

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

“Estudio Geotécnico y Geológico en las Minas abandonadas de la
Concesión FICT-1 para el prediseño de una Mina Escuela”

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero en Geología

Presentado por:

José Daniel Polo Checa

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

El presente trabajo le dedico a mis padres José Hernán Polo Armijos y Nelly Fabiola Checa Matamoros por su constante dedicación, oraciones, consejos y deseos de superación para sus hijos, a mis hermanos MSc. José Andrés y Md. Ana María Polo Checa por sus excelentes ejemplos a lo largo de toda mi vida.

A mi maestro de la materia de Geología Estructural, que supo incentivar me con el ejemplo de como no ser un mal profesional, ya que encendió la llama de querer aprender cada día más de Geología y espero nunca se apague.

AGRADECIMIENTOS

Mis sinceros agradecimientos al Ing. Erwin Larreta, amigo y mejor Profesor de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de E.S.P.O.L de acuerdo con CENACAD, por la oportunidad e interés que presta a sus estudiantes en la superación personal y profesional, por enseñarme que el valor primordial de los seres humanos se lo obtiene de acuerdo al tipo de persona que es, y no se basa en el título académico, por creer en mí y ser un pilar muy importante en mi formación académica, gracias por dejarme formar parte de su familia.

Al Ing. Kevin Duque, gracias por su ayuda constante durante todo el proyecto como experto en geomecánica, ser un hermano leal con el que sé que siempre se puede contar, por demostrarme que las personas llegan a tu vida sin buscarlas y en el momento preciso.

A M.Sc Eduardo Díaz, gracias por compartir sus conocimientos de Geología sin ningún interés, ayudarme a encontrar otros caminos para cumplir lo planificado.

A Luis Jorda Ph.D., gracias por sus consejos, correcciones y seguimiento

durante todo el proyecto, por la paciencia e interés de mejorar la enseñanza en el mundo de la minería.

M.Sc. Esmilka López, amiga y extraordinaria Docente, gracias por sus consejos y confianza, por darme la oportunidad de aprender en campo, mediante importantes proyectos que dirigía.

Paola Romero PhD., Decana de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (F.I.C.T.), por la apertura de este proyecto e interés de implementar nuevas medidas que dan garantías al aprendizaje del conocimiento para las carreras prácticas en E.S.P.O.L.

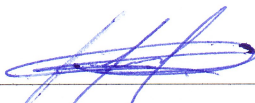
Srta. Fernanda Valdiviezo, mejor amiga, gracias por toda la ayuda prestada desde el comienzo de este proyecto, estaré eternamente agradecido.

Lic. Magaly Ramón, gracias por el apoyo y abrirme las puertas de su casa, durante el tiempo que duró mi carrera universitaria.

Sra. Zoila Brito, sé que desde el cielo cuida a todos sus familiares, tal como lo hacía en la tierra, le debo agradecer por muchas cosas, sobre todo por su sabiduría en los consejos que siempre estaban prestos para las personas que necesitaban uno, gracias por abrirme las puertas de su casa y por compartir momentos que jamás olvidaré.

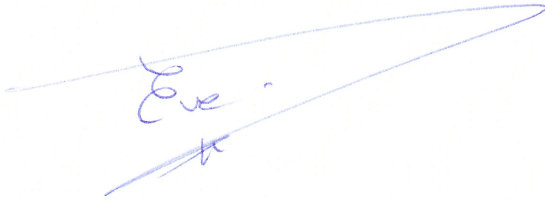
DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *José Daniel Polo Checa* y doy mi consentimiento para que la ESPOI realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



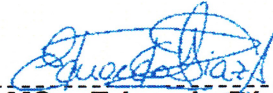
José Daniel Polo Checa

EVALUADORES



MSc. Eva Rivas

PROFESOR DE LA MATERIA



MSc. Eduardo Díaz

PROFESOR TUTOR

PhD. Luis Jordá Bordehore
CO-TUTOR (Universidad Politécnica de Madrid)

RESUMEN

El presente trabajo se analiza la problemática de cómo aumentar la experiencia laboral en estudiantes de la carrera de Geología y Minas pertenecientes a la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de ESPOL, mediante la metodología de Design Thinking, la cual se enfoca en el usuario final para dar soluciones creativas e innovadoras. La metodología dio como resultado el prediseño de una Mina Escuela, en donde se realizó un prototipo de baja resolución, en la concesión minera de la Escuela Superior Politécnica del Litoral (E.S.P.O.L.), llamada "FICT-1", el cual se basó en la búsqueda de minas inactivas, levantamiento planimétrico, levantamiento geotécnico y levantamiento geológico de minas encontradas. La investigación realizada da a conocer que existen Minas escuelas alrededor del mundo, pertenecientes a Universidades con gran prestigio y reconocimiento en el mundo de la Minería, como es la Escuela experimental Edgar, perteneciente a la Escuela de Minas de Colorado. El resultado de esta metodología busca puntos de interés en donde los estudiantes de las carreras de Geología y Minas puedan enfocarse a los temas de interés resolviendo problemas reales en un entorno educativo, con ayuda de Docentes con experiencia laboral en los temas de interés, esto no servirá solo a ESPOL, sino a todo Ecuador para el desarrollo del conocimiento mediante la práctica en las áreas Mineras y Geológicas de Ecuador.

Palabras Clave: Mina Escuela, concesión minera, levantamiento planimétrico, levantamiento geotécnico y levantamiento geológico.

ABSTRACT

The present work analyzes the problem of how to increase the work experience in students of the Geology and Mines career belonging to the School of Engineering in Earth Sciences of ESPOL, using the Design Thinking methodology, which focuses on the user final to give creative and innovative solutions. The methodology resulted in the pre-design of a School Mine, where a low-resolution prototype was made, in the mining concession of the Polytechnic Superior School of the Coast (ESPOL), called "FICT-1", which was based on the search for inactive mines, planimetric survey, geotechnical survey and geological survey of found mines. The research carried out reveals that there are Mining schools around the world, belonging to Universities with great prestige and recognition in the world of Mining, such as the Edgar Experimental School, belonging to the Colorado School of Mines. The result of this methodology looks for points of interest where the students of the Geology and Mining careers can focus on the topics of interest solving real problems in an educational environment, with the help of Teachers with work experience in the topics of interest, this does not It will serve only ESPOL, but all of Ecuador for the development of knowledge through practice in the Mining and Geological areas of Ecuador.

Keywords: Mina School, mining concession, planimetric survey, geotechnical survey and geological survey.

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	6
RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XII
CAPÍTULO 1.....	14
1. Introducción.....	14
1.1 Descripción del problema.....	16
1.2 Justificación del problema.....	17
1.3 Objetivos.....	17
1.3.1 Objetivo General.....	17
1.3.2 Objetivos Específicos.....	17
1.4 Marco teórico.....	18
1.4.1 Ubicación Geográfica.....	22
1.4.2 Cronograma.....	24
1.4.3 Marco Geológico.....	25
CAPÍTULO 2.....	28
2. METODOLOGÍA.....	28
2.1 Análisis de alternativas.....	28
2.1.1 Salidas de campo en las materias con componente práctico en las carreras de Geología y Minas.....	28

2.1.2	Prácticas Pre-Profesionales Empresariales o de Servicio Comunitario relacionadas con la actividades geológicas o mineras.....	28
2.1.3	Materia Integradora.....	30
2.1.4	Voluntario.....	30
2.1.5	Realizar prácticas en una Concesión Minera perteneciente a la Universidad y que cuente con Docentes con experiencia laboral en el tema de interés.....	31
2.2	Restricciones.....	31
2.2.1	Económicas	31
2.2.2	Temporales.....	32
2.2.3	Accesibilidad.....	33
2.2.4	Seguridad	33
2.3	Selección de Metodología	34
2.3.1	Fase I: Empatizar.....	35
2.3.2	Fase III: Definir.....	45
2.3.3	Fase IV: Idear	45
2.3.4	Fase V: Prototipar.....	46
2.4	Recursos	55
CAPÍTULO 3.....		57
3.	RESULTADO Y ANÁLISIS	57
3.1	Accesibilidad.	57
3.2	Levantamiento topográfico.	59
3.3	Clasificación Geomecánica.	61
3.3.1	Primera Estación Geomecánica (EGM1):	61
3.3.2	Segunda Estación Geomecánica (EGM2):	63
3.3.3	Tercera Estación Geomecánica (EGM3):	64
3.4	Clasificación Geológica	67

3.4.1	Descripción de muestras en campo:.....	67
3.4.2	Descripción de láminas delgadas	70
3.5	Puntos de interés académicos	73
CAPÍTULO 4.....		76
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	76
4.1	Conclusiones.....	76
4.2	Recomendaciones.....	77
Bibliografía		78
APÉNDICE		80
Apéndice A: Encuesta realizada en Design Thinking		80
Apéndice B: Datos geomecánicos de la Mina Karateka		84
Apéndice C: Datos y fotografías de las láminas delgadas pertenecientes a la Mina Karateka		92

ABREVIATURAS

BUZ.	Buzamiento.
D.R.X.	Difractómetro de Rayos X
D.B.	Dirección de Buzamiento.
ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
EGM	Estaciones Geomecánicas.
FICT	Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra
NNEE	Dirección Noreste.
NNWW	Dirección Noroeste.
N-S	Dirección desde el Norte hacia el Sur.
OIT	Organización Internacional del Trabajo.
UTPL	Universidad Técnica Particular de Loja.
U.P.I.	Ubicación de Puntos de Interés.
U.T.M.	Universal Transverse Mercator
U.T.P.L.	Universidad Técnica Particular de Loja
U.C.E	Universidad Central del Ecuador
WGS84	World Geodetic System 84

SIMBOLOGÍA

Λ	Fractura por metro lineal
And	Andalusita
Bt	Biotita
cm	Centímetro
Ccp	Calcopirita
E	Este
Ep	Epídota
Fp	Feldespatos
Gn	Galena
Lab	Labradorita
Mnt	Montmorillonita
N	Norte
O	Oeste
Pl	Plagioclasa
Po	Pirrotina
Py	Pirita
Qz	Cuarzo
RMR	Clasificación Geomecánica de Bieniawski
RMRb	RMR básico
RMRc	RMR corregido
S	Sur

ÍNDICE DE FIGURAS

Ilustración 1.1 Mina Marcelo Jorissen, en la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid., Autor: Asociación “Amigos del museo histórico minero Don Felibe de Borbon y Grecia, 2019)	19
Ilustración 1.2 Estadísticas de los principales países productores de cobre a nivel mundial en el 2018, Autor: (Statista, 2018)	21
Ilustración 1.3 Mapa de ubicación de la zona de estudio "fict-1". Autor: José, P. 2019.	23
Ilustración 2.1 Metodología Design Thinking aplicada., Autor: Universidad de Stanford (California, 970)	34
Ilustración 2.2 Mapa de Posibles Actores que intervienen en el siguiente proyecto., Autor: José, P., 2019.....	39
Ilustración 2.3 Mapa de empatía de los clientes (Estudiantes de las Universidades: E.S.P.O.L., Universidad Central del Ecuador, UTPL), Autor: José P.,2019.....	42
Ilustración 2.4 Mapa de empatía de los Profesores de las carreras de Geología y Minas de ESPOL, Autor: José P.,2019	44
Ilustración 2.5 Diagrama metodológico aplicado en el prototipo del presente proyecto, Autor: Polo, J., 2019	47
Ilustración 2.6 Ficha técnica aplicada en campo para el levantamiento de información geológico., Autor: INEGI, 2000	49
Ilustración 2.7 Ficha técnica aplicada en campo para el levantamiento de información geomecánico., Autor: Jordá, L., 2019.....	50
Ilustración 2.8 Diferentes tipo de rugosidad con sus respectivos valores., Autor: (Vallejo, 2002)	53
Ilustración 3.1 Mapa de ubicación de puntos visitados en la concesión FICT-1, realizado: Google Earth, Autor: Polo, J. 2019	58
Ilustración 3.2 Plano Planimétrico en el interior de la Mina Karateka., Autor: Polo, J., 2019	60
Ilustración 3.3 Mapa de Ubicación de las EGM., Autor: Polo, J., 2019.....	62
Ilustración 3.4 Mapa de distribución de la calidad de la roca con acuerdo al RMR de Bieniawski en la mina karateka., Autor: Polo., J. 2019	66

Ilustración 3.5 Plano de puntos propuestos para aprendizaje en campo, Autor: Polo, J., 2019	75
Ilustración A1 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL con respecto a la carrera que pertenecen, Autor: Polo, J., 2019	80
Ilustración A2 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL con respecto a las salidas de campo, Autor: Polo, J., 2019	80
Ilustración A3 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL, con respecto a conocimientos perduraderos, Autor: Polo, J., 2019	81
Ilustración A4 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL, Autor: Polo, J., 2019	81
Ilustración A5 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL, Autor: Polo, J., 2019	82
Ilustración A6 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de UCE y UTPL, Autor: Polo, J., 2019	82
Ilustración A7 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de UCE y UTPL, con respecto a la carrera que pertenece, Autor: Polo, J., 2019	83
Ilustración A8 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de UCE y UTPL, con respecto a las salidas de campo, Autor: Polo, J., 2019	83
Ilustración A9 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de UCE y UTPL, con respecto a las salidas de campo, Autor: Polo, J., 2019	84
Ilustración B1 Gráficos basados en los resultados de la Ficha técnica Geomecánica basado en EGM1. Autor: Polo, J., 2019	86
Ilustración B2 Gráficos basados en los resultados de la Ficha técnica Geomecánica, basado en la EGM2. Autor: Polo, J., 2019.....	88
Ilustración B3 Gráficos basados en los resultados de la Ficha técnica Geomecánica, basado en la EGM3. Autor: Polo, J., 2019.....	90

Ilustración C1 Muestra de Mano perteneciente a la muestra Caja #1, COD-5. Autor: Polo, J., 2019.....	92
Ilustración C2 Lámina delgada perteneciente a la muestra Caja #1, COD-5, donde se observa la mineralización a la derecha y la ganga a la izquierda. Autor: Polo, J., 2019	92
Ilustración C3 Fotografía tomada con Aumento: x 10, en microscopio para minerales opacos de la muestra de Caja #1, en zona mineralizada COD – 5, Autor: Polo, J., 2019	93
Ilustración C4 Fotografía tomada con Aumento x 10, en microscopio para minerales opacos de la muestra de Caja #1, en zona de ganga, COD – 5, Autor: Polo, J., 2019 .	93
Ilustración C5 Muestra de Mano perteneciente a la muestra Caja #2, COD-4. Autor: Polo, J., 2019.....	94
Ilustración C6 Fotografía en Nicoles X con Aumento: x 10 de muestra de Caja #2, COD-4., Autor: Polo, J., 2019	95
Ilustración C7 Fotografía en Nicoles II, con Aumento x 10 de muestra de Caja # 2, COD-4, Autor: Polo, J., 2019	95
Ilustración C8 Muestra de Mano perteneciente a Material de Veta, COD-1. Autor: Polo, J., 2019.....	96
Ilustración C9 Fotografía en Nicoles X con Aumento: x4, de muestra de Material de Veta de, COD- 1., Autor: Polo, J., 2019	97
Ilustración C10 Fotografía en Nicoles II, con Aumento x4 de muestra de Material de Veta de, COD- 1., Autor: Polo, J., 2019	97
Ilustración C11 Muestra de Mano perteneciente a Material de Techo de Veta, COD-2. Autor: Polo, J., 2019	98
Ilustración C12 Fotografía en Nicoles X, con Aumento x10, muestra de Material de Techo de Veta, COD- 2., Autor: Polo, J., 2019.....	99
Ilustración C13 Fotografía en Nicoles II, con Aumento x10, muestra de Material de Veta de, COD- 2., Autor: Polo, J., 2019	99
Ilustración C14 Muestra de Mano perteneciente a Material de Sobre Caja, COD-3. Autor: Polo, J., 2019.....	100
Ilustración C15 Fotografía en Nicoles X, con Aumento x10, muestra de Material Sobre Caja, COD- 3., Autor: Polo, J., 2019.....	101

Ilustración C16 Fotografía en Nicoles II, con Aumento x10, muestra de Material Sobre Caja, COD- 3., Autor: Polo, J., 2019.....	101
Ilustración C17 Muestra de Mano perteneciente a Material de Sobre Caja, COD-3. Autor: Polo, J., 2019.....	102
Ilustración C18 Fotografía en Nicoles II, con Aumento x10, muestra de Material Piso de Veta, COD- 6., Autor: Polo, J., 2020.....	103
Ilustración C19 Fotografía en Nicoles II, con Aumento x10, muestra de Material Piso de Veta, COD- 6., Autor: Polo, J., 2020.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Cronograma propuesto para realizar las actividades relacionadas al proyecto, Autor: José, P. 2019	24
Tabla 2.1 Minas Escuelas alrededor del mundo., Autor: José, P., 2019	35
Tabla 2.2 Materias de especialidad de acuerdo a las horas prácticas de la carrera de Geología, ESPOL., Autor: José, P., 2019.....	36
Tabla 2.3 Materias de especialidad de acuerdo a las horas prácticas de la carrera de Minas, ESPOL., Autor: José, P., 2019.....	37
Tabla 2.4 Participación por carrera., Autor: José, P., 2019	39
Tabla 2.5 Participación por nivel en la malla curricular., Autor: José, P., 2019	39
Tabla 2.6 Registro de salidas de campo de acuerdo con estudiantes., Autor: José, P., 2019	40
Tabla 2.7 Importancia de salidas de campo de acuerdo a estudiantes de las carreras de Geología y Minas de ESPOL., Autor: José, P., 2019	40
Tabla 2.8 Periodo de recuerdos de materias teóricas en estudiantes de las carreras de Geología y Minas de ESPOL., Autor: José, P., 2019	40
Tabla 2.9 Estudiantes de las carreras de Geología y Minas de ESPOL que conocen lo que es una Mina Escuela., Autor: José P.,2019.....	40
Tabla 2.10 Grado de meteorización., Autor: Bieniawski 1976	51
Tabla 2.11 Clases de grados de Meteorización., Autor: (ISRM, 1981).....	52
Tabla 2.12 Instrumentos usados en las diferentes fases del proyecto, Autor: Polo, J. 2019	55
Tabla 3.1 Referencia de puntos visitados en la concesión FICT-1, Autor: Polo, J., 2019	59
Tabla 3.2 Valeres de los diferentes componentes que se toman en cuenta para obtener el RMRb en la EGM1., Autor: Polo., J. 2019	61
Tabla 3.3 RMR corregido de EGM1 de acuerdo con la dirección del túnel con respecto a la estructura principal Autor: Polo., J. 2019	63
Tabla 3.4 Valeres de los diferentes componentes que se toman en cuenta para obtener el RMRb de la EGM2., Autor: Polo., J. 2019	64

Tabla 3.5 RMR corregido de EGM2 de acuerdo con la dirección del túnel con respecto a la estructura principal Autor: Polo., J. 2019	64
Tabla 3.6 Valeres de los diferentes componentes que se toman en cuenta para obtener el RMRb de la EGM3., Autor: Polo., J. 2019	65
Tabla 20 RMR corregido de EGM3 de acuerdo con la dirección del túnel con respecto a la estructura principal Autor: Polo., J. 2019	65

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo se han logrado muchos cambios en la educación, así mismo, en el área de investigación se han obtenido muchos avances, la importancia de realizar prácticas de lo aprendido en el aula de clases ha sido tema de discusión a nivel mundial. “La extraordinaria utilidad de las actividades de aprendizaje fuera del aula en el marco de asignaturas de Ciencias de la Tierra está ampliamente reconocida de manera positiva” (David Brusi, 2011)

Desde sus inicios las carreras de geología y las ingenierías relacionadas con el terreno (minas, civil, petróleo y otras muchas más) han contado en sus planes de estudios con salidas de campo y visitas técnicas. En el caso particular de la formación de ingeniero de minas, ingeniero geólogo y geólogo la actividad extractiva está muy relacionada con la profesión. En estos estudios han sido históricamente muy frecuente las vistas a explotaciones mineras tanto de interior como de exterior y a canteras en activo. Sin embargo, en los últimos años las visitas a espacios mineros han disminuido principalmente por dos motivos:

- En el caso particular de Europa, por el cierre de muchas explotaciones mineras
- En general las mayores restricciones son por motivos de responsabilidad del profesorado, seguridad y de confidencialidad en las explotaciones.

Ello ha llevado a que, en general las visitas de campo han disminuido. Y de forma más acuciante aquellas a la industria y a las explotaciones mineras (varios profesores de la UPM Madrid, com. pers.)

Paralelamente al cierre de explotaciones mineras y considerando el creciente interés por el patrimonio geológico y minero, cada vez se abren más minas turísticas en el mundo. El turismo minero representa cada vez más una actividad complementaria en zonas mineras deprimidas.

De acuerdo con Orche (2004), divide la casuística de parques mineros en 6 grandes grupos:

- A. Minas ficticias construidas simulando ser minas reales. Son las denominadas minas imagen.
- B. Minas rehabilitadas sin actividad minera
- C. Minas no rehabilitadas sin actividad minera.
- D. Minas con actividad minera que interrelaciona con el parque.
- E. Minas con actividad minera que no interrelaciona con el parque.
- F. Minas o partes de minas abandonadas que forman parte de una explotación minera activa mayor.

Las minas turísticas son habitualmente de las categorías A y B, subterráneas (Jordá et al 2010), en general estas minas están enfocadas al gran público y no a la capacitación de técnicos o formación de estudiantes de las ramas técnicas, ingenieriles o geología. Sin embargo, como ya se ha apuntado, esta carencia de minas para poder practicar o hacer talleres está llevando a que algunas de las minas rehabilitadas se les esté dando además un uso formativo.

Las reservas de minerales con importancia económica descubiertas en los últimos años en Ecuador dan a conocer un potencial muy prometedor, señalando un camino al cual proyectarse en un futuro no tan lejano, “En la medida en que el sector minero vaya desarrollando su potencial, puede convertirse a medio plazo en un elemento de gran importancia para la economía ecuatoriana” (Gorospe, 2018).

La formación de Ingenieros Geólogos y de Minas es un punto clave para aprovechar los recursos naturales que ofrece Ecuador, debido a esto, el tipo de formación de habilidades que debe poseer un profesional dedicado a esta rama es sumamente importante.

Existen escasas minas en el mundo que prestan 100% de sus servicios a la educación e investigación, una de ellas es la Mina Experimental Edgar, ubicada en la Escuela de Minas de Colorado, Estados Unidos, “En este laboratorio subterráneo, los estudiantes de Minas obtienen experiencia práctica, pueden aplicar ejercicios de clase a situaciones reales en un entorno de minería realista” (Colorado School Mines, 2019)

En base a lo anterior, la propuesta de implementar una “Mina Escuela” perteneciente a la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), marca el comienzo de una nueva etapa en la educación superior ecuatoriana, siendo pionera en este país sobre la relevancia de la práctica de los conocimientos adquiridos en el aula.

1.1 Descripción del problema

De acuerdo con la proyección de (QS World University, 2019), la E.S.P.O.L. se encuentra en el puesto #64 de las mejores universidades de Latinoamérica, no obstante, se observan falencias en ciertas áreas por parte de los profesionales recién graduados, la falta de experiencia en campo es una realidad en las carreras de Minas y Geología.

Es necesario que el estudiante universitario enfrente problemas reales de su carrera, desarrollando habilidades y experiencias que permita desenvolverse desde muy temprano en el mundo laboral, logrando así una mejor comprensión en las diferentes áreas que la Universidad prepara “Las salidas de campo rompen con la rutina habitual de las clases y trasladan el aprendizaje y el conocimiento al mundo real” (Juan Antonio López Martín, 2000).

Limitantes:

- Se requieren permisos por parte de las empresas para realizar prácticas de campo, en repetidas ocasiones los trámites burocráticos solicitados por parte del estudiante terminan desvaneciéndose.
- La seguridad que implementan varias empresas a las cuales los estudiantes recurren para realizar prácticas preprofesionales, no es suficiente para garantizar su bienestar.
- En repetidas ocasiones el tiempo disponible por el estudiante para realizar prácticas, no coincide con las plazas otorgadas por la empresa.

1.2 Justificación del problema

La situación actual de profesionales recién graduados en las carreras de Geología y Minas no equivale al esfuerzo invertido por los estudiantes durante su vida universitaria, ya que según la Organización Internacional del Trabajo (O.I.T., 2019), el 40.8% de personas desempleadas, no cuentan con experiencia laboral.

Resulta de especial importancia conocer las falencias de estas carreras, con el fin de mejorar el aprendizaje continuo por medio de la implementación de ideas innovadoras.

Implementar una mina escuela piloto, mediante un modelo teórico de aprendizaje en campo, con el fin de poseer un lugar seguro y apropiado para perfeccionar el conocimiento de los politécnicos en las carreras de Geología y Minas, es la propuesta de este trabajo.

La información recopilada en la presente tesis da un beneficio social a toda la comunidad educativa, además, en las instalaciones de la mina escuela podrán realizarse diferentes proyectos de investigación.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Realizar la evaluación geomecánica y geológica de las minas abandonadas en la concesión "FICT-1", mediante el levantamiento de información en campo, para el prediseño de una mina escuela.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar el levantamiento planimétrico de las galerías preexistentes en el área fict-1, mediante cinta y brújula, para la ubicación de estaciones geomecánicas y geológicas.

2. Analizar la calidad del macizo rocoso de las galerías preexistentes en el área fict-1, mediante estaciones geomecánicas, para garantizar la seguridad de labores mineras.
3. Determinar la geología de las galerías preexistentes en el área fict-1, mediante el levantamiento de información en campo, para la correcta ubicación de puntos de interés que focalicen el desarrollo del conocimiento de la carrera de geología.

1.4 Marco teórico

Alrededor del mundo existen centros de capacitación de habilidades dedicados a la minería, los mismos que se dedican al aprendizaje por medio de la práctica. De acuerdo con el ranking (QS World University, 2019). la mejor universidad que imparte conocimientos de minería es la universidad de Colorado, la misma que cuenta con una “Mina Experimental Edgar” ubicada cerca de las comunidades de Halcón Negro, Central City y Georgetown.

La Escuela de Minas de la Universidad de Colorado por medio de la Mina Experimental Edgar, ofrece “experiencia práctica en levantamiento de minas subterráneas, mapeo geológico, perforación y voladura, estudios de campo de ventilación de minas, práctica de instrumentación de rocas, operaciones de unidades de minas subterráneas y seguridad minera.” (Colorado School of Mines, 2019)

Actualmente no es el único centro educativo que ha realizado esta modalidad, en Europa y Suramérica, existen centros dedicados a la enseñanza mediante la práctica.

La Mina Marcelo Jorissen es una de ellas, ubicada en el centro de Madrid, ejercía actividades como una mina de carbón, actualmente se desempeña como una mina museo, misma que de acuerdo a Cristhian Peña, (Coordinador del museo de la Escuela de Ingenieros de Minas, 2018), la creación de este centro de enseñanza fue en el año de 1967, con el objetivo de que los estudiantes de dicha escuela tuvieran la oportunidad de practicar

lo aprendido en sus especializaciones, con medidas de seguridad controladas (Ver Ilustración 1.1).



Ilustración 1.1 Mina Marcelo Jorissen, en la Escuela de Ingenieros de Minas de Madrid., Autor: Asociación “Amigos del museo histórico minero Don Felibe de Borbon y Grecia, 2019)

En Alemania, se encuentra la ciudad de Freiberg “conocida como la Ciudad de la plata de Sajonia” (EcuRed, s.f.), la cual ha realizado actividad minera durante siglos. La Universidad Técnica de Freiberg ha utilizado instalaciones de la ciudad para impartir conocimientos en Minería, siendo uno de los primeros centros educativos en ofrecer conocimientos mediante la práctica.

La Mina Escuela Laboral de El Bierzo, ubicada en el municipio Folgoso de la Ribera, España, se destaca por las dimensiones de sus instalaciones que “ocupan una superficie de 54 hectáreas y cuentan con todo el equipamiento e infraestructura formativas, con un equipo docente formado por titulados en diferentes ramas para garantizar una formación técnica actualizada y de calidad” (Fundación Santa Bárbara, 2019). Esta mina sin embargo esta orientada principalmente a la formación en seguridad para técnicos y

mineros, así como en incendios de túneles a bomberos, pero no a los ingenieros y geólogos.

La mina Pyhasalmi es la mina de metales base (no de carbón) más profunda de Europa, alcanzando los 1444 m de profundidad. Explora zinc y cobre en y se localiza en Finlandia, uno de los países con mayor actividad minera de Europa. La mina está acometiendo su proceso de cierre¹ y dentro del mismo se está barajando la posibilidad de usar esta enorme y moderna explotación (o al menos una parte de la misma) para actividades de enseñanza².

El proyecto MINETRAIN financiado por la Comisión Europea a través de EIT Raw Materials, está analizando la viabilidad de esta iniciativa. Actualmente se están diseñando cursos y talleres prácticos en dicha mina, la cual es parte principal de un consorcio en el que se encuentra entre otros la Escuela de Minas de Freiberg, donde también se imparte docencia en una mina. En el caso de Freiberg se usa para docencia la mina turística de plata de la ciudad (no siendo un uso de la misma 100% educacional).

En la ciudad de Santiago (Chile) se encuentra la Universidad Adolfo Ibáñez (U.A.I), la cual lleva a cabo el proyecto “Escuela Mina – Planta”, que de acuerdo con la (Facultad de Ingeniería y Ciencias, 2017) lleva por lema “Aprendo haciendo”, además, tiene un costo de inversión aproximado de USD \$900,000 y ya cuenta con la elaboración de su primera etapa mediante fondos de Innovación para la competitividad.

¹ <https://www.miningmetalnews.com/20190802/1087/finnish-pyhasalmi-mine-getting-ready-closure>

² <http://minetrain.eu/index.html>

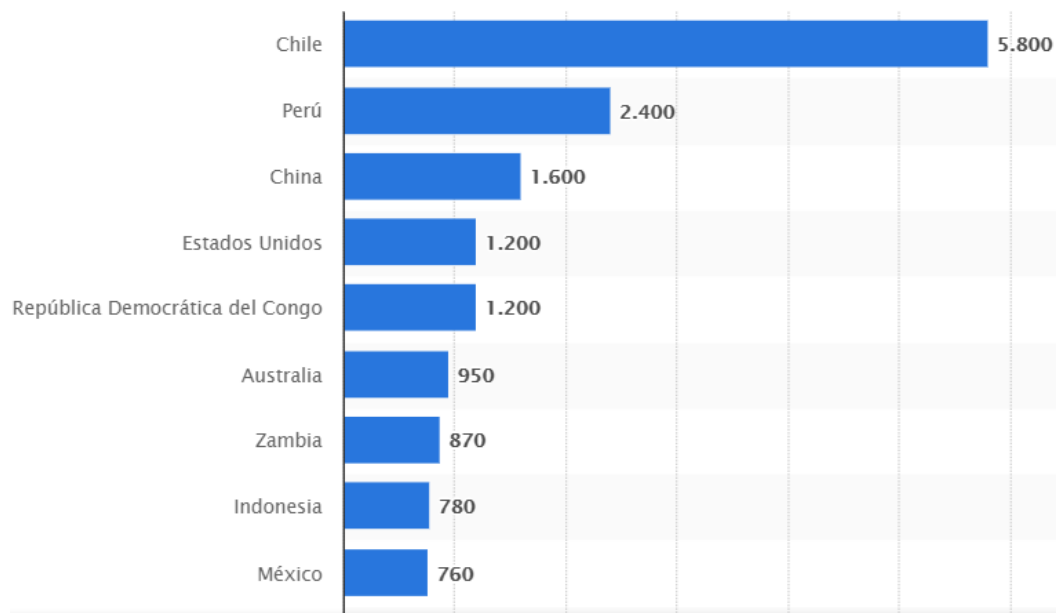


Ilustración 1.2 Estadísticas de los principales países productores de cobre a nivel mundial en el 2018, Autor: (Statista, 2018)

Dentro de las estadísticas (Statista, 2018), el principal productor de cobre a nivel mundial, es Chile, indicando de manera leve su gran recorrido por el sector minero, cabe recalcar que, este País cuenta con tecnología e ideas innovadoras que han trascendido durante un extraordinario tiempo, colocándolo en la cúspide de la minería de cobre durante varios años consecutivos.

La inversión económica para llevar a cabo este tipo de proyectos es alta, sin embargo, tomando como ejemplo la Mina Experimental Edgar de la Universidad de Colorado, en donde se realizó gestiones y convenios con empresas mineras, logrando conseguir maquinaria y equipamiento para impartir las actividades hoy programadas, y la Escuela Mina – Planta de la Universidad Adolfo Ibáñez, en donde la gran mayoría de fondos dedicados a este proyecto, provienen del Gobierno Chileno.

Al conocer los diferentes proyectos que se llevan a cabo alrededor del mundo, y comprender el potencial minero de Ecuador, existe un camino señalado por el cual la educación debe proyectarse, la creación de Centros

de Desarrollo de Habilidades, en donde se realiza prácticas de los conocimientos impartidos por las carreras de geología y minería, es la forma en donde se garantiza el futuro prometedor de nuestro País.

La Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra de E.S.P.O.L., cuenta con un área minera, llamada fict-1, misma que ha sido sede de varios procesos de extracción de minerales años atrás, hace tres años aproximadamente el área se encuentra abandonada por el operador minero, dejando atrás, galerías subterráneas, áreas dispuestas para campamento, etc.

La propuesta de la implementación de una Mina Escuela dentro del área minera fict-1, radica en la reutilización de las galerías ya existentes y desarrollo de la infraestructura en lugares establecidos, ayudando de esta manera a perfeccionar la formación de profesionales en el área de geología y minería, garantizando el futuro minero que posee nuestro País.

1.4.1 Ubicación Geográfica.

La concesión "FICT-1" se encuentra al extremo este de la parroquia de Naranjal al sureste de la provincia del Guayas cerca del límite con Azuay. Esta tiene una extensión de 228.09 hectáreas mineras de acuerdo con ARCOM, se puede observar el mapa de ubicación en la siguiente imagen (Ver Ilustración 1.3):

MAPA DE UBICACIÓN

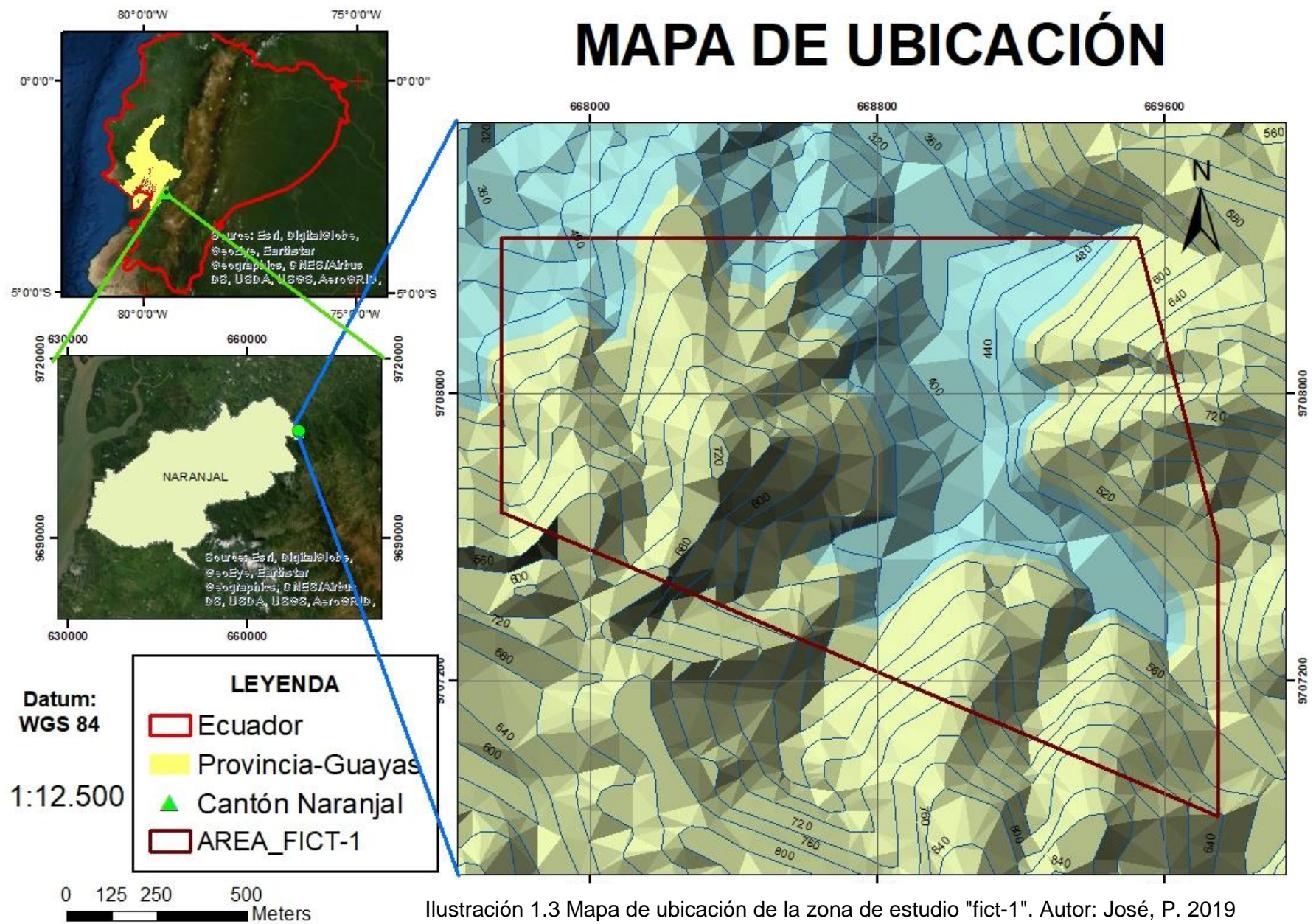


Ilustración 1.3 Mapa de ubicación de la zona de estudio "fict-1". Autor: José, P. 2019

1.4.2 Cronograma

El presente proyecto hace referencia al cronograma de actividades propuesto a continuación:

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

**Tabla 1.1 Cronograma propuesto para realizar las actividades relacionadas al proyecto,
Autor: José, P. 2019**

OCTUBRE							
1 Semana							
Actividades	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
#1	21	22	23	24	25	26	27
Trabajo de Gabinete (Recopilación de Información del área de estudio)	•	•	•	•	•		
2 Semana							
	28	29	30	31	01	02	03
Trabajo de Gabinete (Recopilación de Información del área de estudio)	•	•	•	•	•		
NOVIEMBRE							
3 Semana							
	04	05	06	07	08	09	10
Trabajo de Gabinete (Elaboración de Mapa Base)	•	•	•	•	•	•	•
4 Semana							
#3	11	12	13	14	15	16	17
Trabajo de Campo (Reconocimiento del área)	•	•	•	•	•		
5 Semana							
	18	19	20	21	22	23	24
Trabajo de Campo (Búsqueda de Minas Inactivas)	•	•	•	•	•		
6 Semana							
	25	26	27	28	29	30	01
Trabajo de Campo (Levantamiento Topográfico en Minas Inactivas)	•	•	•	•	•		
DICIEMBRE							

7 Semana							
	02	03	04	05	06	07	08
Trabajo de Campo (Levantamiento Geomecánico en Minas Inactivas)	•	•	•	•	•	•	•
8 Semana							
	09	10	11	12	13	14	15
Trabajo de Campo (Levantamiento Geológico en Minas Inactivas)	•	•	•	•	•		
9 Semana							
#4	16	17	18	19	20	21	22
Trabajo de Gabinete (Procesamiento de datos Topográficos)	•	•	•	•	•		
10 Semana							
	23	24	25	26	27	28	29
Trabajo de Gabinete (Realizar Láminas delgadas)	•	•	•	•	•	•	
ENERO							
11 Semana							
	30	31	01	02	03	04	05
Trabajo de Gabinete (Procesamiento de datos Geológicos)	•	•	•	•	•	•	•
12 Semana							
	06	07	08	09	10	11	12
Trabajo de Gabinete (Procesamiento de datos Geomecánicos)	•	•	•	•	•	•	•

1.4.3 Marco Geológico

La geología regional que engloba el área de interés (fict-1) hace referencia a cuatro hojas geológicas, las cuales son: en el sureste Cuenca, suroeste Tenguel, noroeste Naranjal, noreste Gualleturo. De acuerdo con (Misión Británica y Dirección General de Geología y minas, 1975), en la geología regional, se encuentra una gran cantidad de fallas en la zona de Naranjal, que forman bloques de edades entre el Terciario Superior y Cuaternario, además, aflora la formación Macuchi, la cual constituye una serie compuesta por

material volcánico como, andeesitas, basaltos, brechas, limolitas volcánicas, además de, volcano-sedimentos.

La zona de Tenguel indica la separación de dos secciones por el canal de Jambelí, indicando la separación de dos tipos de rocas de diferentes edades, las rocas volcano-sedimentarias, de edad del terciario forman parte de la cuenca Progreso en Puná y las rocas volcánicas forman parte de la cordillera Occidental. Posee fallas en dirección SE-NW, dando origen al hundimiento ubicado en la dirección NNW debido a una intensa actividad tectónica y al Oeste se produjo la cuenca Progreso

Terrazas en las cercanías de Shumiral, formada por areniscas, conglomerados, erosionados y poco compactadas.

Formación Tablazo, formada por conglomerados, arcillas y areniscas con una potencia aproximada entre 10 y 60 m.

En el área de estudio se denota intrusivos de litología granodiorita; fueron intruidas dentro de las rocas de la Formación Macuchi durante el Terciario Inferior.

Depósitos Aluviales, comprenden gran parte de la zona, contienen una gran cantidad de sedimentos constituidos por materiales erosionados y arrastrados de las montañas adyacentes y morfológicamente están conformando conos de deyección, La potencia de los depósitos aluviales puede estimarse aproximadamente en unos 200 m.

Formación Silante, comprende sedimentos de color violáceo muy finos, intercalados con areniscas de grano grueso con una extensión de N – S y buzamiento de 45° hacia el Oeste, con una potencia aproximada de 600 m. de edad cretácico superior.

Formación Turi, de edad Pleistoceno, presenta areniscas de grano grueso en una matriz arenácea, Todos los componentes son de origen volcánico procedentes de las formaciones volcánicas aledañas, la potencia en ciertos lugares puede variar entre 1 y 800m,

la dirección es Norte con una pequeña inclinación al Este, y el buzamiento es casi horizontal.

Formación Tarqui, de edad Pleistoceno, presenta capas de forma discordante compuestas por piroclastos de rocas volcánicas ácidas y escasas lavas, con alteración de caolín. Se extiende desde el Sur del país cubriendo las partes altas de la cordillera.

Depósitos Coluviales, los principales se encuentran en los costados de los ríos que forman pendientes fuertes, el material es el mismo de la formación que recubren.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Análisis de alternativas

Las alternativas que los alumnos de las carreras de Geología y Minas en ESPOL pueden contar para realizar prácticas en campo son:

2.1.1 Salidas de campo en las materias con componente práctico en las carreras de Geología y Minas.

Dentro de la malla curricular de las carreras de Geología y Minas, se encuentran materias que poseen un componente práctico, las mismas que deben ser consideradas por el docente de la materia para la planificación y realización de diferentes actividades.

2.1.2 Prácticas Pre-Profesionales Empresariales o de Servicio Comunitario relacionadas con la actividades geológicas o mineras.

Uno de los principales requisitos que tiene ESPOL para que los estudiantes obtengan el título de tercer nivel, es cumplir con 400 horas de prácticas preprofesionales de servicio comunitario o, 240 horas de prácticas preprofesionales empresariales con 160 horas de prácticas preprofesionales de servicio comunitario. Para realizar estas diferentes actividades se cuenta con empresas y proyectos que involucran al estudiante en diferentes actividades.

- **Prácticas preprofesionales empresariales**

El sistema de prácticas empresariales consta de una base de datos de diferentes empresas o entidades que tienen convenio con la universidad, con el fin de dar oportunidades a los estudiantes que obtengan experiencia en el campo laboral, aprendiendo de profesionales dedicados en esa rama, sin opción a un pago monetario. Estas actividades se las puede lograr en diferentes lugares como:

- **Entidades gubernamentales.**
Municipios, Prefecturas, etc., son unas de las pocas entidades gubernamentales que cuentan con departamentos que necesitan profesionales en ramas relacionadas con la Geología y Minería, dando oportunidad a los diferentes estudiantes universitarios de realizar prácticas en esos lugares.
- **Empresas privadas.**
Cada vez más inversión extranjera interviene en Ecuador, contando con empresas internacionales para realizar diferentes actividades tanto geológicas como mineras en nuestro País. Algunas de estas empresas ofrecen procesos de exploración y explotación en donde las metodologías para estas actividades son reconocidas a nivel mundial como unas de las más eficientes. Debido a esto, los estudiantes universitarios que cuentan con la oportunidad de realizar prácticas en este tipo de empresas son beneficiados con conocimientos que en un futuro no tan lejano será de mucha utilidad.
- **Pasantías.**
El sistema de pasantías empresariales es muy similar al de prácticas empresariales, con la diferencia que las empresas que solicitan pasantías ofrecen un sueldo monetario de acuerdo a las diferentes actividades a cumplir por el estudiante.
- **Prácticas preprofesionales de servicio comunitario**
El sistema de prácticas de servicio comunitario consta de una base de datos de diferentes empresas o proyectos que se basan en dar un servicio a la comunidad empleando los diferentes conocimientos adquiridos a lo largo de la vida universitaria. Estas actividades se las puede lograr en diferentes lugares como:
 - **Comunidades**
Los problemas más comunes que necesitan soluciones ingenieriles se presentan dentro de las comunidades económicamente limitadas, en donde se llevan proyectos en

unión de docentes y estudiantes para lograr dar soluciones integrales.

- **Asociaciones Mineras.**

Las diferentes actividades que se presentan en la industria minera representan efectos directos a las comunidades cercanas a las mismas, un claro ejemplo es el cantón Ponce Enríquez de la Provincia del Azuay, en donde su principal fuente económico es la minería, por lo cual los proyectos de servicio a la comunidad se han realizado varias ocasiones en las asociaciones de mineros autónomos de dicho cantón.

Para lograr este objetivo se debe planificar actividades integrales entre estudiantes y docentes, para optimizar y garantizar el trabajo de topografía subterránea, análisis del macizo rocoso, levantamientos geológicos interior mina, entre otros.

2.1.3 Materia Integradora

ESPOL cuenta como requisito final para obtener el título de tercer nivel, aprobar la última materia de la malla académica, llamada “materia integradora”, en donde se debe realizar un proyecto final acorde a los requisitos de dicha materia, dando lugar a la práctica de conocimientos adquiridos en el aula de clases.

2.1.4 Voluntario

Una opción muy importante entre los estudiantes es buscar oportunidades de aprender de una manera autónoma, las materias dictadas en las carreras de Geología y Minas que conllevan gran cantidad de tópicos prácticos en donde lo ideal es aprender mediante salidas de campo.

Siendo de esta manera una opción acogida por muchos estudiantes que no se sienten conformes con las salidas de campo realizadas en su vida universitaria.

2.1.5 Realizar prácticas en una Concesión Minera perteneciente a la Universidad y que cuente con Docentes con experiencia laboral en el tema de interés.

ESPOL cuenta con una concesión minera en la población de Aguas Calientes, Naranjal, dentro de la Provincia del Guayas, llamada FICT-1, sin embargo, el operador minero del área es la empresa Waxedy, misma que de acuerdo con los moradores del sector, ha cesado las actividades mineras aproximadamente hace 3 años, dejando atrás una serie de minas, y áreas que se encuentran en buen estado.

Este tipo de áreas y minas abandonadas son de mucha utilidad para el proyecto “Mina Escuela”, ya que el costo de inversión disminuye significativamente. Al contar con el área minera y minas abandonadas, solo queda comprobar la calidad del macizo rocoso para la seguridad de los futuros estudiantes que necesiten de las instalaciones, con la finalidad determinar la viabilidad del mismo.

2.2 Restricciones

2.2.1 Económicas

Para que el estudiante realice prácticas en el campo indirectamente existe un presupuesto en el que pensar, las salidas de campo con las materias de la malla curricular que contienen componente práctico, obtienen un presupuesto por parte de la universidad, es usado únicamente para el transporte del cuerpo docente y estudiantes involucrados en dicha salida, de acuerdo con la gran mayoría de docentes de esas materias, no es suficiente para cumplir con las horas establecidas de aprendizaje en campo, debido a la lejanía de algunos sectores propicios para la explicación de temas de interés.

En caso de las prácticas preprofesionales empresariales y comunitarias, el presupuesto para el transporte y alimentación asignado al estudiante, en varios casos es desembolsado por él mismo durante el tiempo establecido de la práctica, por dicha razón muchas veces los estudiantes deben considerar dos veces antes de aplicar a una de ellas.

Dentro de la materia integradora el caso del presupuesto es directo con la entidad beneficiaria, sean empresas privadas o entidades públicas, de acuerdo con el convenio que se lleve a cabo entre el estudiante y el beneficiario, se contará con un presupuesto para dicho proyecto. En el caso de que las salidas de campo sean de carácter autónomas, los gastos y responsabilidades de cualquier índole corresponden a cada persona involucrada en la misma.

Para realizar prácticas en campo dentro de una concesión minera perteneciente a la universidad, en donde se encuentra a una hora y media de recorrido, representa un ahorro en el presupuesto de transporte para los estudiantes, no obstante, la adaptación de un campamento con las seguridades del caso dentro de la concesión, incluyen costos elevados, sin embargo, existen posibles financiamientos como:

- a) Centro de investigación de ESPOL
- b) Administración pública de Ecuador
- c) Convenios de inversiones con empresas privadas
- d) Proyectos mediante plataformas de varias universidades en investigación y docencia.
- e) Convocatorias de proyecto como en Erasmus +
- f) Unión Europea

2.2.2 Temporales

El tiempo estimado para la práctica de cada materia es regido por el Docente, El cual se basa únicamente en la malla curricular, básicamente cada salida de campo en dichas materias se planifica al comienzo del año lectivo, para ser acordes con el presupuesto establecido.

Las prácticas preprofesionales empresariales y comunitarias son coordinadas directamente con el tutor de la empresa o con el jefe de proyecto, en donde se establecen los horarios de trabajo y metodología a seguir.

Dentro de la materia integradora, es de vital importancia encontrar y realizar el proyecto de graduación, por lo cual el estudiante cuenta con un semestre, alrededor de cuatro meses para hacerlo, los horarios de trabajo en campo son establecidos por el beneficiario.

En el caso de realizar prácticas autónomas, el tiempo es regido únicamente por el estudiante, esto se basa en el convenio que haya llegado con la empresa o profesionales que le estén dando la oportunidad de aprender en el mundo laboral.

Al contar con una concesión cercana a la Universidad, el tiempo de práctica aumentaría, debido a que los proyectos y salidas de campo en las diferentes materias, contarían con un lugar establecido. Cabe recalcar que este proyecto es a largo plazo y aún se encuentra en construcción, sin embargo, ya existen ejemplos alrededor del mundo.

2.2.3 Accesibilidad

Las salidas de campo con las materias de componente práctico, o prácticas preprofesionales, generalmente se las realiza donde se verifique un trabajo de carácter ingenieril en buen estado, en el caso de las carreras de Minas, la mejor opción son empresas mineras, y en Geología se las realiza habitualmente en afloramientos cercanos para ejecutar los trabajos dispuestos por la materia en cuestión.

Los permisos de acceso en las diferentes empresas no siempre tienen una respuesta favorable, creando un problema, por lo cual se requiere realizar los trámites respectivos de acceso con anterioridad para intentar garantizar la salida de campo.

Dentro de la concesión perteneciente a la Universidad, no existiría trámites burocráticos a terceros, los estudiantes y profesores establecerían el tiempo necesario para el aprendizaje en campo, dando una facilidad muy importante para aportar al conocimiento práctico.

2.2.4 Seguridad

Muchas de las empresas que prestan sus servicios para que los estudiantes realicen sus prácticas, no cuentan con los servicios de

seguridad necesarios para garantizar su bienestar, por lo cual, al realizar salidas de campo en materias con componente práctico, practicas preprofesionales, o materia integradora, se debe verificar primero las condiciones de seguridad de dicha empresa.

La seguridad empleada por la misma universidad dentro de la concesión sería un referente para muchas empresas y garantizaría la seguridad de sus estudiantes en las diferentes actividades a realizar.

2.3 Selección de Metodología

Para escoger la metodología a usar se utilizó las herramientas de Design Thinking las cuales se basan en “un método para generar ideas innovadoras que centra su eficacia en entender y dar solución a las necesidades reales de los usuarios” (Universidad de Stanford en California, 1970), y cuenta con cinco etapas las cuales se basa en (Ver ilustración 2.1).

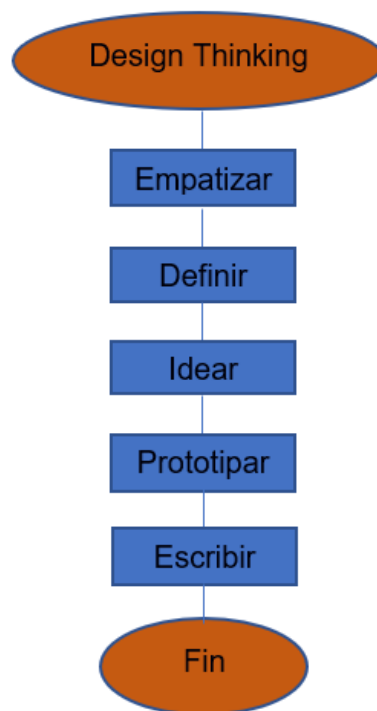


Ilustración 2.1 Metodología Design Thinking aplicada., Autor: Universidad de Stanford (California, 1970)

2.3.1 Fase I: Empatizar.

Dentro de esta fase consta el conocer al cliente y qué es lo que está buscando, mediante diferentes herramientas obteniendo los siguientes resultados, tales como:

- **Investigar:**

En esta sección se realizó la búsqueda de todos los proyectos similares e inspiradores a nivel mundial, dando como resultado los proyectos más importantes (ver Tabla 2.1)., además, se usaron herramientas como:

Tabla 2.1 Minas Escuelas alrededor del mundo., Autor: José, P., 2019

Mina Escuela	País / Referencia
Mina Experimental Edgar	E.E.U.U. (Colorado) / School, C. M. (2019). <i>Mina Experimental Edgar</i> . Obtenido de https://mining.mines.edu/edgar-experimental-mine/
Marcelo Jorissen	España (Madrid) / Puchades, A. D. (10 de 05 de 2018). Periódico Universitario UCM en la web. Obtenido de https://generaciondospuntocero.com/adentrandonos-en-la-mina-marcelo-jorissen/
Mina Laboral de El Bierzo	España / Bárbara, F. S. (s.f.). <i>Escuela Laboral de El Bierzo</i> . Obtenido de http://www.fsbarbara.com/escuelas.html
Escuela Mina - Planta	Chile (Santiago de Chile) / Ciencias, F. d. (04 de mayo de 2017). <i>UAI</i> . Obtenido de https://ingenieria.uai.cl/ingenieria-presento-avances-del-proyecto-escuela-mina-planta-ante-core-de-ohiggins/

- **Observa:** Antes de ir a una verificación a campo, se establecieron varias observaciones, en este caso las mallas curriculares de los estudiantes de las carreras de Geología y Minas de ESPOL, considerando las horas prácticas en las diferentes materias que las componen (Ver tabla 2.2 y 2.3).

Tabla 2.2 Materias de especialidad de acuerdo a las horas prácticas de la carrera de Geología, ESPOL., Autor: José, P., 2019.

Análisis de horas prácticas por semana	0 horas prácticas por semana	1 hora práctica por semana	2 horas prácticas por semana
Prácticas de LABORATORIO	<ul style="list-style-type: none"> -Geología Estructural -Hidrogeología -Geoquímica -Tectónica -Geología del Ecuador -Geología Física -Geología del Petróleo 	<ul style="list-style-type: none"> -Sistema de Información Geográfica -Mecánica Vectorial -Dibujo Técnico -Mecánica de Fluidos -Resistencia de Materiales -Geofísica -Paleontología y Geología Histórica -Mecánica de Suelos 	<ul style="list-style-type: none"> -Mineralogía -Petrología -Teledetección -Geología del Subsuelo
Prácticas de CAMPO	<ul style="list-style-type: none"> -Geología Estructural -Hidrogeología -Geoquímica -Tectónica -Geología del Ecuador -Geología Física -Geología del Petróleo 	<ul style="list-style-type: none"> -Topografía -Estratigrafía y Sedimentación -Geología de Minas -Geología del Cuaternario -Depósitos y Evaluación de Yacimientos Minerales 	<ul style="list-style-type: none"> -Geomorfología -Geología de Campo

Tabla 2.3 Materias de especialidad de acuerdo a las horas prácticas de la carrera de Minas, ESPOL., Autor: José, P., 2019.

Análisis de horas prácticas por semana	0 horas prácticas / semana	1 horas prácticas / semana	2 horas prácticas / semana
Prácticas de LABORATORIO	<ul style="list-style-type: none"> -Geología Física -Mecánica de Rocas -Maquinaria Minera -Seguridad y Salud Ocupacional -Geotecnia Aplicada -Perforación y Voladura -Legislación Minera y Ambiental -Geología Económica -Explotación a Cielo Abierto -Operaciones Mineras -Geohidrología de Minas -Ventilación y sistemas eléctricos -Planificación de explotaciones Mineras -Diseño de Explotaciones Mineras -Plan de Cierre de Minas -Metalurgia Extractiva 	<ul style="list-style-type: none"> -Sistema de Información Geográfica -Mecánica Vectorial -Dibujo Técnico -Mecánica de Fluidos -Resistencia de Materiales -Petrografía -Mineralurgia 	<ul style="list-style-type: none"> -Mineralogía -Petrología

<p>Prácticas de CAMPO</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Geología Física -Mecánica de Rocas -Maquinaria Minera -Seguridad y Salud Ocupacional -Geotecnia Aplicada -Perforación y Voladura -Legislación Minera y Ambiental -Geología Económica -Explotación a Cielo Abierto -Operaciones Mineras -Geohidrología de Minas -Ventilación y sistemas eléctricos -Planificación de explotaciones Mineras -Diseño de Explotaciones Mineras -Plan de Cierre de Minas -Metalurgia Extractiva 	<ul style="list-style-type: none"> -Topografía -Fundamentos de excavación subterránea -Preparación mecánica -Formulación y evaluación de proyectos 	
---------------------------	--	--	--

- **Mapa de Actores:** En esta herramienta se identifican los posibles usuarios para el producto final del presente proyecto (Ver ilustración 2.2).

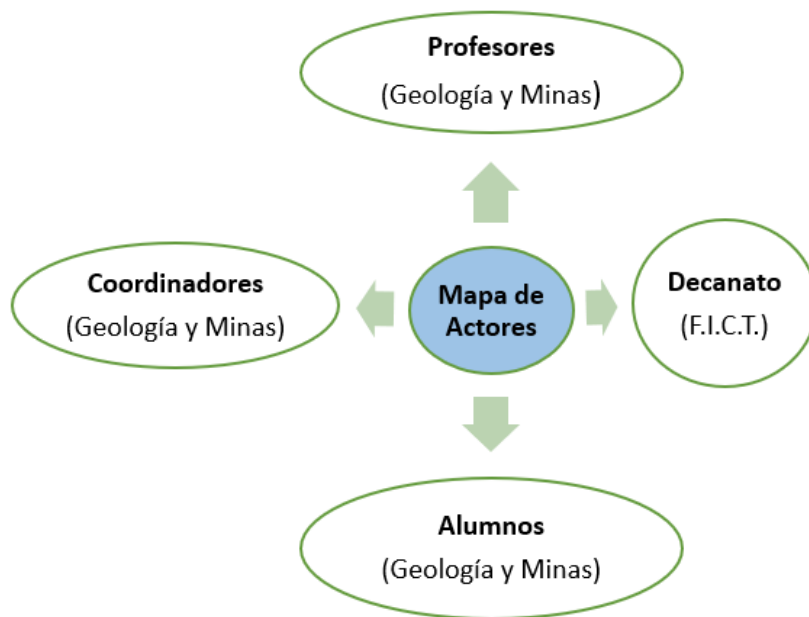


Ilustración 2.2 Mapa de Posibles Actores que intervienen en el siguiente proyecto., Autor: José, P., 2019

- **Encuestas.**

1) ¿A qué carrera pertenecen?

Tabla 2.4 Participación por carrera., Autor: José, P., 2019

Geología		Minas	
27	64.3%	15	35.7 %

2) ¿Qué semestres está cursando en la actualidad?

Tabla 2.5 Participación por nivel en la malla curricular., Autor: José, P., 2019

7mo		8vo		9no		10mo	
9	21.5%	16	38%	4	9.5%	13	31%

3) ¿Cuántas salidas de campo relacionada a la carrera ha realizado en la actualidad?

Tabla 2.6 Registro de salidas de campo de acuerdo con estudiantes., Autor: José, P., 2019

2 salidas		3 salidas		4 salidas		Más de 4 salidas	
6	14.3%	9	21.4%	8	19.1%	19	45.2%

- 4) ¿Qué tan importante cree que se deba realizar prácticas de lo aprendido en un aula de clases?

Tabla 2.7 Importancia de salidas de campo de acuerdo a estudiantes de las carreras de Geología y Minas de ESPOL., Autor: José, P., 2019

Muy importante		Importante		No tan importante	
42	100%	0	0%	0	0%

- 5) Luego de aprobar una materia de facultad, ¿Cuánto tiempo sigue recordando temas específicos que tomaron en el examen final de dicha materia?

Tabla 2.8 Periodo de recuerdos de materias teóricas en estudiantes de las carreras de Geología y Minas de ESPOL., Autor: José, P., 2019

Una Semana		Un mes		Un año		Más de un año	
5	11.9%	10	23.8%	22	52.4%	5	11.9%

- 6) ¿Conoce qué es una Mina Escuela?

Tabla 3 Estudiantes de las carreras de Geología y Minas de ESPOL que conocen lo que es una Mina Escuela., Autor: José P.,2019

Si		No	
12	28.6%	30	71.4%

- 7) ¿Qué pensaría en caso de que la FICT cuente con una mina en donde los estudiantes puedan ir libremente a practicar lo aprendido en clases, bajo la supervisión de profesores con experiencia laboral en la rama de interés?
- “Me parece que sería de gran ayuda para reforzar los conocimientos adquiridos, una clase teórica debería ser complementada con la práctica.”
 - “Que es de vital importancia poner en práctica lo aprendió en las aulas”
 - “Una buena iniciativa para los que no podemos hacer las salidas de campo muy frecuentemente”
 - “Excelente porque es una herramienta didáctica novedosa”
 - “Aportaría mucho en el nivel de experiencia del estudiante. En ciertos temas que ni siquiera se tocan en clases.”
 - “Sería de gran importancia, ayudaría muchísimo en el conocimiento y desarrollo de los estudiantes, logrando así un mejor desempeño y obteniendo mejores resultados. Los estudiantes estarían en la capacidad de solventar todas sus dudas.”
 - “La mejor manera de aprender”
 - “Fuera algo estupendo, una gran experiencia para nosotros de esa manera se aprende mejor lo dictado en clases.”, etc

- **Mapa de Empatía**

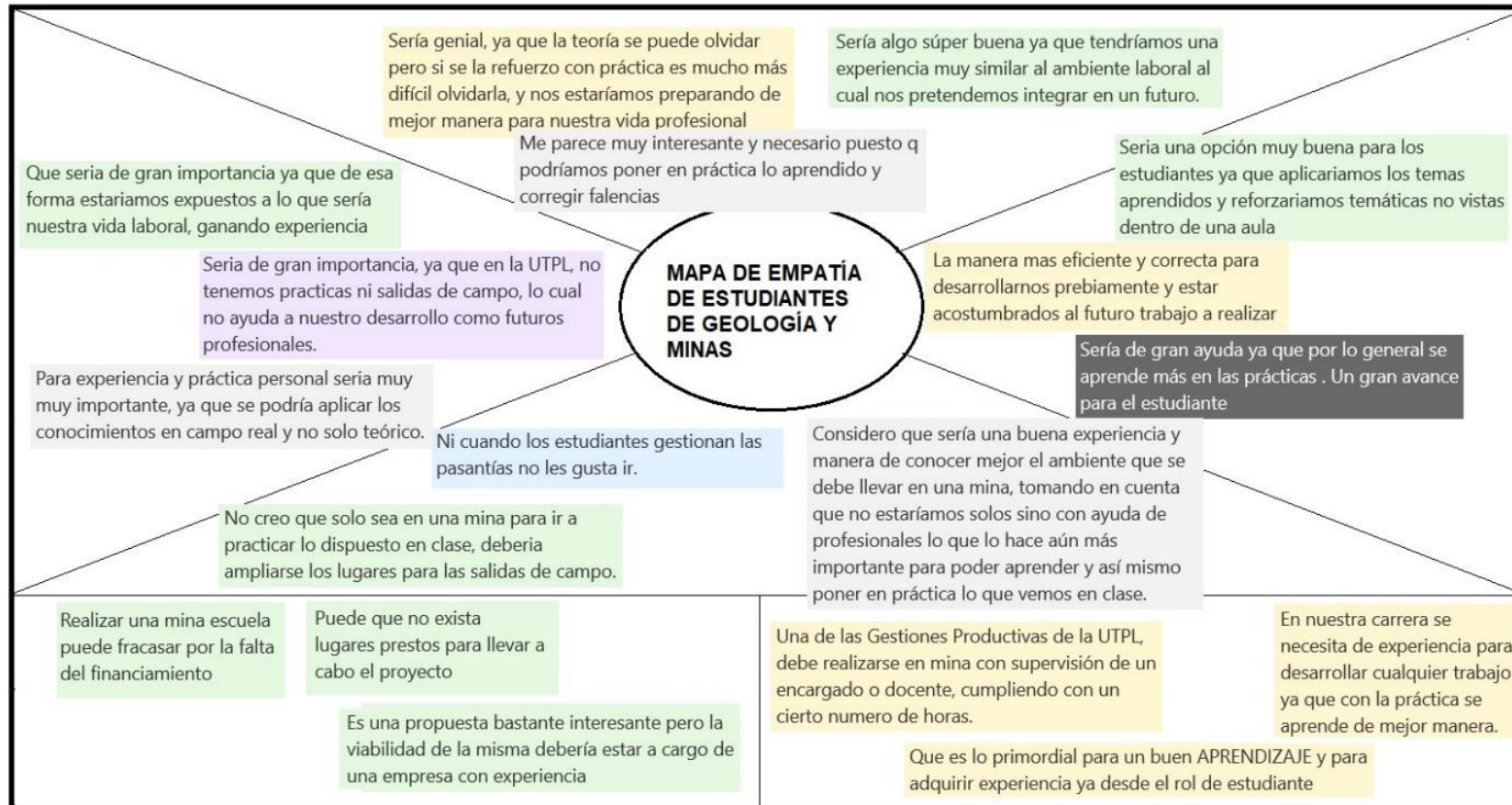


Ilustración 4 Mapa de empatía de los clientes (Estudiantes de las Universidades: E.S.P.O.L., Universidad Central del Ecuador, UTPL), Autor: José P.,2019

Se consideraron a estudiantes de las principales Universidades del Ecuador que cuenten con carreras de Geología y Minas de acuerdo con (QS World University, 2019), en donde la difusión de la encuesta llegó a 42 estudiantes de ESPOL, 10 de Universidad Central, y 60 de U.T.P.L (Ver Apéndice A).

El mapa de empatía (ver Ilustración 2.4) se enfocó a los estudiantes de la Universidad Central, ESPOL, y UTPL, con el fin de obtener una visión con mayor enfoque a nivel nacional sobre el tema educativo en estas ramas de interés como es la Geología y Minería.

La falta de prácticas en campo es una realidad a nivel nacional, mediante diferentes preguntas los estudiantes de estas universidades respondieron:

- El 98.6% respondió que “Es muy importante realizar prácticas de lo aprendido en un aula de clases”
- El 1.4% respondió que “Es importante realizar prácticas de lo aprendido en clases”
- El 98.6% respondió que “hace falta más salidas de campo relacionadas con la carrera”
- El 1.4% respondió que “no hace falta más salidas de campo relacionadas con la carrera”

Se realizó una encuesta a la mayoría de los profesores de las carreras de Geología y Minas de ESPOL (Ver Apéndice A), por lo cual se pudo formar el mapa de empatía para profesores (Coordinadores, Decana, y Profesores en general) de dichas carreras (Ver Ilustración 2.4), obteniendo como resultado lo siguiente:

- El 30.76% indicó que tramitar una salida de campo tiene una complejidad normal
- El 63.1% respondió que tramitar una salida de campo es de complejidad elevada
- El 85.7% indicó que no existen suficientes horas prácticas en la malla curricular
- El 57.1% respondió “Para mejorar las prácticas en campo, se debe proponer un periodo de tiempo enfocados a salidas de campo.

- **Mapa de empatía para Para profesores de ESPOL**

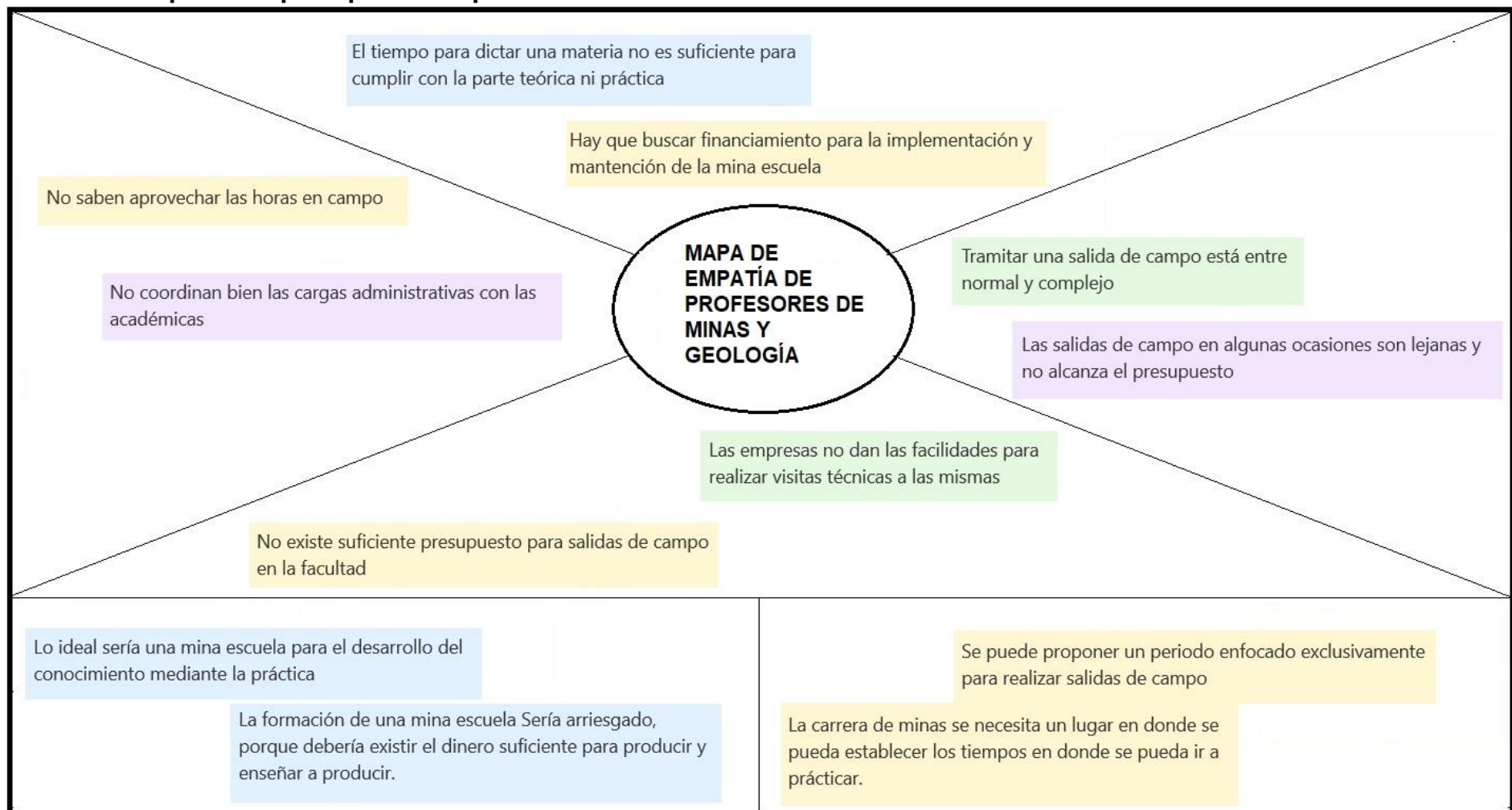


Ilustración 5 Mapa de empatía de los Profesores de las carreras de Geología y Minas de ESPOL, Autor: José P.,2019

2.3.2 Fase III: Definir

Hasta el momento se ha investigado, observado, y acercado al cliente mediante diferentes métodos, esta información recopilada es de ayuda al momento de definir el problema mediante técnicas como:

- **Capturar y conectar (Árbol de problemas):** Consiste en ordenar la información recolectada anteriormente con el fin de encontrar los problemas más relevantes:
 - a) Los estudiantes de las carreras de geología y minas no cuentan con suficientes visitas técnicas y prácticas en campo para obtener un entendimiento completo de las materias.
 - b) Las horas prácticas en la malla curricular actual de Geología y Minas de ESPOL, no representan suficiente tiempo para realizar las salidas de campo ni visitas técnicas.
 - c) El presupuesto asignado para las salidas de campo de toda la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, no es suficiente para las prácticas en campo y visitas técnicas necesarias en todas las carreras de la Facultad.
 - d) Tramitar los permisos de ingreso en diferentes empresas no siempre tienen una acogida favorable

2.3.3 Fase IV: Idear

En esta fase se buscó la solución al problema de, ¿cómo mejorar el componente práctico de las carreras de Geología y Minas en ESPOL? mediante diferentes propuestas, dando un valor de certeza a cada una de ellas mediante el siguiente proceso:

- **Seis sombreros:** El fin de este método fue recopilar diferentes posibles soluciones basados en diferentes puntos de vista:
 - **Sombrero Blanco (Basado en hechos y números concretos):** Colocar más horas prácticas en las materias pertenecientes a las mallas curriculares de las materias de Geología y Minas.
 - **Sombrero Rojo (Basado en lo emocional):**

Fomentar viajes voluntarios extracurriculares en conjunto entre Profesores y Alumnos.

- **Sombrero Negro (Basado en la preocupación):**

Proponer una semana enfocada a salidas de campo dentro de los syllabus de todas las materias que cuenten con componente práctica.

- **Sombrero Amarillo (Basado en lo positivo):**

Realizar clases fuera de las aulas, en lugares cercanos al aire libre.

- **Sombrero Verde (Basado en la creatividad):**

Realizar prácticas en lugares pertenecientes a la Universidad y que aporten con un ambiente en donde se pueda practicar lo aprendido en un aula de clases.

- **Sombrero Azul (Basado en la autoridad):**

Esta opción es un resumen para dar la mejor solución, como es realizar prácticas en un lugar perteneciente a la Universidad, mediante programas establecidos en los syllabus de las diferentes materias con componente práctico.

2.3.4 Fase V: Prototipar.

Se realizó una metodología para el prototipo de baja resolución en donde los pasos a seguir son acordes a validación mediante mejoras de acuerdo a proyectos futuros.

La metodología aplicada cuenta con cuatro fases distintas, en donde cada una de ellas se identifica por los diferentes tipos de enfoques, los cuales son: I) Recopilación bibliográfica, II) Recopilación de datos, III) Procesamiento, y IV) Resultados, en donde se detallan a continuación en el siguiente diagrama (ver Ilustración 2.5)

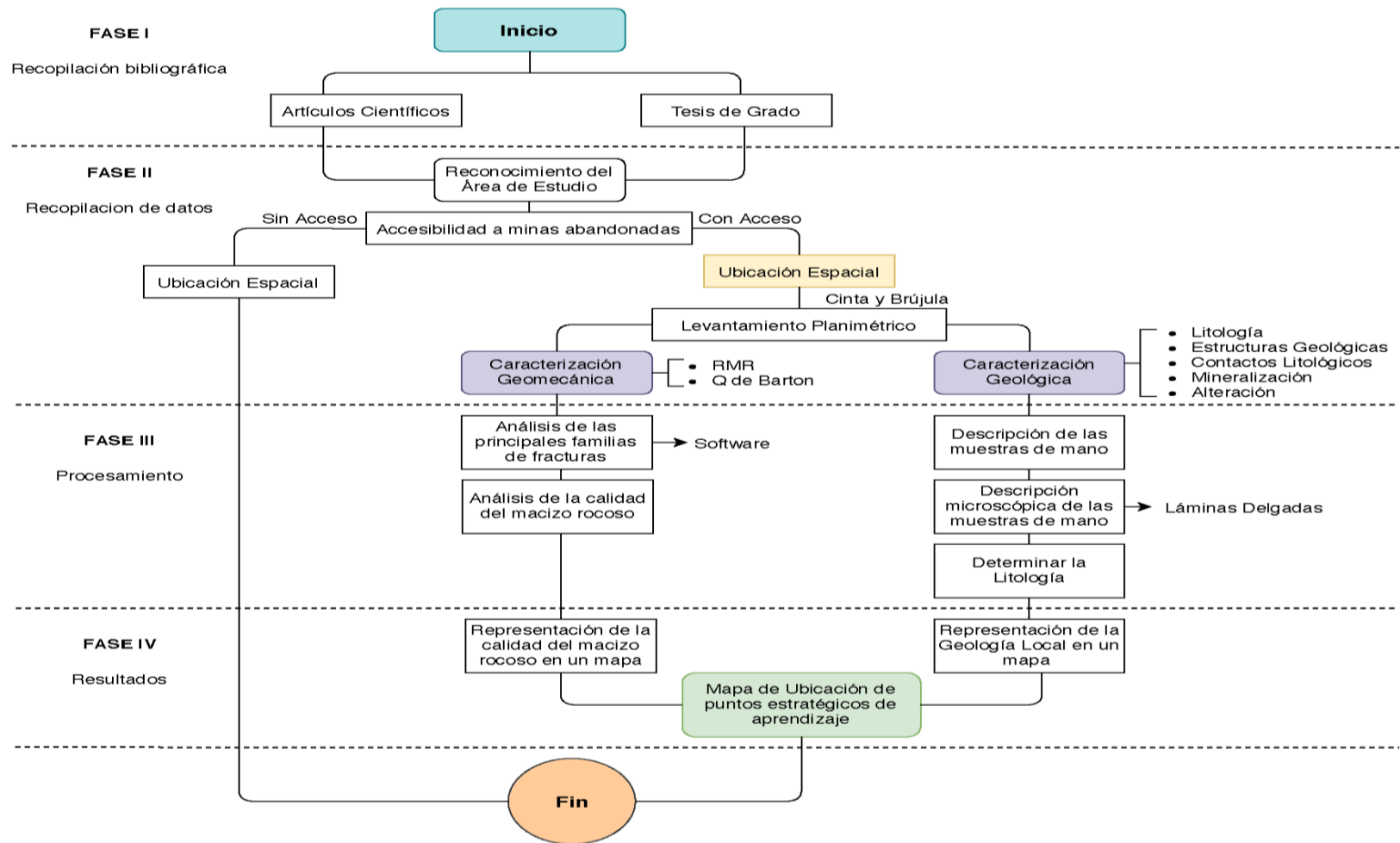


Ilustración 2.3 Diagrama metodológico aplicado en el prototipo del presente proyecto, Autor: Polo, J., 2019

2.3.4.1 Fase I: Recopilación bibliográfica.

Dentro de la primera fase, se realizó la recopilación y análisis de la información del área de estudio, límites, geología regional, etc., además, de las diferentes minas escuelas a nivel mundial, tomando como guía la “Escuela Experimental Edgar” perteneciente a la Escuela de Minas de la Universidad de Colorado.

2.3.4.2 Fase II: Recopilación de datos.

- En la segunda fase se realizó una inspección en el área FICT-1, donde se buscó las minas abandonadas, tomando coordenadas de las bocaminas que se encontraron colapsadas y otras en buen estado, con estas últimas se procedió a la recopilación de datos para el levantamiento planimétrico mediante brújula y cinta.
- Continuamente se realizó el levantamiento geológico en lugares donde se visualizaba un cambio litológico o de alteración, tomando medidas de estructuras geológicas como fallas, vetas, vetillas y diaclasas, además de la correspondiente descripción de la roca en las paradas establecidas. La ficha seguida para realizar este trabajo fue la siguiente. (Ver Ilustración. 2.6)
- Seguidamente se realizaron Estaciones Geomecánicas (EGM) a lo largo de la galería, tomando en cuenta el estado de las cuñas de techo y paredes como medida de seguridad. El lugar en donde se propuso cada EGM dependió de las propiedades observadas del macizo rocoso, en cada cambio de litológico, se estableció una EGM, y en las zonas que representaban un alto riesgo de derrumbe, no se registraron datos. La ficha seguida para obtener la clasificación geomecánica de Bieniawski o R.M.R., fue la siguiente. (Ver Ilustración. 2.7)


		DIRECCIÓN GENERAL DE GEOGRAFÍA LABORATORIO DE PETROGRAFÍA Y PALEONTOLOGÍA RUTINA DE CAMPO ROCAS ÍGENEAS		FOR. RC.RI-01	
Muestra	_____	Coord. Lat.	_____	Long.	_____
No. de muestras	_____	Hoja 1 000 000		_____	
Hoja 250000	_____	Hoja 50 000	_____	Estado	_____
GRUPO9 GENÉTICO		a) VOLCÁNICO (<i>EXTRUSIVO</i>) B) PLUTÓNICO (<i>INTRUSIVO</i>)			
Contenido mineralógico _____					
Textura _____					
Grado de cristalinidad _____					
Tamaño de los componentes _____					
Forma cristalina _____					
Color en corte reciente _____			Color de intemperismo _____		
Intemperismo y forma _____					
Estructura _____					
Relaciones estratigráficas _____					
Correlación y edad probable _____					
Rocas a las que afecta _____					
<i>Clasificación</i> _____					
Expresión morfológica _____					
Distribución _____					
Espesor expuesto _____					
Observaciones _____					
Fecha _____			Colector _____		
SECCIÓN ESQUEMÁTICA DE CAMPO AL REVERSO.					

Ilustración 2.4 Ficha técnica aplicada en campo para el levantamiento de información geológico., Autor: INEGI, 2000

Para el uso correcto de la ficha geomecánica (Ver ilustración 8), se tuvo presente los siguientes parámetros:

- **Resistencia a la Compresión Uniaxial (R.C.U.) de la roca matriz:**

De acuerdo con (Vallejo, 2002), este parámetro se lo realiza mediante un testigo o núcleo de roca sana que es

ESTACIÓN N°: _____	
LITOLOGÍA _____	FORMACIÓN _____
GRADO METEORIZACIÓN _____	RESISTENCIA MARTILLO _____
DEL MACIZO _____	GEÓLOGO _____

CROQUIS FRACTURAS

Martillo Schmidt					Media
Matriz					
Juntas					

Fracturas/metro	λ 1	
normalmente tomamos una sola scan line (1), pero abrimos la posibilidad a más de una	λ 2	
	λ 3	
	λ 4	
Juntas/m³	Jv	
Ensayo Tilt-test	α	

UCS según los golpes del martillo schmidt (MPa):

CROQUIS AFLORAMIENTO	VALORACIÓN GEOMECÁNICA	
	RQD	
	RMR _s	
	RMR _{cor}	
	Q	
	GSI	

Añadir escala y hacer fotografía

FICHA DE ESTACIÓN GEOMECÁNICA N°: _____			
COORDENADAS:	X: _____	Y: _____	Z: _____
FECHA:	Calidad de afloramiento: _____		

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tipo de Plano										
Dir. Buz. (DIPDIR)										
Buzamiento (DIP)										
SEPARACIÓN Ó ESPACIADO										
> 2000 mm										
600—2000 mm										
200—600 mm										
60—200 mm										
< 60 mm										
PERSISTENCIA Ó CONTINUIDAD										
< 1 m										
1—3 m										
3—10 m										
10—20 m										
> 20 m										
APERTURA										
Nada										
< 0,1 mm										
0,1—1,0 mm										
1—5 mm										
> 5 mm										
RUGOSIDAD										
Ondulación										
JRC										
METORIZACION JUNTA										
Grado										
AGUA										
Seco										
Lig. húmedo										
Húmedo										
Goteando										
Fluyendo										
RELLENO										
Naturaleza										
Espesor mm										

Ilustración 2.5 Ficha técnica aplicada en campo para el levantamiento de información geomecánico., Autor: Jordá, L., 2019

sometido al ensayo de compresión uniaxial, en donde se aplica una carga y se verifica la fuerza que es capaz de soportar, o en su defecto se golpea a una muestra sana y representativa del afloramiento con el martillo de geólogo

hasta que se rompa la muestra, con el fin de lograr una estimación de la carga que puede soportar el núcleo como lo indica la siguiente tabla (Ver ilustración 9)

Tabla 40 Grado de meteorización., Autor: Bieniawski 1976

Grado	Descripción	Identificación de campo	Valor aproximado de la resistencia a compresión simple MPa
R1	Roca muy débil	Deleznable bajo golpes fuertes con la parte puntiaguda del martillo geológico; puede desconcharse con una navaja	1,0 - 5,0
R2	Roca débil	Puede desconcharse con dificultad con una navaja; se puede hacer marcas poco profundas golpeando fuertemente la roca con la punta del martillo	5,0 - 25
R3	Roca media	No se puede rayar o desconchar con una navaja; las muestras se pueden romper con un golpe firme con el martillo	25 - 50
R4	Roca dura	Se necesita más de un golpe con el martillo geológico para romper la muestra	50 - 100
R5	Roca muy dura	Se necesita muchos golpes con el martillo geológico para romper la muestra	100 - 250
R6	Roca extremadamente dura	Sólo se pueden romper esquirlas de la muestra con el martillo geológico	> 250

- **Fracturas por metro lineal (λ):**
El símbolo (λ), representa el número las diaclasas verticales y horizontales encontradas en la EGM.
- **Meteorización:**
De acuerdo con (Vallejo, 2002), este parámetro establece el grado de meteorización que se encuentra en la EGM y se puede dar una puntuación comparando con la siguiente tabla.

Tabla 2.15 Clases de grados de Meteorización., Autor: (ISRM, 1981)

Clase	Término	Descripción
I	Fresco	No aparecen signos visibles de meteorización, tal vez ligera decoloración en las grandes superficies de discontinuidad.
II	Ligeramente Meteorizado	Todo el conjunto rocoso está decolorado por meteorización. La decoloración indica alteración del material rocoso y de las superficies de discontinuidad.
III	Moderadamente Meteorizado	Menos de la mitad del macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. A roca fresca o decolorada aparece de forma continua o como núcleos aislados.
IV	Altamente Meteorizado	Más de la mitad del macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. La roca fresca o decolorada aparece de forma discontinua o como núcleos aislados.
V	Completamente Meteorizado	Todo el macizo aparece descompuesto o transformado en suelo. Se conserva la estructura original del macizo rocoso.
VI	Suelo Residual	Todo el material rocoso se ha transformado en suelo. Se ha destruido la estructura del macizo rocoso y la fábrica del material. Existe cambio de volumen pero el suelo no se ha transportado significativamente.

○ **Discontinuidades:**

De acuerdo con (Vallejo, 2002), las discontinuidades se presentan a lo largo del macizo rocoso y pueden representar un movimiento de la roca mediante las fracturas existentes, logrando una inestabilidad en ciertos sectores y se lo puede determinar mediante los siguientes parámetros:

- **Espaciado:** Este parámetro se lo obtiene midiendo perpendicularmente a diaclasas paralelas.
- **Continuidad:** Indica que tan continuo son las diaclasas estudiadas que atraviesan la EGM
- **Rugosidad:** Indica la forma textural de las irregularidades de las diaclasas presentes en la EGM

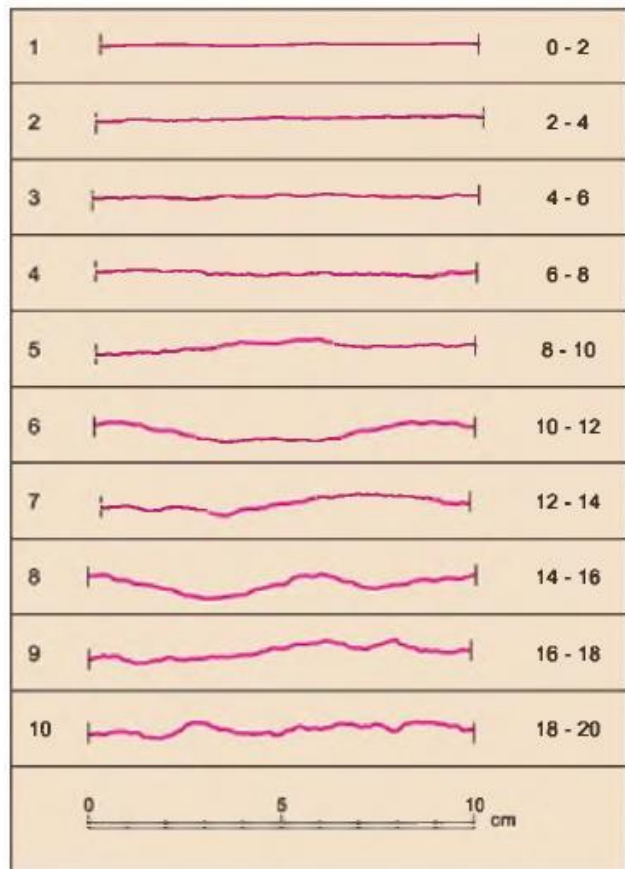


Ilustración 2.6 Diferentes tipo de rugosidad con sus respectivos valores., Autor: (Vallejo, 2002)

- **Apertura:** Indica la distancia perpendicular en las caras de la misma diaclasa.
- **Relleno:** Indica el material que se encuentra dentro de las fracturas que se encuentran con un tipo de abertura
- **Presencia de Agua:** Indica la cantidad de agua que puede existir en la EGM y de acuerdo con (Jordá, 2019), puede ser: seco, ligeramente húmedo, húmedo, goteando, fluyendo)

2.3.4.3 Fase III: Procesamiento

- En esta fase se determinó la clasificación geomecánica de Bieniawski (RMR) para el análisis de calidad del macizo rocoso,

tomando en cuenta los puntos más interesantes en donde sea de fácil acceso y aprendizaje para los futuros estudiantes que visiten el lugar, una vez obtenido el RMR, se aplica la fórmula de Bieniawski 1976 para obtener el índice Q de Barton, con el fin de obtener un resultado más cercano a la realidad en obras subterráneas:

$$\text{RMR} = 9 \ln(Q) + 44$$

- En la sección de geología se realizó la descripción de las muestras de mano tomadas en la mina, además, se realizaron secciones pulidas para la descripción microscópica y determinar la litología correspondiente.

2.3.4.4 Fase IV: Resultados

Como resultado de la metodología empleada se obtuvo:

- Mapa Planimétrico de la mina abandonada.
- Mapa de la calidad del macizo rocoso para cada mina abandonada.
- Levantamiento de la geología local para cada mina abandonada.
- Mapa de ubicación de puntos estratégicos de aprendizaje de geomecánica y geología, con su respectiva descripción.

2.4 Recursos

Dentro de los recursos usados para las diferentes actividades realizadas en las minas abandonadas son:

Tabla 2.12 Instrumentos usados en las diferentes fases del proyecto, Autor: Polo, J. 2019

Cantidad	Instrumento	Marca
1	Brújula	Geo-Brunton
2	Taladros	DeWault
1	Medidor de Gases	MSA
1	Martillo de Geólogo	<i>Independiente</i>
2	Cinceles	<i>Independiente</i>
1	Distanciómetro	Bosh
1	Lupa: Aumento x30	<i>Independiente</i>
1	Lápiz rallador de carburo de tungsteno	<i>Independiente</i>
1	Cinta métrica de 30m	<i>Independiente</i>
20	Funda de muestreo 30 x 45 cm	<i>Independiente</i>
1	Peine de Barton	<i>Independiente</i>
1	Libreta Geomecánica	<i>Independiente</i>
1	Libreta Geológica	Geological field book
1	Casco	MSA
1	Linterna para casco	<i>Independiente</i>
1	Chaleco reflectivo	<i>Independiente</i>
2	Rodilleras	<i>Independiente</i>
2	Coderas	<i>Independiente</i>
2	Lápiz 4B	Portaminas
2	Borradores de goma	<i>Independiente</i>
2	Lapiceros color Azul	Bic punta fina
2	Sprys Blancos	<i>Independiente</i>
2	Sprys Rojos	<i>Independiente</i>
1	Flexómetro de 10 m	<i>Independiente</i>
1	Guantes antideslizantes	<i>Independiente</i>
1	Protractor escala: 1:1000	Minex
1	Equipo para secar Muestras de láminas delgadas	<i>Independiente</i>
1	Lavado Ultrasonido	<i>independiente</i>

1	Vidrio porta objeto	<i>Independiente</i>
1	Vidrio cubre objeto	<i>Independiente</i>
1	Pegamento epóxico	<i>Independiente</i>
1	Abrasivo 17.5 - 9.5	<i>Independiente</i>
1	Microscopio	Petrográfico
1	Plato caliente para láminas delgadas	<i>Independiente</i>
1	Microscopio a la Mesoescala	<i>Independiente</i>
1	Cámara	<i>Independiente</i>
1	Ácido clorhídrico	<i>Independiente</i>
1	Software: Autocad 2019	Autodek
1	Software: ArcMap 10.5	ArcGis
1	Software: Recim	Recmin

CAPÍTULO 3

3. RESULTADO Y ANÁLISIS

3.1 Accesibilidad.

Se realizó la búsqueda respectiva de las minas abandonadas en la concesión FICT-1, encontrando 8 diferentes frentes de trabajo o bocaminas (Ver ilustración 8), las rutas seguidas fueron las que permitieron acceso dentro de la seguridad establecida para este tipo de trabajo en dicho sector, en varias ocasiones no se pudo continuar porque el camino no era apto para esta actividad.

Cuatro bocaminas se hallaron sin acceso por deslizamientos de material en el frente de trabajo, otras dos minas no tuvieron acceso debido al pequeño tamaño de la bocamina, una se encontraba con una puerta con candado a cinco metros de su entrada principal, y solo una bocamina prestaba las condiciones necesarias para realizar el trabajo en cuestión, llamada mina "Karateka", cabe recalcar que aún existen minas dentro de zonas no accesibles por visitar.



Ilustración 3.1 Mapa de ubicación de puntos visitados en la concesión FICT-1, realizado: Google Earth, Autor: Polo, J. 2019

Tabla 3.1 Referencia de puntos visitados en la concesión FICT-1, Autor: Polo, J., 2019

Punto	Referencia	Zona	X	Y	Z
1	Entrada a la vía de Aguas Calientes	17S	667207	9714200	89
2	Vía en dirección de Aguas Calientes	17S	667250	9714080	88
3	Carretera Caída	17S	668642	9707200	523
4	Separación de camino (Y) para subir a Mina Karateka	17S	668809	9707588	454
5	Afloramiento debajo de Bocamina Karateka	17S	668538	9707537	499
6	Mina Karateka con foto (Tapada)	17S	668439	9707572	552
7	Mina Karateka abierta	17S	668423	9707493	575
8	Mina Karateka con obstáculos de madera (Pequeña)	17S	668417	9707487	581
9	Mina Karateka en mejor estado	17S	668363	9707465	590
10	S/N	17S	668182	9709286	251
11	Vía en dirección a la concesión FICT-1	17S	667532	9709702	205
12	Mina Manuel Rey, abajo del campamento (Tapada)	17S	669130	9707190	608
13	Caseta del Polvorín	17S	669171	9707274	604
14	2da entrada a la mina Manuel Rey (Tapada)	17S	669177	9707298	593
15	Bocamina tapada	17S	669183	9707302	582
16	Bocamina principal de Manuel Rey tapada con candado	17S	669228	9707328	550
17	Afloramiento pto para enseñanza	17S	667928	9708935	286
18	Estaca señalada de la bocamina del estudio (Karateka)	17S	668357	9707444	608
19	Acceso al campamento	17S	669066	9707266	622

3.2 Levantamiento topográfico.

Dentro de la mina Karateka se realizó el levantamiento planimétrico mediante brújula y cinta en los dos niveles que se encuentran en dicha mina, colocando fuera de la bocamina una estaca señalada, se consideró como punto de arranque las siguientes coordenadas X: 668357, Y: 9707444, Z: 608m, la dirección predominante en el nivel principal es de N 10° (Ver Ilustración. 3.2) hasta los 24.85 m aproximadamente en donde la dirección cambia a N100 °.

El acceso al nivel inferior cuenta con un buzamiento promedio de -30°, con una dirección de N 15°, comenzando a los 16.60m con respecto a las coordenadas de arranque, con una longitud aproximada de 18m, en donde cambia la dirección del túnel a N 120° de longitud 2.5m, con un buzamiento de +2°.

Plano de mina Karateca - FICT1

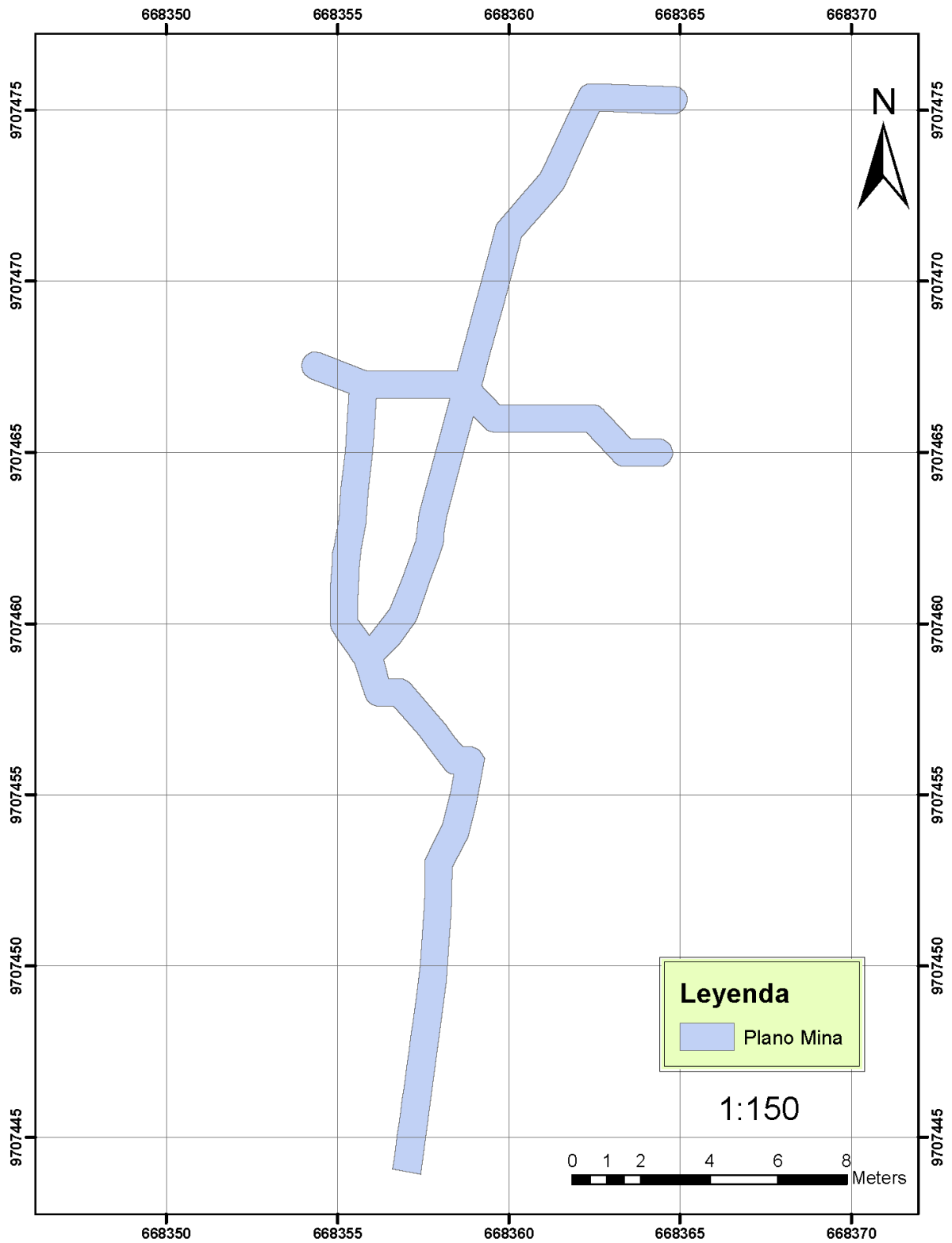


Ilustración 3.2 Plano Planimétrico en el interior de la Mina Karateca., Autor: Polo, J., 2019

3.3 Clasificación Geomecánica.

De acuerdo con la longitud de la mina, se realizaron tres Estaciones Geomecánicas ubicadas en el nivel principal (Ver Ilustración. 3.3), en donde los datos levantados sirvieron para dar una clasificación del macizo rocoso mediante el RMR de Bieniawski. En el nivel inferior no se tomaron datos geomecánicos, debido a la alta peligrosidad que representaba las condiciones de la roca.

3.3.1 Primera Estación Geomecánica (EGM1):

Entre los primeros tres y cuatro metros de distancia de la bocamina, fueron tomados los primeros datos geomecánicos, en donde se visualizó la litología correspondiente a granodiorita muy meteorizada debido al intemperismo, observando varias cuñas, sin embargo, no se apreciaba ningún bloque caído, existía escasa presencia de agua, pero, era suficiente como para mantener húmeda las paredes de la galería.

Los datos tomados en esta estación (Ver Apéndice B1), dieron a conocer el RMRb (Ver tabla 7), que no es más que la clasificación geomecánica de Bieniawski básica, es decir que está sujeta a una corrección que se basa en la dirección del túnel con respecto a la de la estructura principal (Ver apéndice B4), con el fin de obtener el RMR corregido (RMRc) (Ver tabla 8).

Tabla 3.2 Valeres de los diferentes componentes que se toman en cuenta para obtener el RMRb en la EGM1., Autor: Polo., J. 2019

RMR		
RCU	6	
RQD	11	
SEPARACIÓN	7	
CARACTERISTICAS	CONTINUIDAD	5
	ABERTURA	6
	RUGOSIDAD	2
	ALTERACIÓN	3
	RELLENO	2
AGUA	7	
Total = RMRb	49	

Mapa de Ubicación de Estaciones Geomecánicas (EGM) Mina Karateka

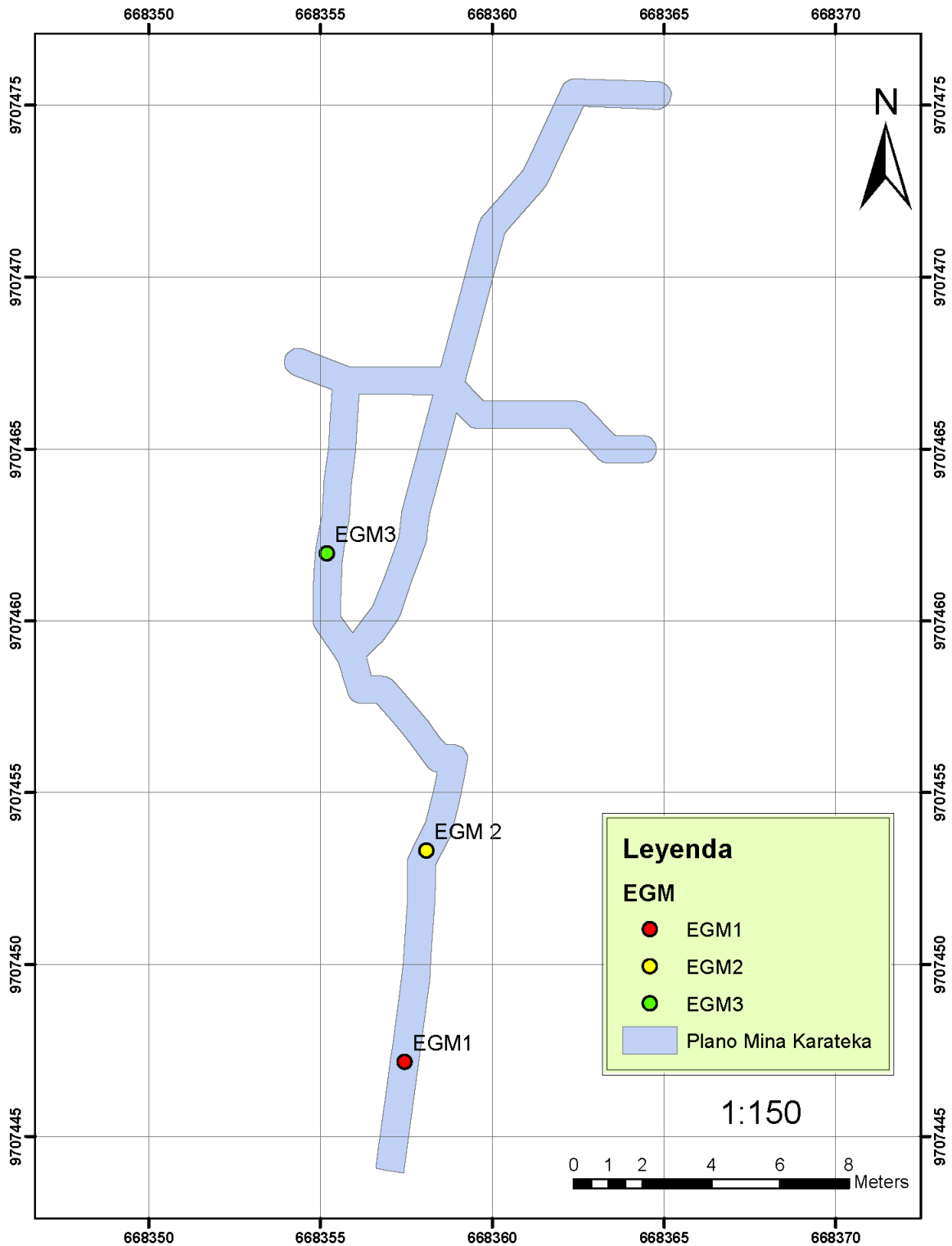


Ilustración 3.3 Mapa de Ubicación de las EGM., Autor: Polo, J., 2019

Tabla 3.3 RMR corregido de EGM1 de acuerdo con la dirección del túnel con respecto a la estructura principal Autor: Polo., J. 2019

Excavación con buz.	30°
Muy Favorable	
Corrección	-2
Corrección del RMRc	47

El resultado del RMRc en esta estación, dio 47, indicando que en esta sección de la mina se encuentra un macizo rocoso de calidad entre media y mala.

3.3.2 Segunda Estación Geomecánica (EGM2):

A los ocho metros con respecto a la bocamina se observa un cambio en la meteorización debido a una falla con 30° de Buz. y N343° de D.B., de grosor aproximado a veinte centímetros. Entre los nueve y diez metros de distancia de la bocamina, fueron tomados los segundos datos geomecánicos (Ver Ilustración. 3.3), debido al cambio en la meteorización con respecto a la EGM1, la litología sigue correspondiendo a una granodiorita, se visualiza bloques mucho más grandes en esta sección, sin embargo, no se apreciaba ningún bloque caído, existía escasa presencia de agua, pero, era suficiente como para mantener húmeda las paredes de la galería.

Los datos tomados en esta estación (Ver Apéndice B2), dieron a conocer el RMRb (Ver tabla 3.4), con el fin de obtener el RMR corregido (RMRc) (Ver tabla 3.5).

Tabla 3.4 Valeres de los diferentes componentes que se toman en cuenta para obtener el RMRb de la EGM2., Autor: Polo., J. 2019

RMR		
RCU		6
RQD		15
SEPARACIÓN		9
CARACTERISTICAS	CONTINUIDAD	5
	ABERTURA	7
	RUGOSIDAD	1
	ALTERACIÓN	5
	RELLENO	2
AGUA		7
RMRb		57

Tabla 3.5 RMR corregido de EGM2 de acuerdo con la dirección del túnel con respecto a la estructura principal Autor: Polo., J. 2019

Excavación con buz.	66°
Muy Favorable	
Corrección	0
Corrección del RMRc	57

El resultado del RMRc en esta estación, dio 57, indicando que en esta sección de la mina se encuentra un macizo rocoso de calidad entre media y buena.

3.3.3 Tercera Estación Geomecánica (EGM3):

A los dieciocho metros con respecto a la bocamina se observa un cambio en la meteorización, donde se visualiza una meteorización similar a EGM1, la EGM3 fue tomada entre los dieciocho y diecinueve metros con respecto a la bocamina (Ver Ilustración. 3.3), la litología sigue correspondiendo a una granodiorita, se visualiza bloques más pequeños en esta sección, sin embargo, no se apreciaba ningún bloque caído, existía escasa presencia de agua, pero, era suficiente como para mantener húmeda las paredes de la galería.

Los datos tomados en esta estación (Ver Apéndice B3), dieron a conocer el RMRb (Ver tabla 3.6), con el fin de obtener el RMR corregido (RMRc) (Ver tabla 3.7).

Tabla 3.6 Valeres de los diferentes componentes que se toman en cuenta para obtener el RMRb de la EGM3., Autor: Polo., J. 2019

RMR		
RCU		5
RQD		13
SEPARACIÓN		7
CARACTERISTICAS	CONTINUIDAD	2
	ABERTURA	3
	RUGOSIDAD	1
	ALTERACIÓN	3
	RELLENO	4
AGUA		7
RMRb		45

Tabla 3.7 RMR corregido de EGM3 de acuerdo con la dirección del túnel con respecto a la estructura principal Autor: Polo., J. 2019

Excavación con buz.	69°
Muy Favorable	
Corrección	0
Corrección del RMRc	45

El resultado del RMRc en esta estación, dio 45, indicando que en esta sección de la mina se encuentra un macizo rocoso de calidad entre media y mala.

La distribución de la calidad de la roca (Ver Ilustración. 3.4) en la mina Karateka, representa la calidad de la roca a través de toda su longitud, dando a conocer los tramos más estables de la misma, en donde se puede reconocer que en el tramo entre los nueve y dieciocho metros con respecto a la bocamina son los más estables.

Mapa de Calidad del Macizo Rocos (RMR) Mina Karateka

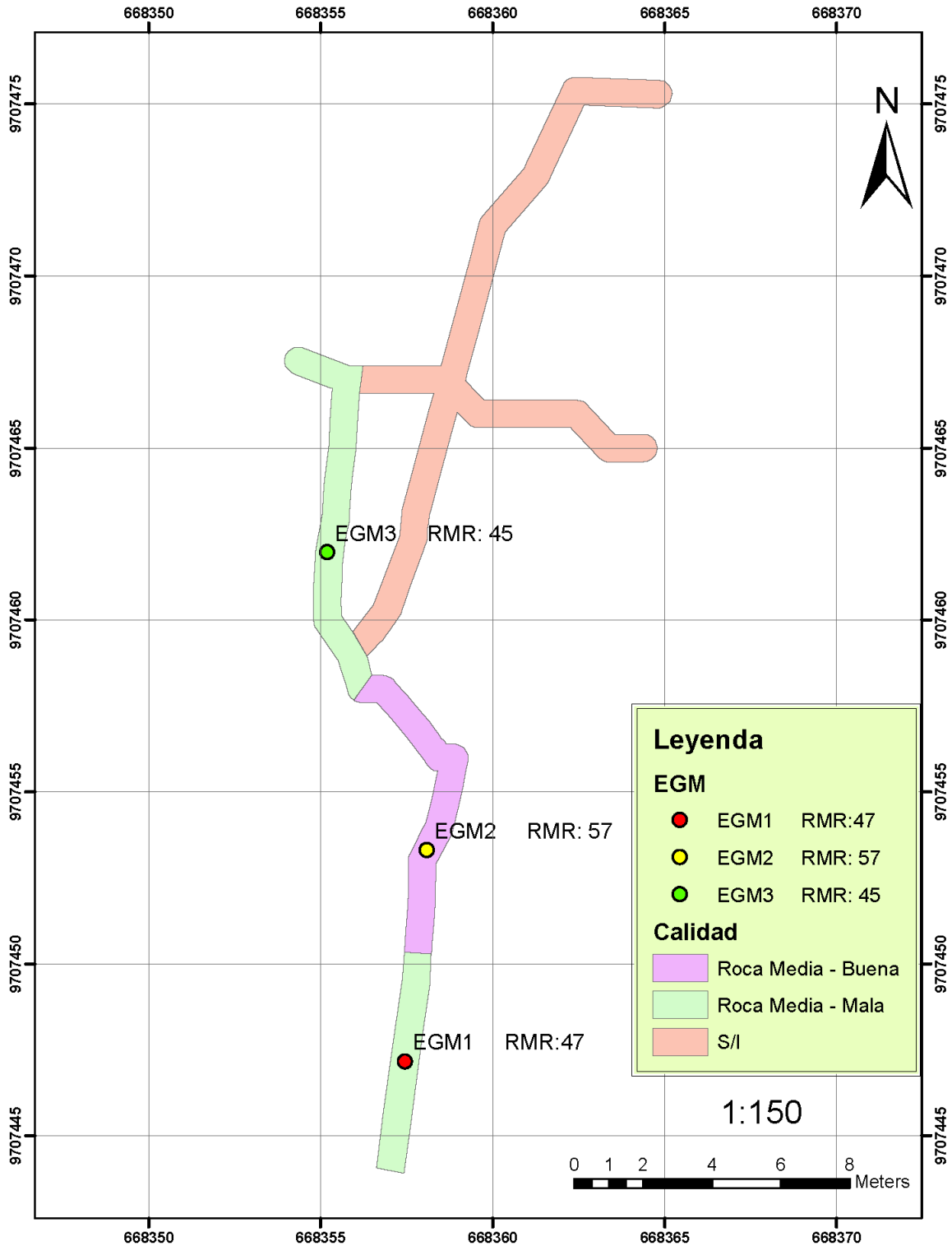


Ilustración 3.4 Mapa de distribución de la calidad de la roca con acuerdo al RMR de Bieniawski en la mina karateka., Autor: Polo., J. 2019

3.4 Clasificación Geológica

La mina Karateka cuenta con una geología de un intrusivo de granodiorita, en donde el intemperismo y la infiltración de agua han creado una fuerte meteorización en toda la galería, presentándose de diferentes intensidades, hasta aproximadamente los 9m se presenta una Falla con Buzamiento (Buz.) de 30° y Dirección de Buzamiento (D.B.) de 343°, marcando un cambio en su meteorización y como consecuencia a la calidad geomecánica de la roca, desde Roca Media Mala a Roca Media Buena.

A los 17m se observa un cambio repentino en la meteorización de la roca, visualizando una meteorización parecida a la de los primeros metros de la galería, en este punto la geomecánica indica que pasa desde una Roca Media Buena a una Roca Media Mala. Encontrándose vetillas rellenas con sulfuros y cuarzos lechosos con una D.B. predominante N 220° y Buz. de 66°. La Veta principal se encuentra a 30m con respecto a la entrada de la mina, con un grosor de 55cm, rellena de sulfuros y material arcilloso de color marrón claro con D.B. N20° y Buz 69° (Ver ilustración 3.5). Dentro de las descripciones en campo se tomaron seis muestras para su descripción y preparación de láminas delgadas en laboratorio, las cuales son:

3.4.1 Descripción de muestras en campo:

3.4.1.1 Material de caja #1 de Mina Karateka (5):

- **Muestra:** Muestra COD-5.
- **Coordenadas tomadas:** UTM/WGS84: X: 668357, Y: 9707444
- **Nota:** Muestra tomada a 3m de la Bocamina en la galería principal (Coordenadas tomadas).
- **Grupo genético:** Plutónico (intrusivo)
- **Contenido Mineralógico:** Cuarzo cristalizado (Drusa), probablemente Galena, Calcopirita, Pirita, Cuarzo lechoso y dudosamente contenga Pirrotina
- **Textura:** Fanerítica
- **Grado de cristalinidad:** Holocristalino
- **Tamaño de los componentes:** Fino con tamaños de los minerales menores a 2 mm

- **Color de corte reciente:** Gris claro con tonalidades oscuras
- **Color de intemperismo:** Gris verdoso
- **Intemperismo y forma:** Bloques medianos y pequeños muy fracturado
- **Clasificación:** Granodiorita

3.4.1.2 Material de caja #2 de Mina Karateka (4):

- **Muestra:** COD-4
- **Coordenadas tomadas:** UTM/WGS84: X: 668357, Y: 9707444
- **Nota:** Muestra tomada a 9m de la Bocamina en la galería principal (Coordenadas tomadas).
- **Grupo genético:** Plutónico (intrusivo)
- **Contenido Mineralógico:** Pirita, Biotita, Micas, Feldespatos, Minerales arcillosos, calcopirita.
- **Textura:** Fanerítica
- **Grado de cristalinidad:** Holocristalina
- **Tamaño de los componentes:** Finos con tamaños de minerales a 2mm
- **Color de corte reciente:** Marrón claro
- **Color de intemperismo:** Marrón rojizo
- **Intemperismo y forma:** bloques medianos fracturados
- **Clasificación:** Granodiorita

3.4.1.3 Material de Veta:

- **Muestra:** COD-1
- **Coordenadas tomadas:** UTM/WGS84: X: 668357, Y: 9707444
- **Nota:** Muestra tomada a 8.50m de la Bocamina en la galería principal (Coordenadas tomadas). No se puede describir este material debido, que se encuentran en pequeños fragmentos, evidentemente muy intemperizado y no cumplen con ser una muestra representativa, (Ver Apéndice C8)

3.4.1.4 Material Techo de Veta:

- **Muestra:** COD-2
- **Coordenadas:** UTM/WGS84: X: 668357, Y: 9707444
- **Nota:** Muestra tomada de techo de la Veta a 27m de la Bocamina en la galería principal (Coordenadas tomadas). No se puede describir este material, debido que el material es arcilloso de color marrón claro, evidentemente muy intemperizado y no cumplen con ser una muestra representativa. (Ver Apéndice C11)

3.4.1.5 Material Sobre Caja:

- **Muestra:** COD-3
- **Coordenadas:** UTM/WGS84: X: 668357, Y: 9707444
- **Nota:** Muestra tomada del techo de la caja a 30m de la Bocamina en la galería principal (Coordenadas tomadas). No se puede describir este material, debido que el material es arenoso, de color marrón claro, evidentemente muy intemperizado y no cumplen con ser una muestra representativa. (Ver Apéndice C14)

3.4.1.6 Material de piso de Veta:

- **Muestra:** COD-6
- **Coordenadas tomadas:** UTM/WGS84: X: 668357, Y: 9707444
- **Nota:** Muestra tomada del piso de la Veta a 32m de la Bocamina en la galería principal (Coordenadas tomadas).
- **Grupo genético:** Plutónica
- **Contenido Mineralógico:** Cuarzo lechoso
- **Textura:** Silicificada Masiva
- **Grado de cristalinidad:** No presenta
- **Color de corte reciente:** Blanco - Pálido
- **Color de intemperismo:** Marrón claro

- **Intemperismo y forma:** Bloques muy fracturados
- **Clasificación:** Cuarzo Lechoso y bandas de Cuarzo Gris.

3.4.2 Descripción de láminas delgadas

3.4.2.1 Descripción microscópica del Material de caja #1 de Mina Karateka, COD-5:

Se observan dos secciones A y B, en donde se diferencia claramente la sección en donde su mayoría se visualiza mineralización de sulfuros y la otra sección es material de ganga respectivamente (Ver Apéndice C2). En el mineral de ganga (B) se distinguen en pequeñas porciones una diseminación de Calcopirita, Pirita, Pirrotina, Cuarzo (Ver Apéndice C4). En la sección A se observa vetillas en la zona de mineralización en donde más del 90% se visualiza Pirita y Calcopirita, (Ver Apéndice C3)

3.4.2.2 Descripción microscópica del Material de caja #2 de Mina Karateka COD-4:

Existe una zonación de maclas de Albita, con abundante presencia de epidota, ya que se presencia una alteración en facies de metamorfismo de contacto desarrollando andesinas alabradorita y epidotas cordianas (Ver Apéndice C5)

3.4.2.3 Descripción microscópica del Material de Veta VF, COD-1:

Se visualiza una muestra de Veta que en su mayoría se encuentra con presencia de Cuarzo en diferentes presentaciones, como micro cuarzo y cristalino ondulante, además, se puede observar alteraciones arcillosas en donde se presume que pudiera existir una alteración propilítica (Ver Apéndice C9), para más detalle de la composición de la arcilla se necesita un ensayo de DRX.

3.4.2.4 Descripción microscópica Material techo de Veta VT, COD-2:

Existen dos facies de cuarzo, donde se observa una degradación con respecto al tamaño, se visualiza una depositación homogénea de cuarzo, cada vez más cristalino, gradando desde tamaños microscópicos a milimétricos (Ver Apéndice C12).

3.4.2.5 Descripción microscópica Material de Sobre Caja SC, COD-3:

Se observa una muestra muy alterada, con abundante presencia de epidota, debido a la alteración, no se puede reconocer la textura original. Solo se pueden reconocer minerales como la epidota y el cuarzo (Ver Apéndice C15).

3.4.2.6 Descripción microscópica Material de piso de Veta COD-6:

Se observa una alteración propilítica, que ocupa espacios intersticiales entre los granos de dos generaciones de cuarzos unos microcristalinos y otros crecidos con extinción ondulante, además la alteración presenta una mezcla de varias arcillas, con intrusiones de minerales como montmorillonita y calcopirita. Existen granos de feldespatos en donde muy probablemente la arcillosidad está sobre ellos, en donde se visualizan filosilicatos que recorren un camino entre el grano de feldespato y el cuarzo (Ver Anexo C18).

Mapa de la Geología Local de Mina Karateka

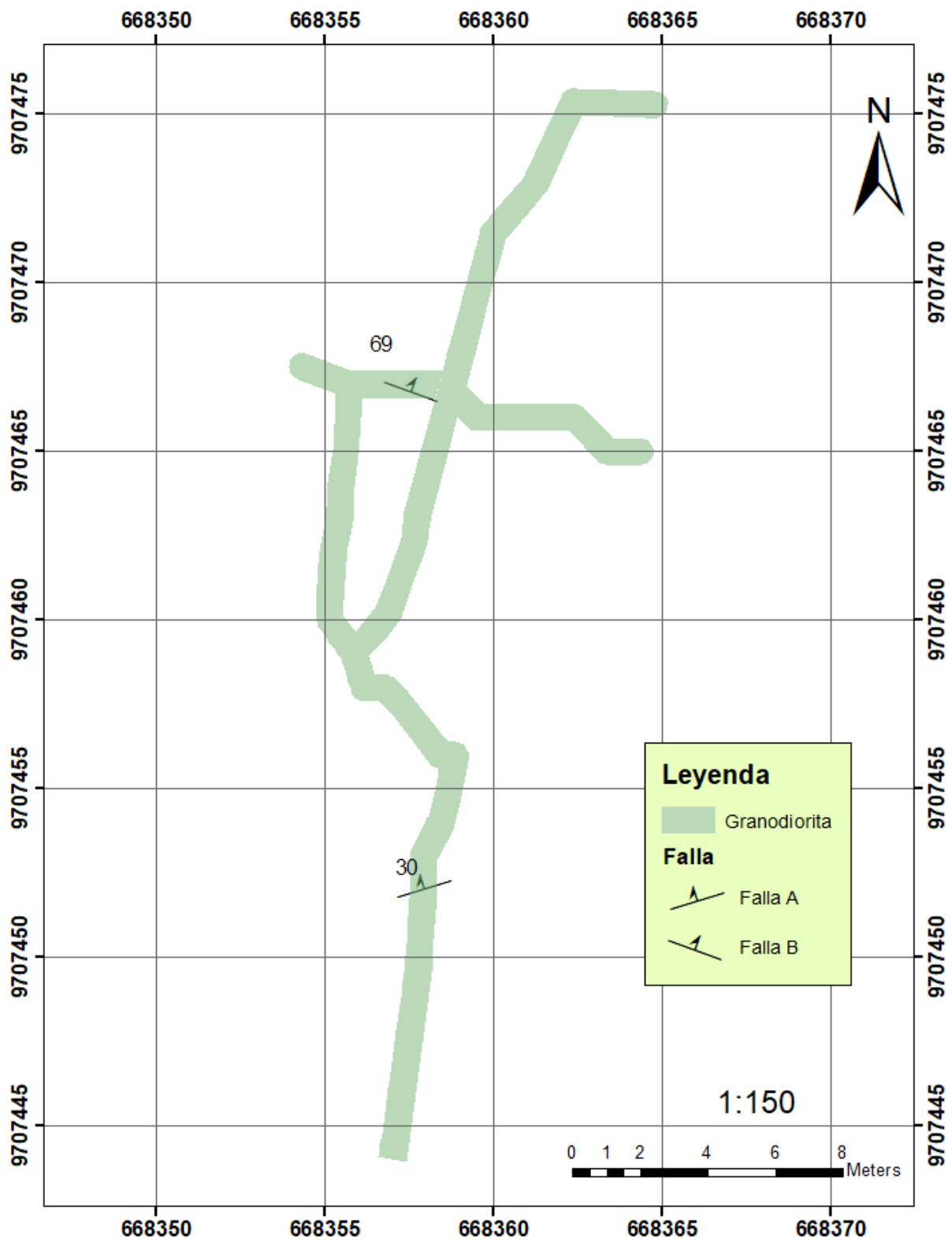


Ilustración 3.5 Mapa de la Geología Local de la Mina Karateka. Autor: Polo, J., 2019

3.5 Puntos de interés académicos

De acuerdo con los puntos analizados dentro de la geomecánica y geología de la mina Karateka perteneciente a la concesión “FICT-1”, se analizó la Ubicación de Puntos de Interés académico (U.P.I.) (Ver Ilustración.3.6), donde el estudiante puede practicar los diferentes conocimientos adquiridos en el aula de clases.

El lugar propuesto para los Puntos de Interés (P.I.), se enfoca en lugares donde el estudiante sea capaz de reconocer las diferentes características geomecánicas y geológicas, para resolver diferentes problemas reales, de una forma técnica en un entorno educativo, sin embargo, es tan solo una pequeña muestra de lo que se puede alcanzar al combinar la práctica más la teoría en donde:

- **Primer Punto de Interés (P.I.1):** Este punto se da al comienzo de la bocamina, aproximadamente a los primeros tres metros de su entrada principal, en donde se determina la EGM y se comprueba la calidad del macizo rocoso, con el fin de analizar detenidamente la peligrosidad que implica el ingreso a espacios reducidos, no obstante, se puede realizar el levantamiento geológico mediante la práctica de materias como Mineralogía, Geología Estructural, Tectónica de Placas, Geoquímica, Petrología, Estratigrafía y Sedimentación, Geología de Campo, entre otras
- **Segundo Punto de Interés (P.I.2):** En este punto se puede verificar el cambio de meteorización debido a una falla de D.B. 343° y Buz. 30° que se encuentra a los primeros ocho metros con respecto a la bocamina, el levantamiento de la geología en este lugar tiene un aporte importante debido a la familia de vetillas rellenas de cuarzo lechoso y sulfuros con D.B. de 239° y Buz. de 72° , las materias que se pueden practicar en este lugar pueden ser: Mineralogía, Geología Estructural, Tectónica de Placas, Geoquímica, Petrología, Geología de Campo, entre otras. Además, las EGM en este sitio, da como resultado la calidad del macizo rocoso antes y después de dicha falla, para analizar el posible sostenimiento que sea necesario en esta galería.

- **Tercer Punto de Interés (P.I.3):** Este punto se encuentra a los dieciocho metros con respecto a la bocamina, y se puede analizar nuevamente un cambio en la meteorización, donde se verifica mediante la Geomecánica una roca media – buena a roca media – mala, y se puede realizar el levantamiento geológico de acuerdo con las materias de Mineralogía, Geología Estructural, Tectónica de Placas, Geoquímica, Petrología, Geología de Campo, entre otras. Donde la geomecánica da a conocer la calidad de la roca y un posible sostenimiento en caso sea necesario.

Mapa de Ubicación de Puntots de Interés (U.P.I.) Mina Karateka

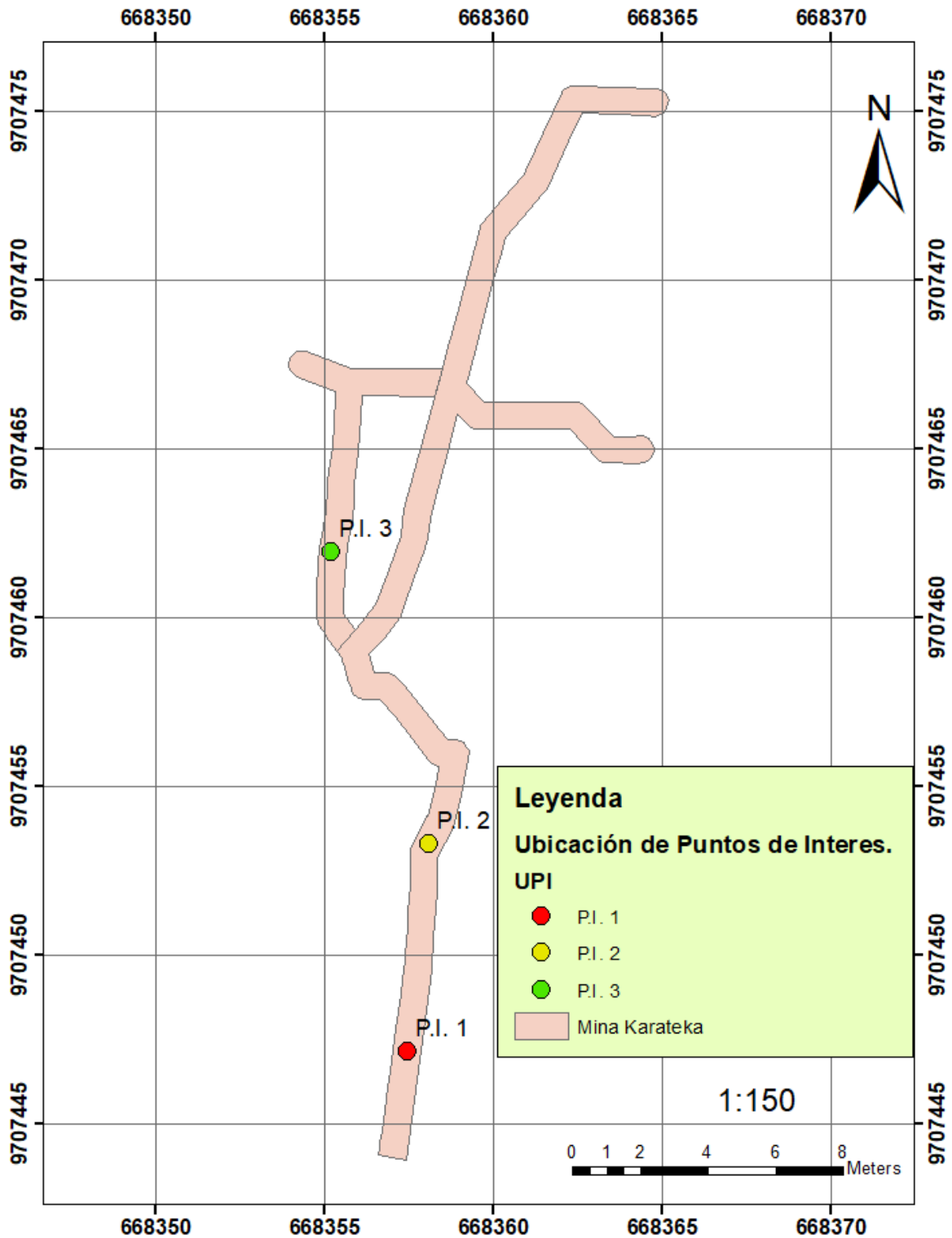


Ilustración 3.6 Plano de puntos propuestos para aprendizaje en campo, Autor: Polo, J.,

2019

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La importancia del presente trabajo se enfoca en la formación de profesionales en las carreras de Geología y Minas, para el aprovechamiento del potencial minero en Ecuador. El prediseño de una Mina Escuela perteneciente a FICT, da a conocer una posible metodología de enseñanza mediante la práctica.

La metodología realizada mediante Design Thinking, se enfoca en el usuario final para dar con la solución del problema planteado, mediante un prototipo de baja resolución de una forma creativa e innovadora. El prototipo consistió en el recorrido de la concesión “FICT-1”, con el fin de verificar la accesibilidad y realizar el levantamiento planimétrico, geomecánico y geológico de minas inactivas.

Las incertidumbres del presente trabajo se dieron debido a que no se pudo realizar el enfoque requerido a todas las minas existentes, y en muchas ocasiones no se pudo visitar el campo como fue planificado.

4.1 Conclusiones

De acuerdo con lo anteriormente escrito, se puede concluir lo siguiente:

- En el recorrido de la concesión “FICT-1”, existieron lugares que se encuentran en zonas sin acceso, y cuentan con minas inactivas donde no se logró verificar la estabilidad del macizo rocoso, ni geología, se presume que son puntos con mejores características para realizar un prototipo de baja resolución.
- Los procesos aplicados para el levantamiento de información planimétricos dieron como resultado un mapa de la mina Karateka, que sirvió para la ubicación de las EGM y estaciones geológicas, ayudando a dar una interpretación acorde a los resultados.
- La calidad del macizo rocoso de la mina Karateka es de interés académico tanto geológico como geomecánico, ya que, existe un claro cambio de meteorización debido a una falla de D.B. 343° y Buz. 30°, en donde se verificó una transición de roca media – mala a roca media - buena en los primeros nueve metros P.I.1 (Ver

Ilustración. 3.5). Entre los nueve y dieciocho metros de esta mina, se verificó otra transición de roca media – buena a roca media – mala, mediante la geomecánica.

- El área de FICT-1 es apta para realizar prácticas de diferentes materias pertenecientes a la carrera de Geología, como: Mineralogía, Geología Estructural, Tectónica de Placas, Geoquímica, Petrología, Geología de Campo, entre otras., y de la carrera de Minas como: Mineralogía, Mecánica de Rocas, entre otras., dando como resultado una comprensión más profunda por parte del estudiante en temas de interés.
- El aporte de una Mina Escuela no solo servirá a estudiantes de ESPOL, sino, servirá para el desarrollo en el conocimiento Minero y Geológico del País, además de dar un aporte significativo en la investigación de esta rama mediante la práctica y experiencias del mundo laboral desde muy temprano.

4.2 Recomendaciones

- Habilitar la vía de acceso vehicular al campamento de FICT-1
- Realizar la apertura de las bocaminas que se encuentran colapsadas
- Realizar un plan de trabajo con diferentes posibles empresas o entidades que se encuentren en posibilidades de invertir en la Mina Escuela.
- Realizar pruebas de Difractómetro de Rayos X (DRX) a las muestras arcillosas tomadas en Veta, con el fin de determinar minerales que no son apreciables en la lámina delgada.
- Se recomienda realizar una topografía 1:2,500 en toda la superficie de la concesión de FICT-1, con el fin de que los estudiantes puedan realizar prospección geológica en el área.

BIBLIOGRAFÍA

- Bárbara, F. S. (s.f.). *Escuela Laboral de el Bierzo*. Obtenido de <http://www.fsbarbara.com/escuelas.html>
- California, U. d. (1970). *Design Thinking*. Obtenido de <http://www.designthinking.es/inicio/>
- Ciencias, F. d. (04 de Mayo de 2017). *UAI*. Obtenido de <https://ingenieria.uai.cl/ingenieria-presento-avances-del-proyecto-escuela-mina-planta-ante-core-de-ohiggins/>
- David Brusi, M. Z. (2011). Reflexiones sobre el diseño por competencias en el trabajo de campo en Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 4.
- EcuRed. (s.f.). *Freiberg*. Obtenido de https://www.ecured.cu/Freiberg?fbclid=IwAR3t9sH8Z9RsjEbufLvAcW2tyMyLS4l6xp0LR42_fcTe_s5rs5qOfnswwsQ
- Gorospe, I. A. (2018). Proyectos de Minería en Ecuador. *ICEX*.
- GRECIA", A. d. (2019). *Amuminas*. Obtenido de <https://www.amuminas.com/quienes-somos/>
- Jordá Bordehore, L. J. (2010). Estado Actual de las Minas Museo en España . *III Congreso Español sobre Cuevas Turísticas. 4 al 6 de Noviembre*.
- Jordá, L. (2019). *Libreta Geomecánica*. Guayaquil: ESPOL.
- Juan Antonio López Martín, P. (2000). Las salidas de campo: mucho más que una excursión . *Eduacar*, 100.
- Laciana, I. (2013). *Izquierda Unida Laciana*. Obtenido de <http://izquierdaunidavillablino.blogspot.com/search/label/Fundaci%C3%B3n%20Santa%20Barbara>
- minas, M. B. (1975). Hoja Geológica de Naranjal.
- minas, M. B. (1975). Hoja Geológica de Tenguel.
- minas, M. B. (1976). Hoja Geológico de Cuenca.
- minas, M. B. (1978). Hoja Geológica de Gualleturo.
- O.I.T. (2019). *Obstaculos para encontrar trabajo*. Obtenido de https://www.ilo.org/americas/sala-de-prensa/WCMS_655220/lang--es/index.htm

- Orche E. (2004). Problemática de la Seguridad en los parques Mineros Españoles. De Re Metálica. En O. E.
- Puchades, A. D. (10 de 05 de 2018). *Periódico Universitario UCM en la web*. Obtenido de <https://generaciondospuntocero.com/adentrandonos-en-la-mina-marcelo-jorissen/>
- QS World University, R. (2019). *Top Universities*. Obtenido de <https://www.topuniversities.com/universities/escuela-superior-politecnica-del-litoral-espol#wurs>
- School, C. M. (2019). *Mina Experimental Edgar*. Obtenido de <https://mining.mines.edu/edgar-experimental-mine/>
- Statista. (2018). *Países líderes en la producción de cobre a nivel mundial 2018*. Obtenido de <https://es.statista.com/estadisticas/635359/paises-lideres-en-la-produccion-de-cobre-a-nivel-mundial/>
- Vallejo, L. G. (2002). *Ingeniería Geológica*. Madrid.

APÉNDICE

Apéndice A: Encuesta realizada en Design Thinking

Encuesta realizada a estudiantes de ESPOL.

Esta encuesta es anónima aplicada a estudiantes de las carreras de Geología y Minas de ESPOL, nos ayudó con información para proponer mejoras en su experiencia en el aprendizaje.

Los datos son confidenciales y para propósitos de una investigación, estos resultados fueron gracias a las respuestas de 42 estudiantes entre las carreras de Geología y Minas.

- **¿A qué carrera pertenecen?**

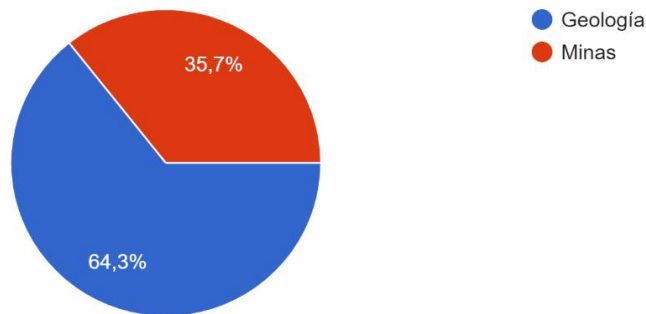


Ilustración A1 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL con respecto a la carrera que pertenecen, Autor: Polo, J., 2019

- **¿Cuántas salidas de campo relacionada a su carrera, ha realizado hasta la actualidad?**

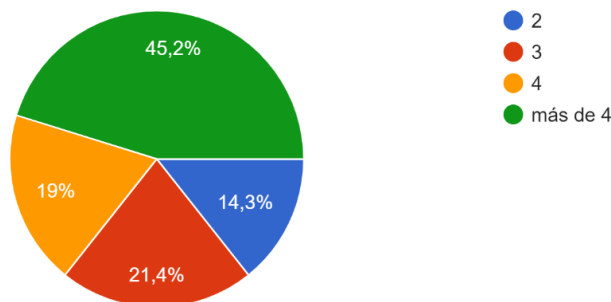


Ilustración A2 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL con respecto a las salidas de campo, Autor: Polo, J., 2019

- Luego de aprobar una materia de facultad, ¿Cuánto tiempo sigue recordando temas específicos de tomaron en el examen final de dicha materia?

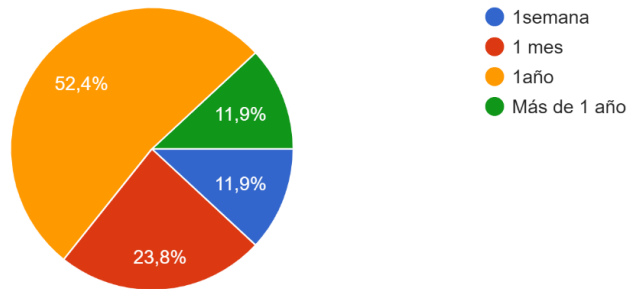


Ilustración A3 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL, con respecto a conocimientos perduraderos, Autor: Polo, J., 2019

- ¿Qué tan importante cree que se deba realizar prácticas de lo aprendido en un aula de clases?

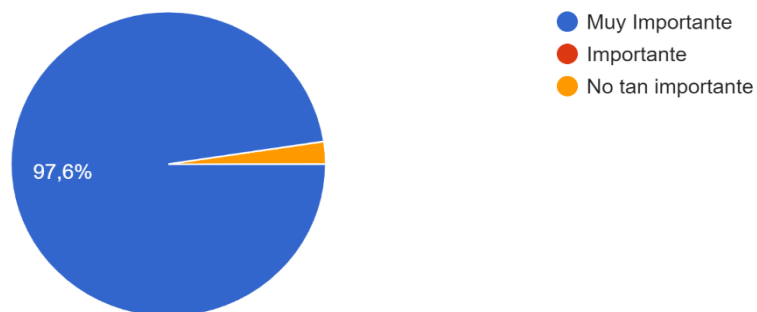


Ilustración A4 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL, Autor: Polo, J., 2019

- ¿Conoce qué es una Mina Escuela?

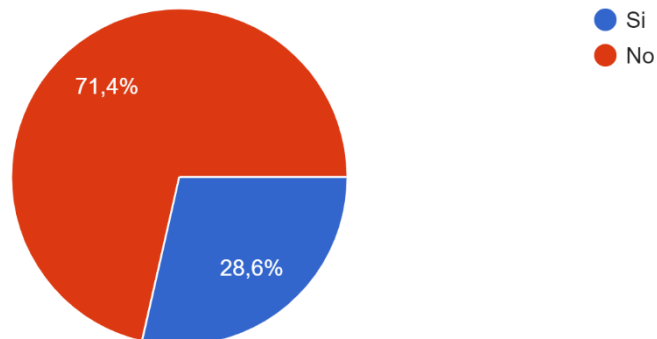


Ilustración A5 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de ESPOL, Autor: Polo, J., 2019

Encuesta realizada a estudiantes de U.C.E. y U.T.P.L.

Esta encuesta es anónima y aplicada a estudiantes de la carrera de Geología y Minas de U.C.E y U.T.P.L. nos ayudó con información para proponer mejoras en su experiencia en el aprendizaje

Los datos son confidenciales y para propósitos de una investigación, estos resultados fueron gracias a las respuestas de 70 estudiantes entre las carreras de Geología y Minas.

- ¿A qué Universidad pertenece?

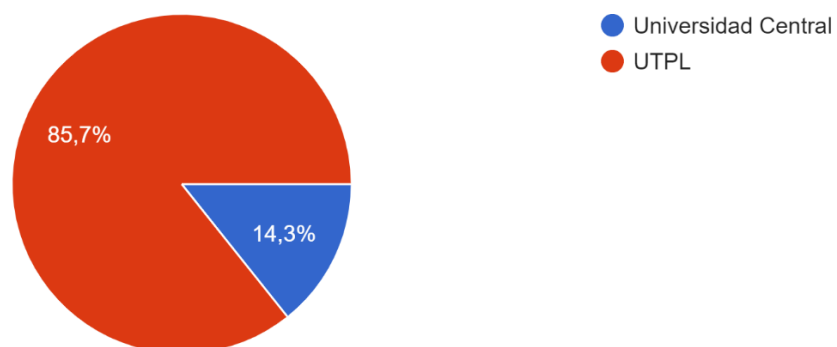


Ilustración A6 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de UCE y UTPL, Autor: Polo, J., 2019

- ¿A qué carrera pertenece?

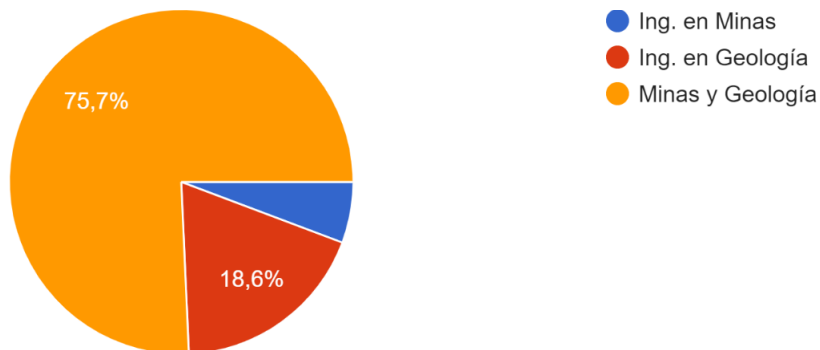


Ilustración A7 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de UCE y UTPL, con respecto a la carrera que pertenece, Autor: Polo, J., 2019

- ¿Qué tan importante cree que se deba realizar prácticas de lo aprendido en un aula de clases?

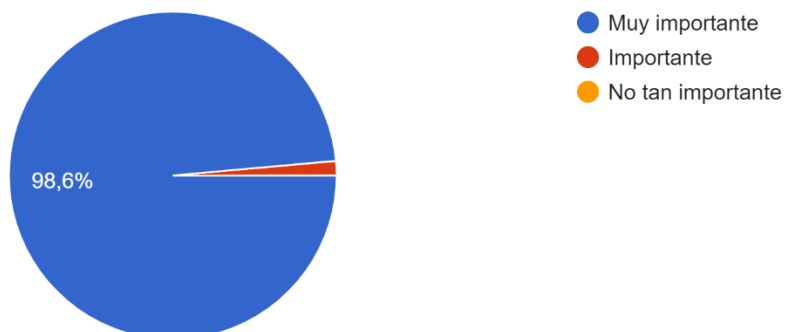


Ilustración A8 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de UCE y UTPL, con respecto a las salidas de campo, Autor: Polo, J., 2019

- ¿Ud., cree que hace falta más salidas de campo relacionadas con la carrera?

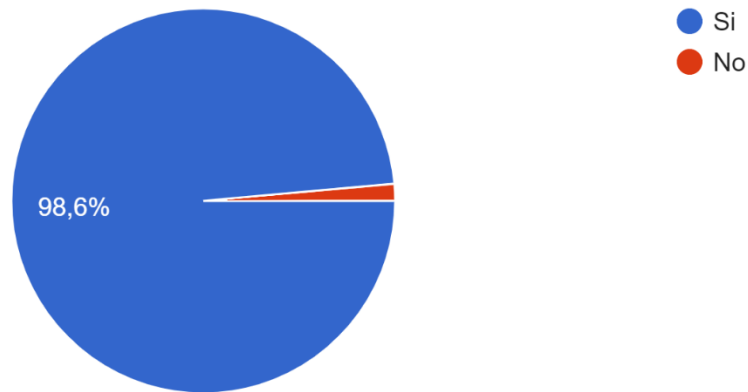


Ilustración A9 Gráfico porcentual tomado del resultado de la encuesta realizada es estudiantes de UCE y UTPL, con respecto a las salidas de campo, Autor: Polo, J., 2019

Apéndice B: Datos geomecánicos de la Mina Karateka

Datos tomados en EGM 1:

Tabla B1 Tabla de datos tomados en campo de EGM1 de acuerdo con la ficha técnica propuesta en la Metodología. Autor: Polo, J., 2019

Estación N°	1		FECHA	06/12/2016	
Ficha de estación Geomecánica N° :	1		Calidad de Afloramiento	Medio	
Litología	Granodiorita		Fracturas/metro		
Meteorización	II		λ hor	15	
Formación	Intrusivo		λ ver	14	
Resistencia	Roca dura mayor a: 60				
	Numero de Golpes con martillo de geólogo: 2				

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3
Dir. de buz.	246	226	240	140	136	138	303	332	337
Buzamiento	89	74	78	65	66	66	40	30	32
ESPACIADO									
> 2000 mm									
600 - 2000 mm									
200 - 600 mm								X	X
60 - 200 mm		X	X	X	X		X		
< 60 mm	X					X			
CONTINUIDAD									
< 1 m		X		X	X	X			
1 - 3 m	X		X				X	X	X
3 - 10 m									
10 - 20 m									
> 20 m									
APERTURA									
nada		X	X		X	X		X	X
< 0,1 mm				X			X		
0,1 - 1,0 mm	X								
1 - 5 mm									
> 5 mm									
RUGOSIDAD									
ondulación	2	2	3	4	4	1	2	1	1
JRC	10	6	8	14	10	4	4	2	2
METEORIZACIÓN									
Grado	3	3	3	3	3	3	3	3	3
AGUA									
Seco									
Lig. Húmedo									
Húmedo	X	X	X	X	X	X	X	X	
Goteando									
Fluyendo									
RELLENO									
Naturaleza	NO	NO	NO	Arcilla	NO	NO	Arcilla	NO	NO
Relleno Duro							PYR		
Relleno Blando				X					
Espesor mm				49			10		

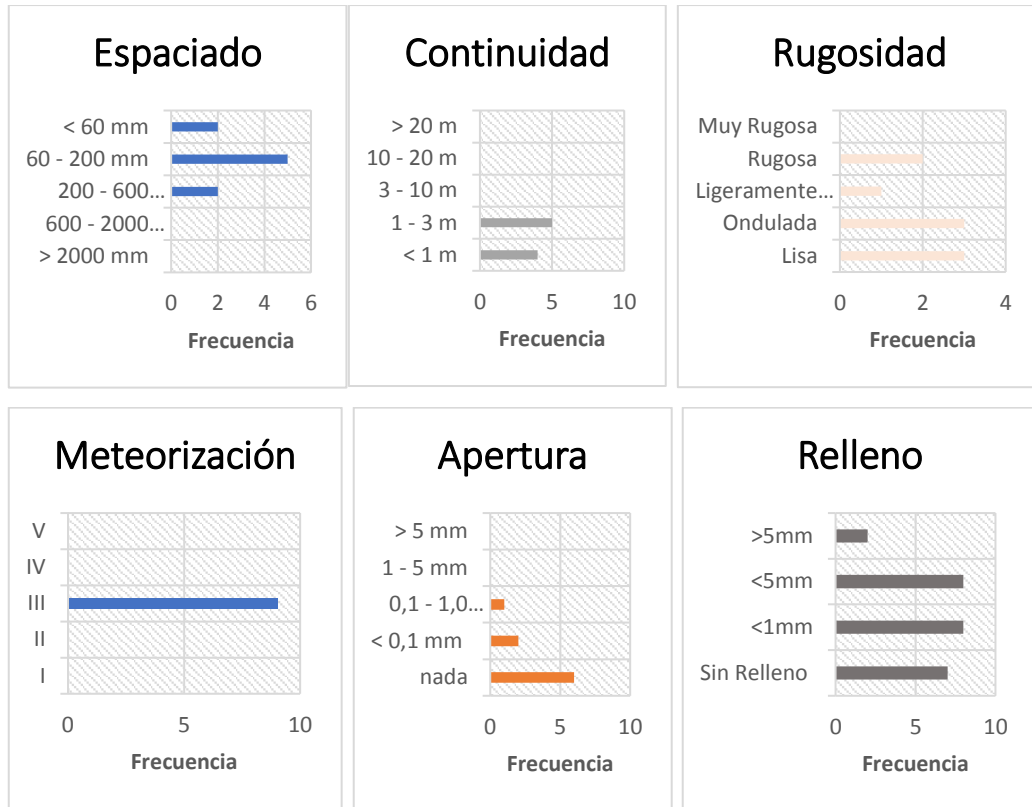


Ilustración B1 Gráficos basados en los resultados de la Ficha técnica Geomecánica basado en EGM1. Autor: Polo, J., 2019

RQD	
RQD min	55,78% Roca Media
RQD max	59,18% Roca Media

Datos tomados en EGM 2:

Tabla B2. Datos tomados en campo de EGM2 de acuerdo con la ficha técnica propuesta en la Metodología. Autor: Polo, J., 2019

Estación N°	2	FECHA	06/12/2016
Ficha de estación Geomecánica N° :	2	Calidad de Afloramiento	Medio
Litología	Granodiorita	Fracturas/metro	
Meteorización	II	λ hor	11
Formación	Intrusivo	λ ver	8
Resistencia	Roca dura mayor a:		
	Numero de Golpes con martillo de geólogo:		
			5

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2	J3	J3	J3
Dir. de buz.	239	224	247	131	131	134	337	329	350
Buzamiento	72	74	64	70	72	68	24	23	39
ESPACIADO									
> 2000 mm									
600 - 2000 mm									
200 - 600 mm				X	X	X			
60 - 200 mm	X	X	X				X	X	X
< 60 mm									
CONTINUIDAD									
< 1 m	X			X					
1 - 3 m		X	X		X	X			
3 - 10 m							X	X	X
10 - 20 m									
> 20 m									
APERTURA									
nada		X	X	X	X	X	X	X	
< 0,1 mm									
0,1 - 1,0 mm									
1 - 5 mm	X								X
> 5 mm									
RUGOSIDAD									
ondulación	2	3	2	2	3	2	2	1	3
JRC	8	4	8	4	8	8	4	2	10
METEORIZACIÓN									
Grado	2	2	2	2	2	2	2	2	
AGUA									
Seco									
Lig. Húmedo									
Húmedo	X	X	X	X	X	X	X	X	
Goteando									
Fluyendo									
RELLENO									
Naturaleza	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	Arcilla
Relleno Duro									
Relleno Blando									
Espesor mm									

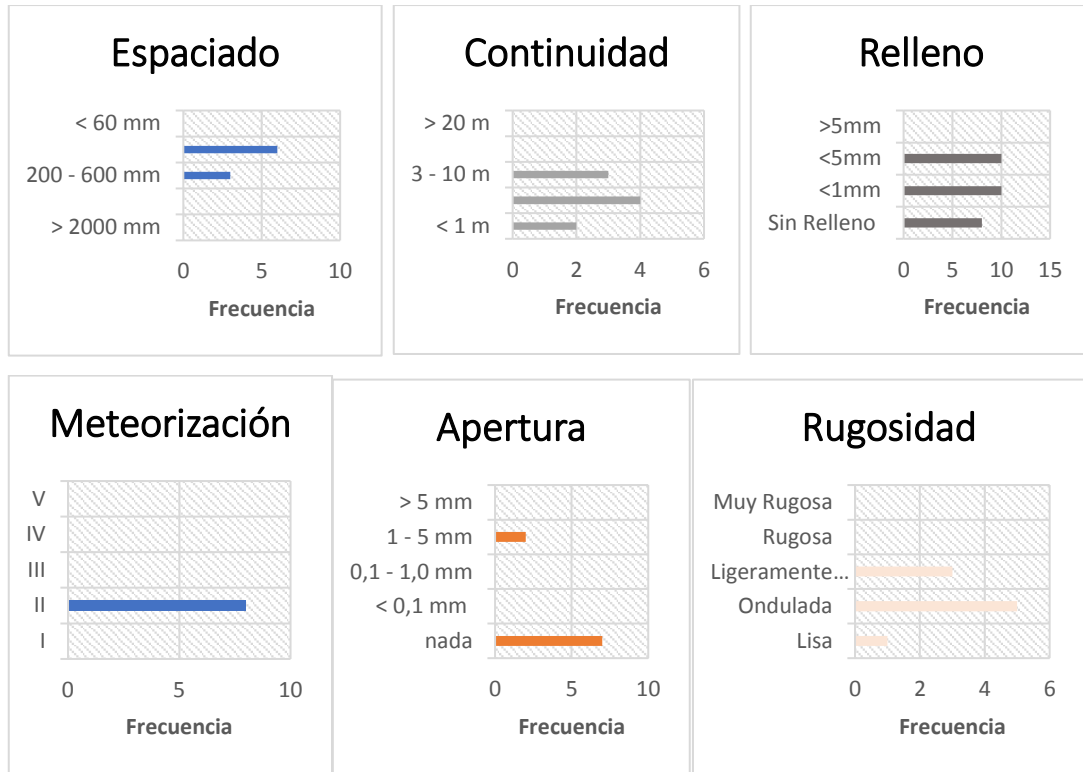


Ilustración 6 Gráficos basados en los resultados de la Ficha técnica Geomecánica, basado en la EGM2. Autor: Polo, J., 2019

RQD	
RQD min	69,90% Roca Media
RQD max	80,88% Roca Buena

Datos tomados en EGM 3:

Tabla B3 Datos tomados en campo de EGM3 de acuerdo con la ficha técnica propuesta en la Metodología. Autor: Polo, J., 2019

Estación N°	3	FECHA	06/12/2016
Ficha de estación Geomecánica N° :	3	Calidad de Afloramiento	Medio
Litología	Granodiorita	Fracturas/metro	
Meteorización	II	λ hor	13
Formación	Intrusivo	λ ver	11
Resistencia	Roca dura mayor a:		
	Numero de Golpes con martillo de geólogo:		4

MEDIDAS	1	2	3	4	5	6
Tipo de plano	J1	J1	J1	J2	J2	J2
Dir. de buz.	334	339	333	201	194	197
Buzamiento	25	24	26	48	54	70
ESPACIADO						
> 2000 mm						
600 - 2000 mm						
200 - 600 mm						
60 - 200 mm		X	X	X	X	X
< 60 mm	X					
CONTINUIDAD						
< 1 m						
1 - 3 m				X		X
3 - 10 m					X	
10 - 20 m	X	X	X			
> 20 m						
APERTURA						
nada			X	X	X	
< 0,1 mm						
0,1 - 1,0 mm						
1 - 5 mm	X	X				X
> 5 mm						
RUGOSIDAD						
ondulación	1	1	1	2	2	2
JRC	4	2	4	8	6	4
METEORIZACIÓN						
Grado	3	3	3	3	3	3
AGUA						
Seco						
Lig. Húmedo						
Húmedo	X	X	X	X	X	X
Goteando						
Fluyendo						
RELLENO						
Naturaleza	SULFURO	SULFURO	SULFURO	NO	NO	ARCILLA
Relleno Duro						
Relleno Blando	Pyr	Pyr	Cp			X
Espesor mm						

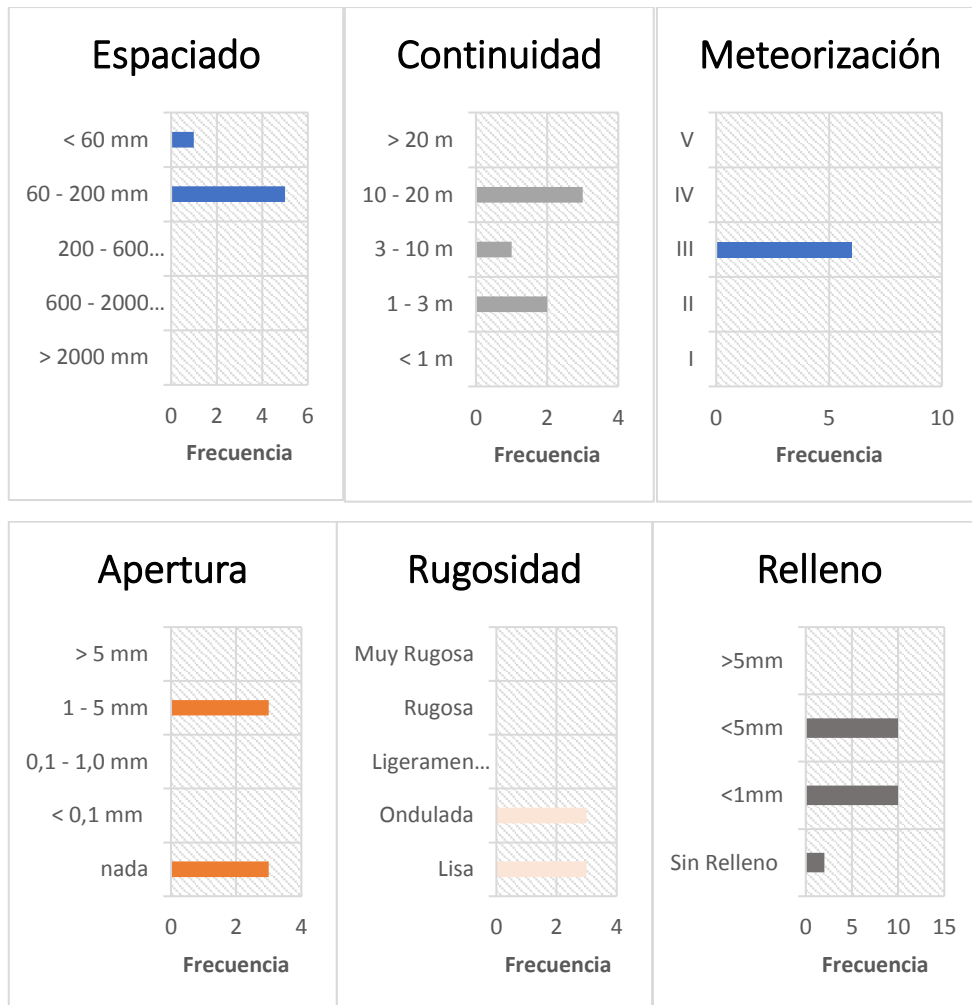


Ilustración B3 Gráficos basados en los resultados de la Ficha técnica Geomecánica, basado en la EGM2. Autor: Polo, J., 2019

RQD	
RQD min	62,68% Roca Media
RQD max	69,90% Roca Media

Corrección del RMRb de acuerdo con la Orientación de las juntas:

Se puede observar la estructura principal del túnel con respecto a la dirección del túnel, con el fin de realizar una corrección del valor obtenido en RMRb, mediante el siguiente gráfico.

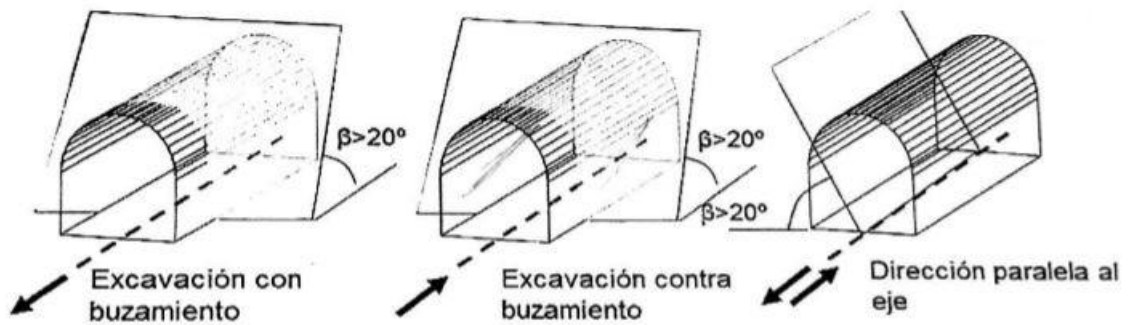


Ilustración B4 Dirección de la excavación de acuerdo con la orientación de las juntas, Autor: Bieniawski 1989

Tabla B4 Calidad de la orientación de las juntas con respecto a la dirección del túnel, Autor: Bieniawski 1989

Dirección perpendicular al eje de túnel				Dirección paralela a eje de túnel		Buzamiento 0 - 20° en cualquier dirección
Exc. a favor del buzamiento		Exc. Contra del buzamiento		Buz. >45°	Buz.: 20-45°	
Buz. >45°	Buz.: 20-45°	Buz. >45°	Buz.: 20-45°			Buz. >45°
<i>Muy Favorable</i>	<i>Favorable</i>	<i>Medio</i>	<i>Desfavorable</i>	<i>Muy Desfavorable</i>	<i>Medio</i>	<i>Desfavorable</i>

Tabla B5 Factor de corrección para el RMRb, Autor: Bieniawski 1989

Dirección buzamiento		Muy Favorable	Favorable	Medio	Desfavorable	Muy Desfavorable
Valoración para	Túneles	0	-2	-5	-10	-12

Apéndice C: Fotografías de las muestras pertenecientes a la Geología de la Mina Karateka



Ilustración C1 Muestra de Mano perteneciente a la muestra Caja #1, COD-5. Autor: Polo, J., 2019



Ilustración C2 Lámina delgada perteneciente a la muestra Caja #1, COD-5, donde se observa la mineralización a la derecha y la ganga a la izquierda. Autor: Polo, J., 2019

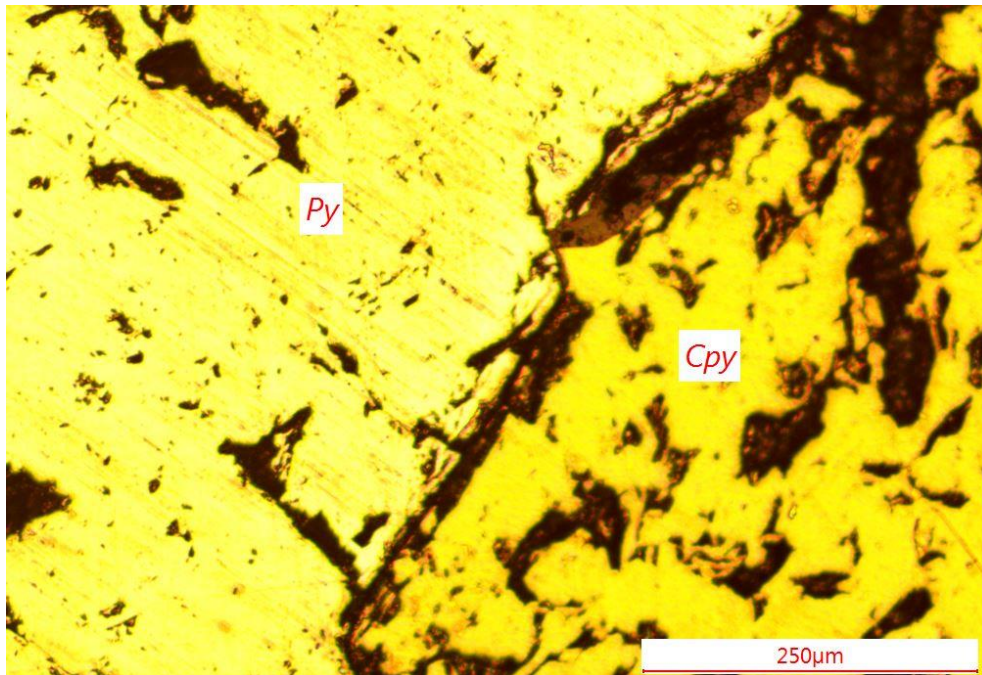


Ilustración C3 Fotografía tomada con Aumento: x 10, en microscopio para minerales opacos de la muestra de Caja #1, en zona mineralizada COD – 5, Autor: Polo, J., 2019

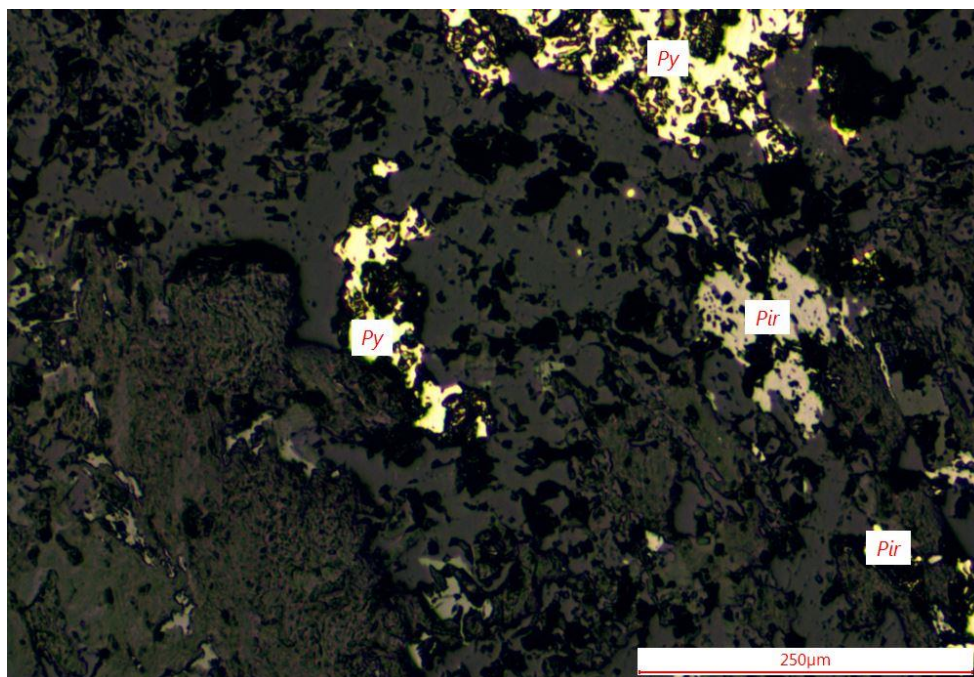


Ilustración C4 Fotografía tomada con Aumento x 10, en microscopio para minerales opacos de la muestra de Caja #1, en zona de ganga, COD – 5, Autor: Polo, J., 2019



Ilustración C5 Muestra de Mano perteneciente a la muestra Caja #2, COD-4. Autor: Polo, J., 2019

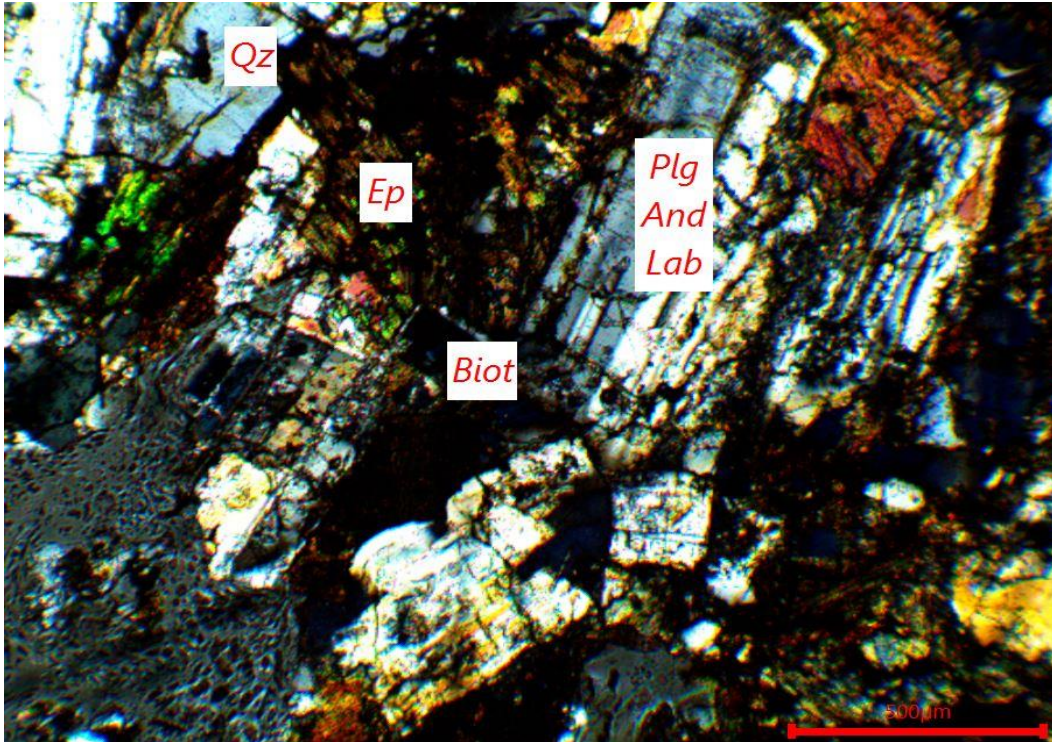


Ilustración C6 Fotografía en Nícoles X con Aumento: x 10 de muestra de Caja #2, COD-4., Autor: Polo, J., 2019

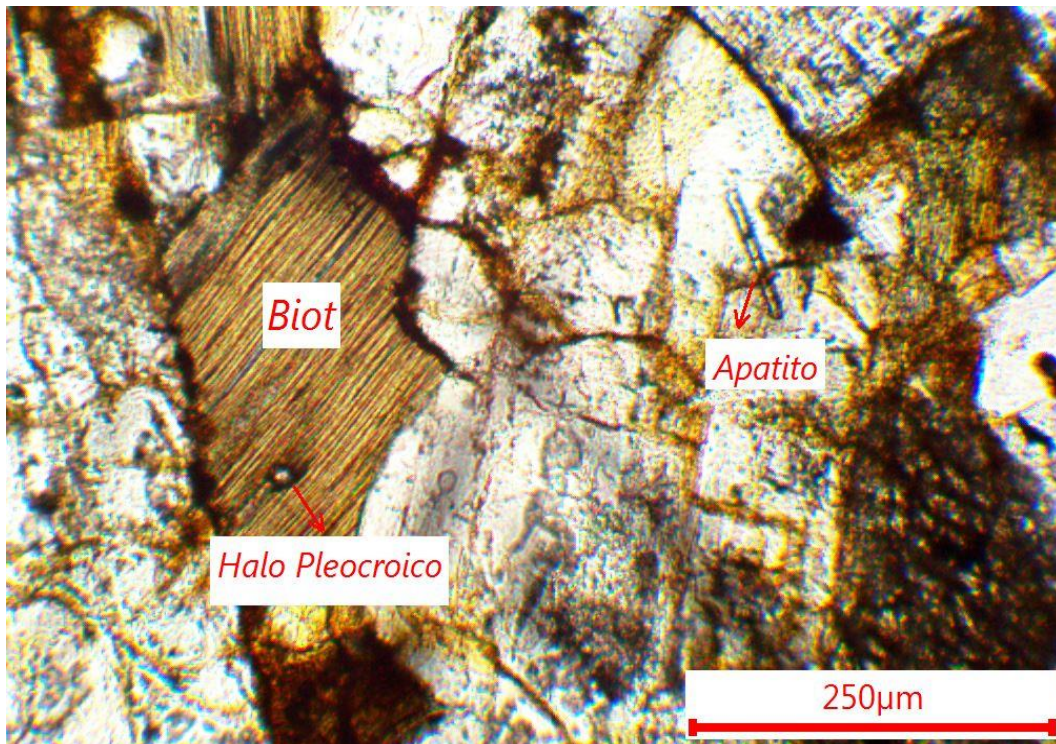


Ilustración C7 Fotografía en Nícoles II, con Aumento x 10 de muestra de Caja # 2, COD-4, Autor: Polo, J., 2019



Ilustración C8 Muestra de Mano perteneciente a Material de Veta, COD-1. Autor: Polo, J., 2019

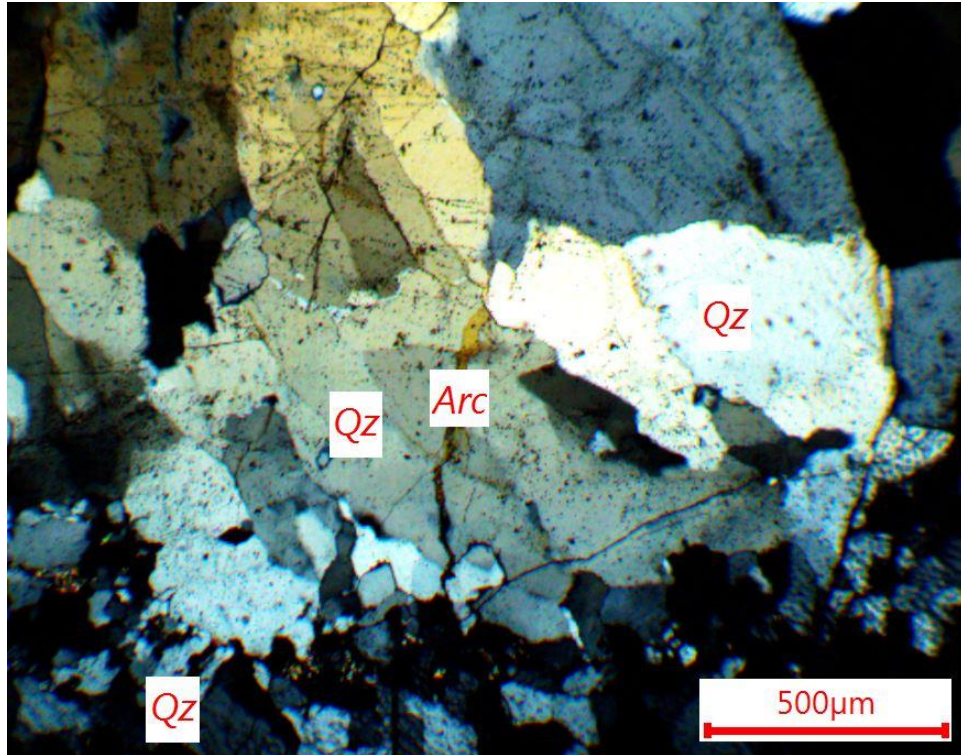


Ilustración C9 Fotografía en Nícoles X con Aumento: x4, de muestra de Material de Veta de, COD- 1., Autor: Polo, J., 2019

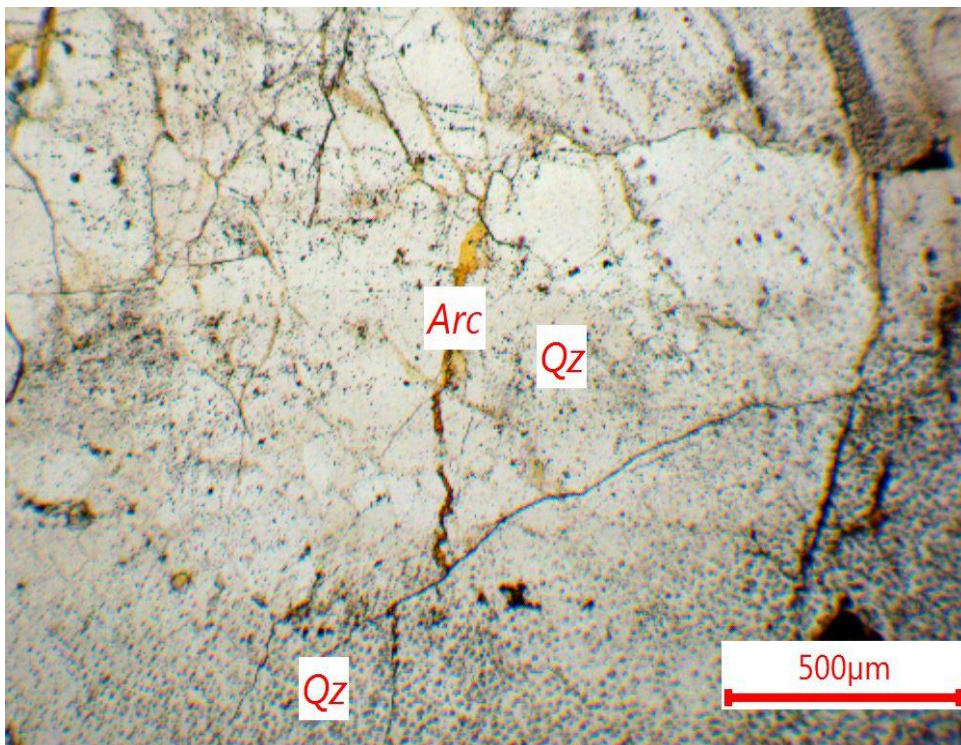


Ilustración C10 Fotografía en Nícoles II, con Aumento x4 de muestra de Material de Veta de, COD- 1., Autor: Polo, J., 2019



Ilustración C11 Muestra de Mano perteneciente a Material de Techo de Veta, COD-2.

Autor: Polo, J., 2019

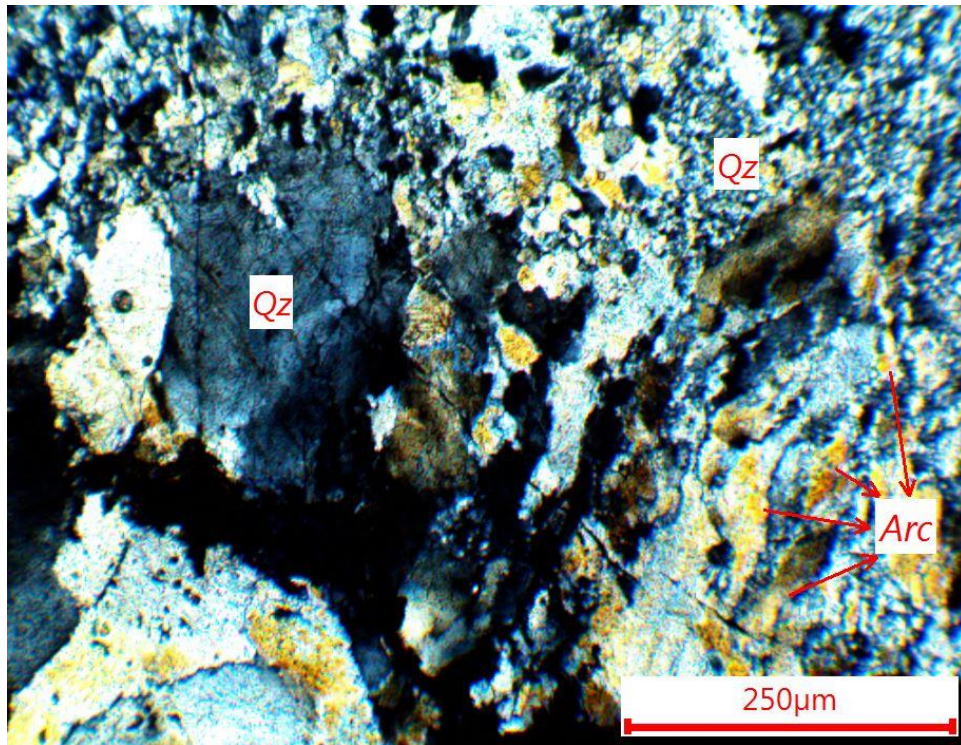


Ilustración C12 Fotografía en Nicles X, con Aumento x10, muestra de Material de Techo de Veta, COD- 2., Autor: Polo, J., 2019

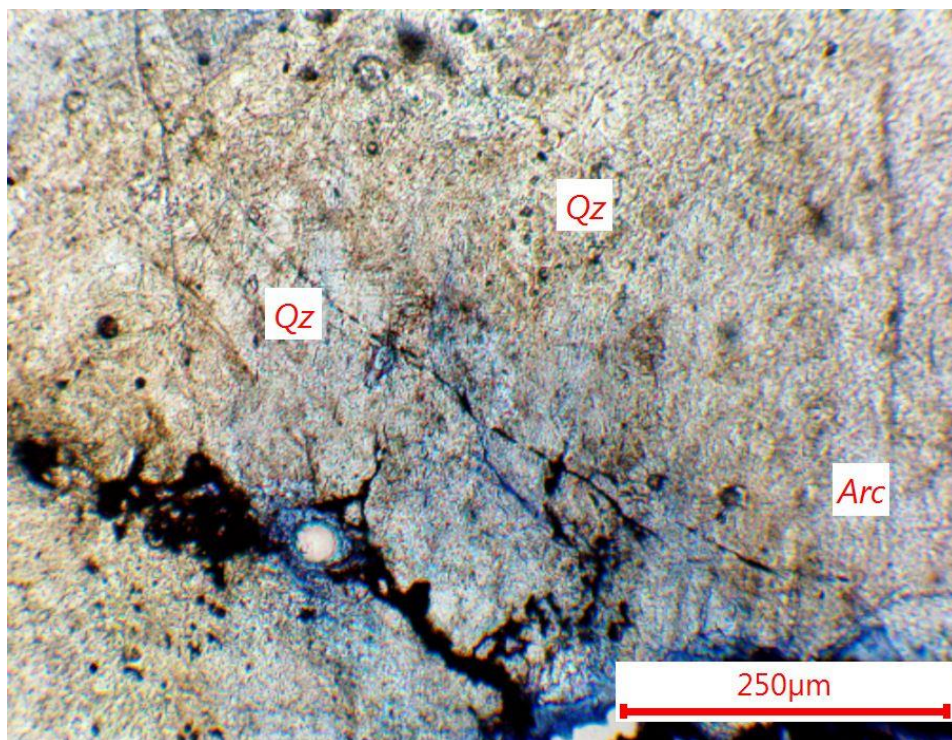


Ilustración C13 Fotografía en Nicles II, con Aumento x10, muestra de Material de Veta de, COD- 2., Autor: Polo, J., 2019



Ilustración C14 Muestra de Mano perteneciente a Material de Sobre Caja, COD-3. Autor: Polo, J., 2019

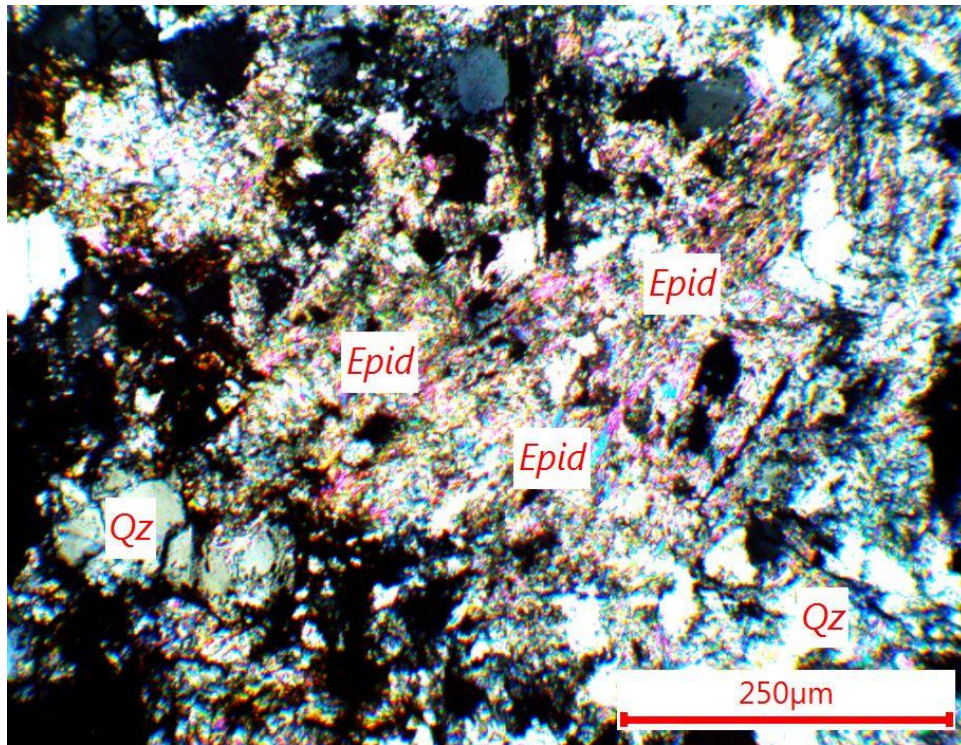


Ilustración C15 Fotografía en Nicles X, con Aumento x10, muestra de Material Sobre Caja, COD- 3., Autor: Polo, J., 2019

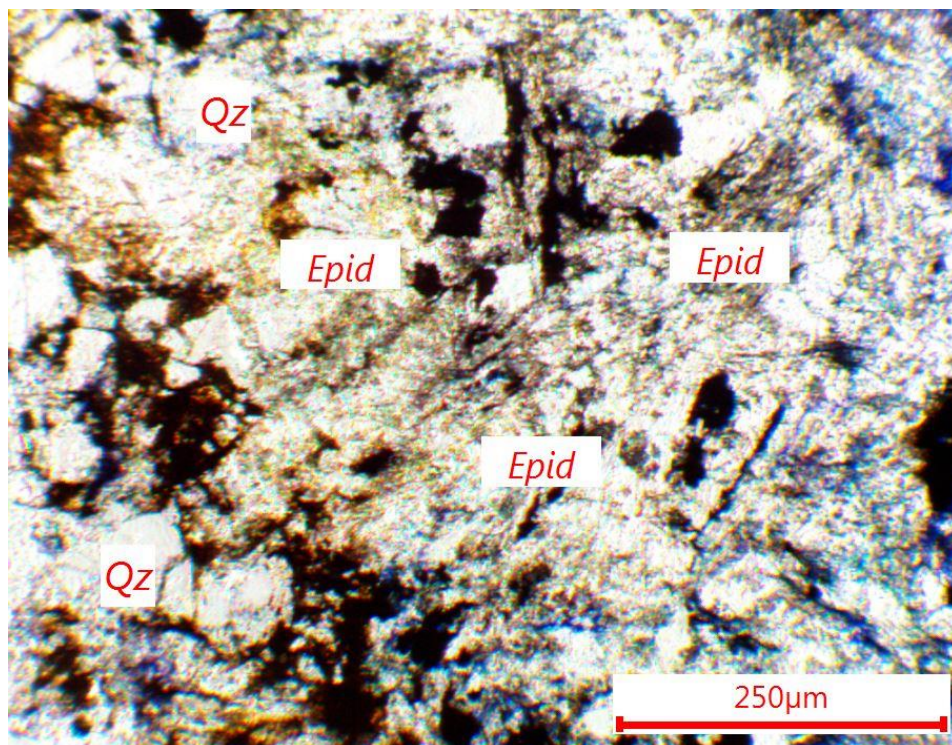


Ilustración C16 Fotografía en Nicles II, con Aumento x10, muestra de Material Sobre Caja, COD- 3., Autor: Polo, J., 2019

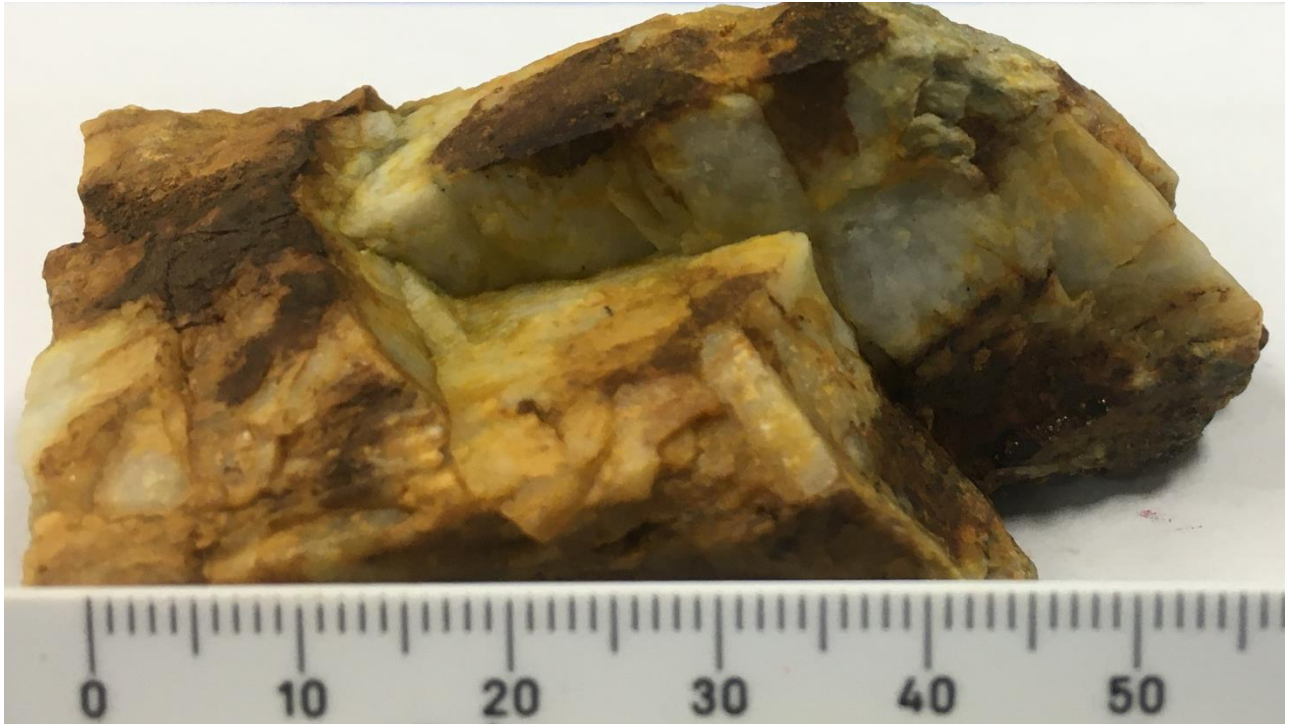


Ilustración C17 Muestra de Mano perteneciente a Material de Sobre Caja, COD-6. Autor: Polo, J., 2019

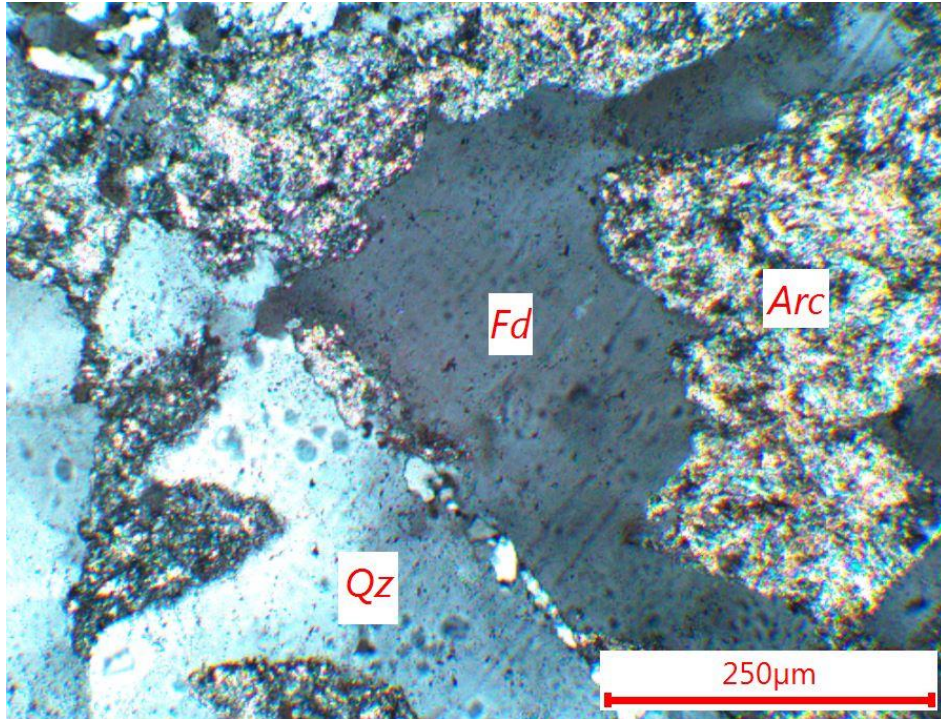


Ilustración C18 Fotografía en Nícoles II, con Aumento x10, muestra de Material Piso de Veta, COD- 6., Autor: Polo, J., 2020

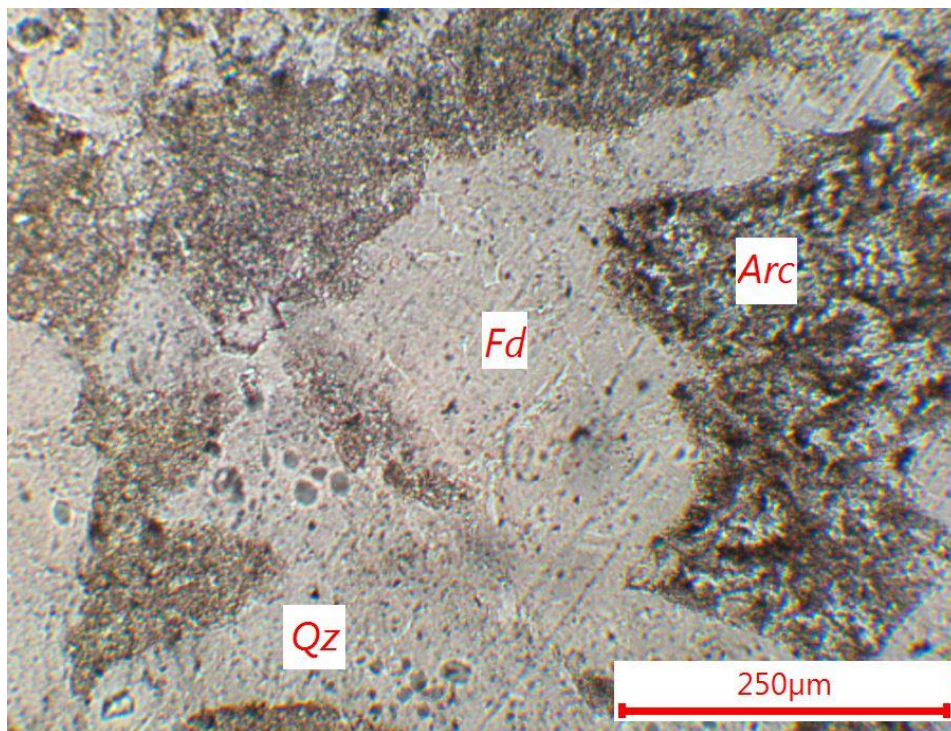


Ilustración C19 Fotografía en Nícoles II, con Aumento x10, muestra de Material Piso de Veta, COD- 6., Autor: Polo, J., 2020