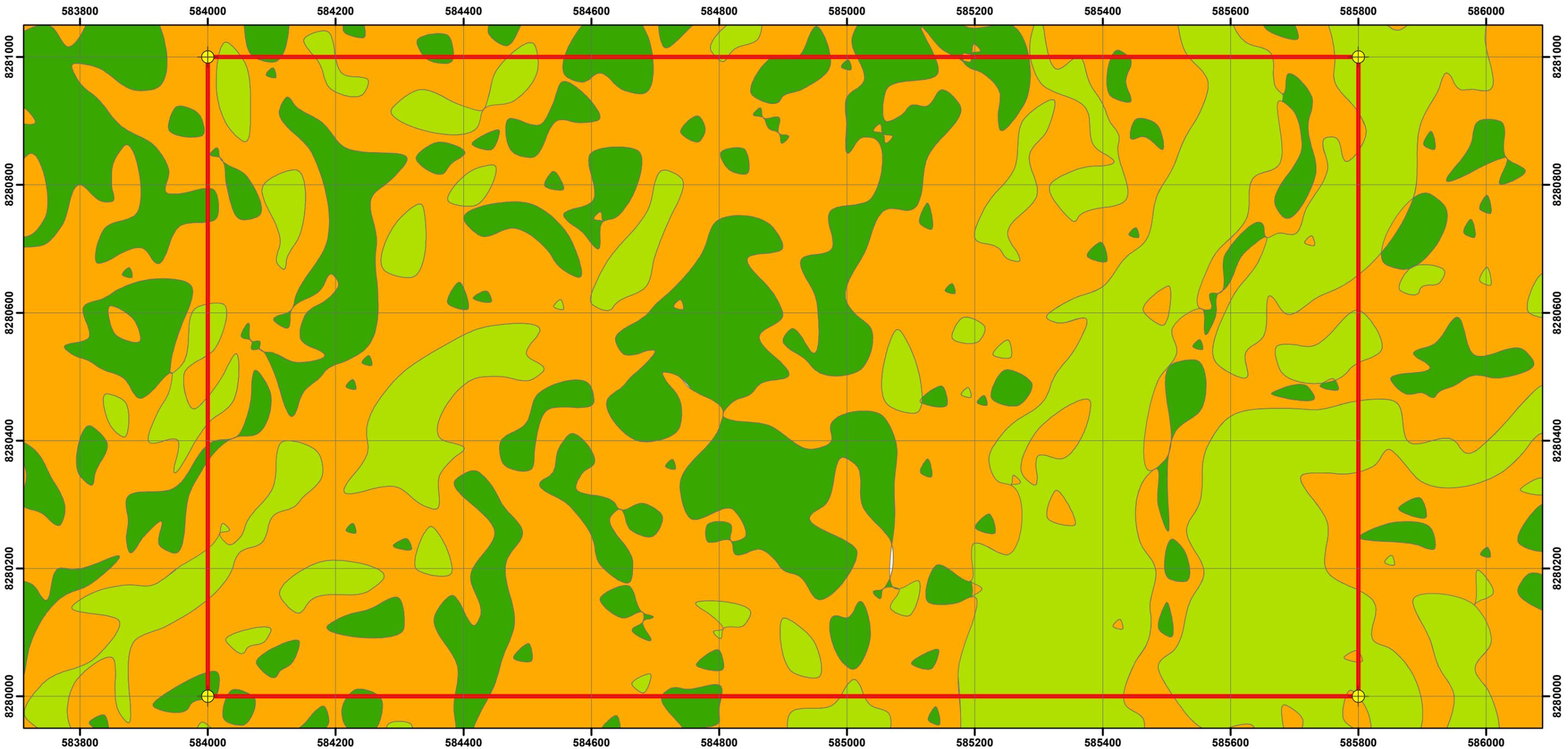
LEYENDA	
ELEVACIÓN	
m.s.n.m	
	2443 - 2512
	2374 - 2443
	2581 - 2650
	2305 - 2374
	2512 - 2581

SIMBOLOGÍA	
	Vértices
	Zona de estudio

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA		
	PLANO: MODELO DIGITAL DE ELEVACIONES	
	Tesista: Andy Joel Reyes Liza	Plano N°
	Asesor: Victor Ausberto Arapa Vilca	P-05
	Sistema: UTM, WGS - 84 Escala: 1/5000	
Zona: 17 S	Fecha: Febrero, 2025	

ANEXO 07

PLANO DE PENDIENTES



LEYENDA

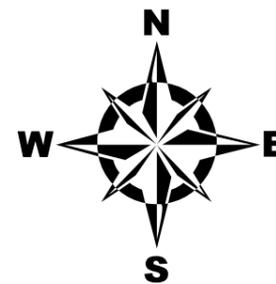
UNIDADES MORFOGENÉTICAS

PENDIENTES

- 0° - 8°: Planicies
- 8° - 20°: Lomadas
- 20° - 50°: Laderas
- >50°: Escarpes

SIMBOLOGÍA

- ++++ Vértices
- Zona de estudio



Cordinate System: WGS 1984 UTM Zone 18S
 Projection: Transverse Mercator
 DATUM: WGS 1984

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

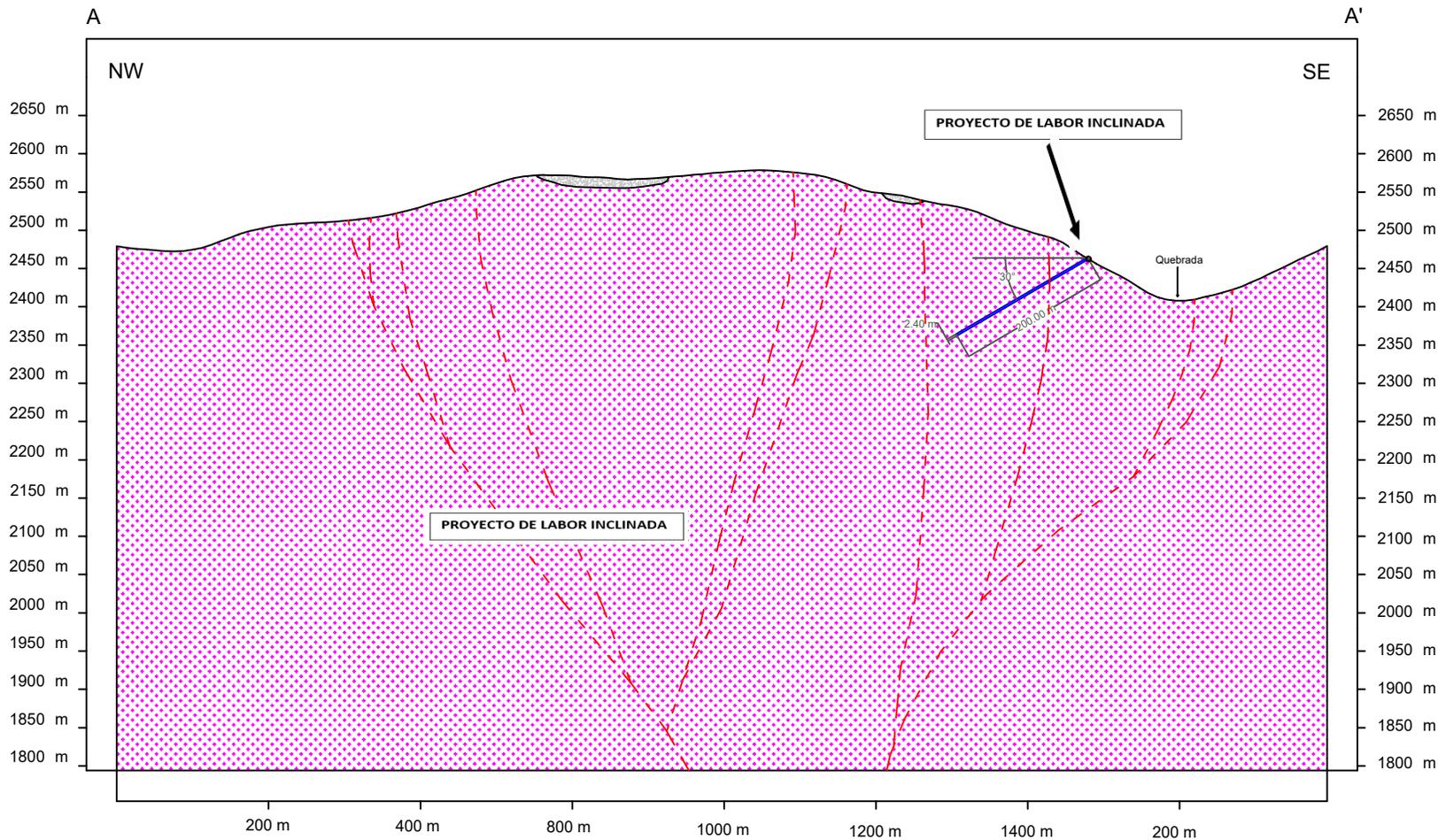


PLANO: PENDIENTES

Tesista:	Andy Joel Reyes Liza	Plano N°
Asesor:	Victor Ausberto Arapa Vilca	
Sistema:	UTM, WGS - 84	P-06
Escala:	1/5000	
Zona:	17 S	Fecha: Febrero, 2025

ANEXO 08

PLANO SECCIÓN TRANSVERSAL



SIMBOLOGÍA	
	Estructuras mineralizadas
	Bocamina

GEOLOGÍA	
	(Qh-al) Depósito cuaternario Aluvial
	(Ke-bc/t-di) Diorita

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA



SECCIÓN TRANSVERSAL A - A'

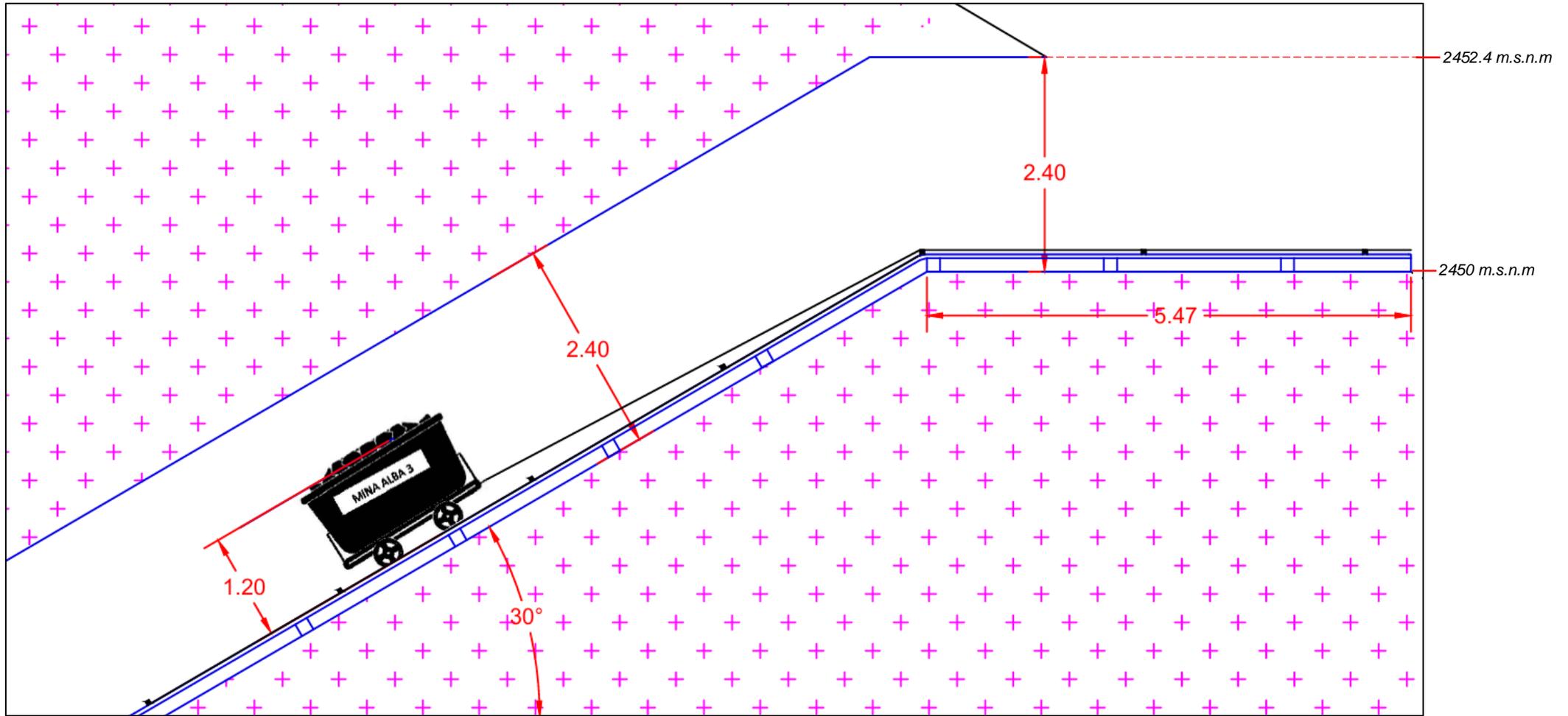
Tesista:	Andy Joel Reyes Liza	Plano N° P-07	
Asesor:	Victor Ausberto Arapa Vilca		
Sistema:	UTM, WGS - 84		Fecha: Febrero, 2025
Escala HZ:	1/10000		Escala V: 1/5000

ANEXO 09

PLANO DE DISEÑO DE LABOR INCLINADA

NW

SE



GEOLOGÍA

 (Ks-bc/t-di) Diorita

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA GEOLÓGICA

Plano: DISEÑO DE LABOR INCLINADA

Tesista: Andy Joel Reyes Liza	Plano N°
Asesor: Victor Ausberto Arapa Vilca	
Sistema: UTM, WGS - 84	Escala: 1/70
Zona: 17	Fecha: Febrero, 2025

P-08

ANEXO 10

AUTORIZACIÓN DE LA EMPRESA