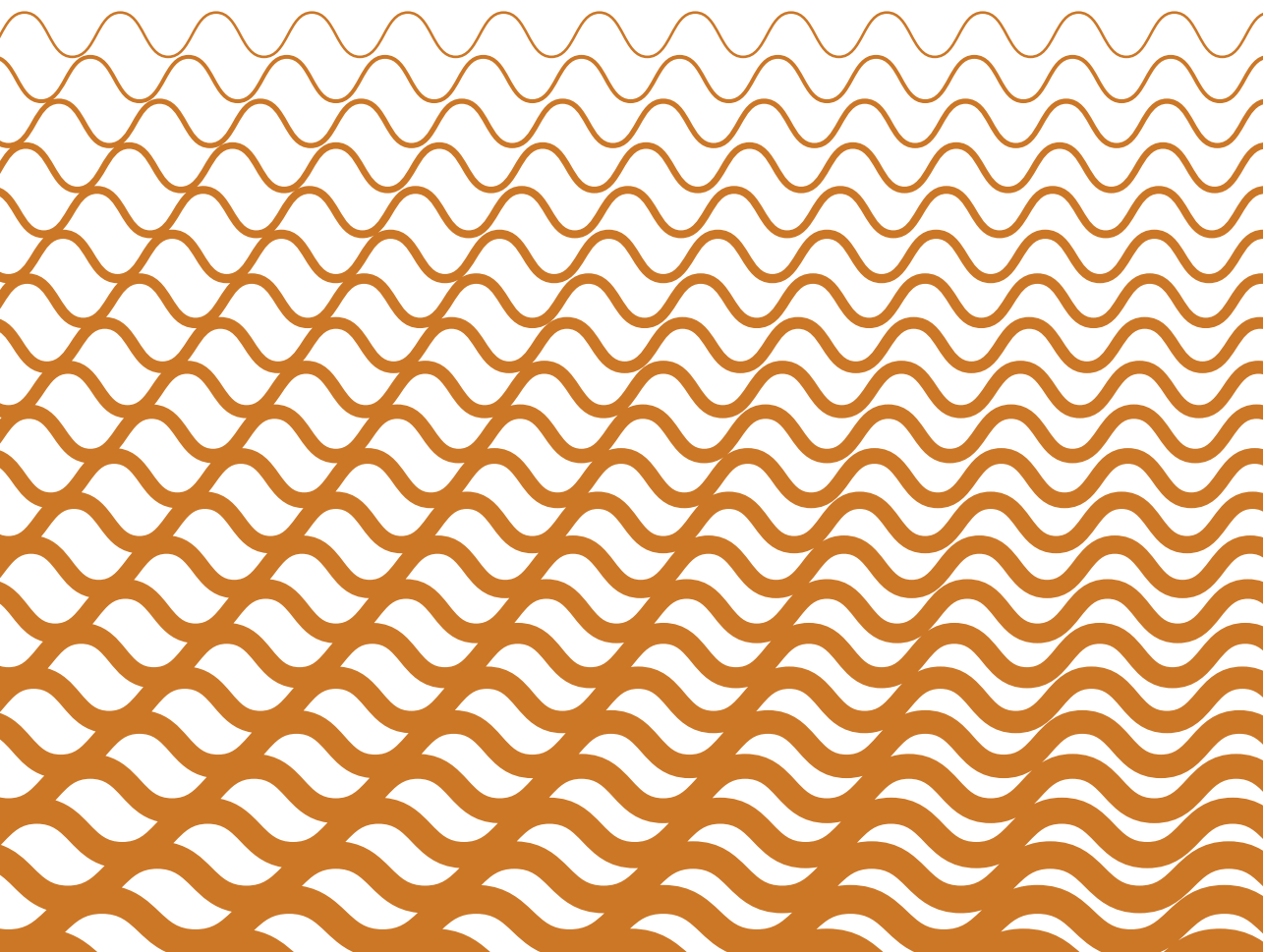


GUÍA

DE INVESTIGACIÓN

— EN CIENCIAS E INGENIERÍA —

Ingeniería de Minas



VICERRECTORADO
DE INVESTIGACIÓN



PUCP

GUÍA

DE INVESTIGACIÓN

— EN CIENCIAS E INGENIERÍA —

Ingeniería de Minas

Autores

Kiko Alexi Delgado Villanueva

Maribel Guzmán Córdova

Adolfo Pillihumán Zambrano

Asesores

Julio del Valle Ballón

María de los Ángeles Fernández Flecha

VICERRECTORADO DE
INVESTIGACIÓN

DIRECCIÓN DE GESTIÓN
DE LA INVESTIGACIÓN



PUCP

PALABRAS DE PRESENTACIÓN DEL VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

La Pontificia Universidad Católica del Perú tiene el objetivo estratégico de convertirse en una universidad de investigación. Por lo tanto, es un placer presentar a nuestra comunidad las guías de investigación dirigidas a los alumnos de pregrado, cuya finalidad es facilitar y acompañar el proceso de planificación y desarrollo de trabajos de investigación académica, según las especificidades metodológicas de su especialidad.

Este material es resultado del esfuerzo conjunto de profesores, decanos, jefes de departamento, profesionales de la Dirección de Gestión de la Investigación y del Vicerrectorado de Investigación. Pretende ayudar en la formación de nuevos investigadores, insertar estudiantes de pregrado en proyectos de investigación relevantes y fortalecer la producción académica de alta calidad. Las guías explican cómo las diferentes disciplinas en la Universidad abordan la investigación, facilita el desarrollo de los estudiantes y aporta en la creación de nuevo conocimiento desde el pregrado.

Cada guía ha sido elaborada atendiendo a las características disciplinares propias de cada especialidad, pero sobre la base de un texto general: *“Cómo iniciarse en la Investigación Académica. Una guía práctica”*, preparado por los profesores Julio del Valle y María de los Ángeles Fernández. Estas, además de presentar una explicación teórica, muestran ejemplos de tesis correspondientes a cada facultad, es decir, casos aplicativos, claros y precisos sobre cómo desarrollar una investigación de nivel de pregrado en su propia especialidad. Así mismo, con el fin de informar sobre los diferentes servicios y beneficios que brinda la Universidad, tanto en temas académicos como de investigación, las guías cuentan con una Sección Informativa.

Finalmente, nos gustaría agradecer a quienes desde un inicio asumieron el compromiso para participar de este proyecto. Nos enorgullece ser la primera Universidad en el país que produce guías de investigación, y confiamos que serán de suma utilidad a nuestra razón de existir: nuestros estudiantes que tienen la responsabilidad de asumir el futuro de nuestra sociedad.

CONTENIDO

13

CAPÍTULO 1. EL SENTIDO DE LA INVESTIGACIÓN

- 1.1. ¿Qué se entiende por investigar en la disciplina de Ingeniería de Minas?
- 1.2. ¿Qué tipo de objeto de estudio aborda la investigación en Ingeniería de Minas?
- 1.3. ¿Qué virtudes debe presentar un investigador en Ingeniería de Minas?
- 1.4. ¿Qué vicios (o errores) son frecuentes en un investigador en Ingeniería de Minas?

18

CAPÍTULO 2. LA PLANIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

- 2.1. La delimitación del tema
- 2.2. Los objetivos de la investigación
- 2.3. Metodología
 - 2.3.1. Metodología de la Investigación
- 2.4. El esquema de contenido
- 2.5. Plan de trabajo
- 2.6. Listado preliminar de fuentes de información (o bibliografía preliminar)

28

CAPÍTULO 3. LA EJECUCIÓN DEL PLAN: LA REDACCIÓN DEL TEXTO DE INVESTIGACIÓN

- 3.1. Título
- 3.2. Abstract (sumilla)
- 3.3. Introducción
 - 3.3.1 Justificación
 - 3.3.2 Antecedentes de la investigación
 - 3.3.3 Objetivos
 - 3.3.4 Metodología
- 3.4 Revisión teórica (estado del arte o marco teórico)
- 3.5 Cuerpo del trabajo
- 3.6 Discusión de resultados

3.7 Conclusiones y recomendaciones

3.7.1. Conclusiones

3.7.2. Recomendaciones

3.8 Referencias

3.9 Anexos

37

REFERENCIAS

39

ANEXO

ANEXO 1. Líneas de investigación de la sección de Ingeniería de Minas

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Actividades/cronograma	26
Tabla 2	Estructura básica de la introducción	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Secuencia de objetivos	21
Figura 2	Ejemplo de esquema de la metodología	23
Figura 3	Ejemplo de Abstract	30
Figura 4	Página web de Mendeley	35

PRESENTACIÓN

La sociedad actual requiere profesionales preparados de manera adecuada para enfrentar nuevos retos y actuar en situaciones cada vez más complejas e imprevisibles. En este contexto, la industria minera no es la excepción. Además de los requerimientos de una adecuada formación académica, la demanda de otras competencias -como el dominio de idiomas, una actitud innovadora, una visión globalizada del rubro minero y una actitud investigadora- son capacidades demandadas por la industria minera en la actualidad.

En este sentido, la universidad asume el desafío de dar respuesta a la demanda de estas nuevas capacidades, en tanto la sociedad actual necesite graduados con sólidos conocimientos científicos y técnicos de una determinada especialidad, pero que tengan, también, competencias y habilidades blandas.

Esta guía de investigación para la especialidad de Ingeniería de Minas te permitirá desarrollar habilidades investigativas, de búsqueda y de manejo de la información. Para ello, el documento presenta, de manera sucinta, los pasos que debes seguir para desarrollar una investigación en cualquier etapa del proceso minero.

CAPÍTULO

1

**EL SENTIDO DE LA
INVESTIGACIÓN**

1.1. ¿Qué se entiende por investigar en la disciplina de Ingeniería de Minas?

Existen diferentes tipos de investigación, tales como investigaciones teóricas, aplicadas, experimentales, prospectivas, etc. Cada área del conocimiento o programa de estudios establece sus propias características de acuerdo con sus particularidades y aspectos específicos propios, donde se proponen ciertas pautas a seguir según su propia naturaleza. Lo mejor sería no condicionar ni encorsetar la investigación a un solo tipo de investigación o procedimiento único de investigación, sino fomentar su diversidad, centrada en la solución de un problema de la especialidad. De esta manera, florecerán diversos enfoques de investigación que apunten a resolver problemas de la Ingeniería de Minas en sus diferentes campos.

Se puede, por tanto, definir “investigación” como el conjunto de acciones, actividades, procedimientos, etc., planificados con bastante cuidado y rigor hasta lograr la solución de un problema identificado y la producción de un conocimiento nuevo. Dado que la investigación es desarrollada por seres humanos, no está exenta de subjetividad y de la influencia de conocimientos previos del investigador. Por este motivo, se debería tratar de realizar la investigación con la mayor objetividad posible, a través de caminos validados por la comunidad científica y vinculados a las diferentes áreas de la especialidad.

La investigación en la carrera de Ingeniería de Minas es, actualmente, un proceso interdisciplinario que se sustenta en las ciencias básicas (como la Matemática, la Física y la Biología) y de otras disciplinas (como la Geología, la Metalurgia, las Ciencias Ambientales, las Ciencias de la Gestión, las Ciencias de la Computación, la Mecatrónica, etc.). En general, investiga las diferentes etapas de la industria minera, como la exploración, la explotación, el beneficio y la comercialización de minerales. Del mismo modo, su temática se puede abordar a nivel de las operaciones mineras -ya sea en un modelo de explotación subterránea o en un modelo de tajo abierto- e incluir áreas complementarias, como minería y medio ambiente, seguridad y salud ocupacional en minería, economía minera y comercialización, etc. Estas investigaciones de enfoque multidisciplinario requieren rigor y un procedimiento innovador, con métodos y procedimientos de vanguardia de las diferentes disciplinas que la constituyen.

1.2. ¿Qué tipo de objeto de estudio aborda la investigación en Ingeniería de Minas?

La investigación como producción de nuevas tecnologías, nuevos conocimientos en la disciplina o innovación en procesos de la industria minera sigue un camino multidisciplinar que recoge lo más avanzado de las diferentes áreas del conocimiento para aplicarlo a la solución de problemas en la Ingeniería de Minas. Al respecto, sus objetos de estudio se pueden considerar en función de las cuatro grandes etapas que tiene la industria minera: Exploración, Explotación, Beneficio y Comercialización. En la etapa de Exploración se pueden desarrollar investigaciones interdisciplinarias ligadas a la disciplina de la geología, a partir de las cuales se pueden realizar estudios de la viabilidad o estimación del tiempo de vida útil que tendría un futuro proyecto minero, de acuerdo con la cantidad de reservas de minerales determinadas por estudios geológicos y mineros.

En la etapa de Explotación se manifiesta la parte principal de las operaciones mineras, ya sea en un modelo de explotación subterránea o de explotación superficial. En esta etapa, se incluyen temas tales como planeamiento minero, perforación y voladura, transporte y acarreo, ventilación minera, etc.

En la etapa de Beneficio se desarrollan investigaciones relacionadas con el área de la metalurgia, a través de la validación y aplicación de procesos que logren el mayor rendimiento de la producción del mineral beneficiado, con el desarrollo de procesos en conminución y beneficio de minerales, tales como la concentración, procesos hidrometalúrgicos, etc.

En la etapa de Comercialización se desarrollan estudios de oferta y demanda de minerales en el contexto nacional y mundial; asimismo, se diseñan rutas de comercialización que incluyen el transporte de concentrados de mineral o su procesamiento en plantas de refinación de minerales. En este punto, también se pueden incluir temas relacionados con la economía circular, que consiste en el reúso de desechos durante todos los procesos de la industria minera, tales como los desmontes, los relaves, el agua, etc.

Existen, también, temas transversales a todos los procesos de la Ingeniería de Minas que se pueden investigar de forma interdisciplinar, como son el área de minería y medio ambiente, que tiene como objetivo desarrollar la actividad minera de forma sostenible en armonía con el ecosistema; el área de responsabilidad social y relaciones comunitarias, que evalúa los principales criterios para que los proyectos y las operaciones mineras puedan convivir de manera armoniosa con su entorno; y el área de seguridad y salud ocupacional en minería, que tiene como objetivo mejorar procesos que protejan la salud y seguridad de todos los trabajadores (y la comunidad) involucrados en la industria minera. En el Anexo 1, se muestra otra forma de organizar los temas u objetos de investigación en la Ingeniería de Minas, en función de las líneas de investigación propuestas por la especialidad.

1.3. ¿Qué virtudes debe presentar un investigador en Ingeniería de Minas?

Un investigador en Ingeniería de Minas debe presentar las siguientes virtudes:

- *Curiosidad académica e intelectual*: inquietud por identificar problemas y proponer soluciones en las áreas de la Ingeniería de Minas.
- *Conocimiento sobre el tema a investigar*: amplitud y profundidad en los temas elegidos para la investigación.
- *Sentido explícito de la ética profesional*: respeto por el derecho de autor (evitar en todo momento el plagio) y por las características socioculturales de las poblaciones estudiadas.
- *Capacidad de autocrítica*: capacidad para autoevaluarse y reconocer posibles errores para reencaminar la investigación.
- *Rigurosidad en su labor investigativa*: elección de caminos científicamente validados durante el proceso y consideración por los aspectos de forma y fondo de la investigación.

Un punto importante a considerar es la motivación del investigador por el tema a investigar, ya sea por razones personales o por la intención de resolver un problema específico de la Ingeniería de Minas que sea de mucho interés para el investigador.

1.4. ¿Qué vicios (o errores) son frecuentes en un investigador en Ingeniería de Minas?

En el campo de la Ingeniería de Minas es usual encontrar errores que los investigadores jóvenes presentan en común y es preciso alertar sobre estos para evitar que se vuelvan a cometer. En función de ello, algunos de los errores más comunes se presentan a continuación.

Un error común en los investigadores iniciales es la delimitación del tema. En muchos casos, se eligen temas que son demasiado amplios y que escapan del alcance de una investigación de pregrado (se olvida que las investigaciones son principalmente aplicativas en este nivel). Cuando no se delimita bien el tema de investigación, se genera desmotivación en el investigador joven, porque su ejecución se vuelve inalcanzable.

Otro aspecto común es la falta de habilidades para la redacción académica. Si bien es cierto que los estudiantes, durante sus primeros ciclos de Estudios Generales, llevan asignaturas vinculadas a este aspecto, al llegar a los últimos ciclos de la carrera “se olvidan” de dichos conocimientos, los cuales son necesarios para redactar informes de investigación. Por este motivo, hace falta profundizar en el conocimiento de estilos de citas y referencias, argumentación, parafraseo, descripción de tablas y figuras, etc.

La elección de una metodología para realizar una investigación es también un error común en los investigadores en formación, principalmente, porque no conocen el abanico de enfoques metodológicos que existe en la Ingeniería de Minas o porque están influenciados por metodologías que vienen de otras áreas del conocimiento. Un caso ilustrativo es el de los métodos hipotético-deductivos, que requieren de hipótesis, pero que, para la ingeniería, no son necesariamente útiles, dado que esta abarca investigaciones aplicadas en su mayoría.

Otro punto a tomar en cuenta son los plazos no realistas que se proponen para la investigación. Debido a la falta de experiencia, un investigador novel suele proponer plazos muy cortos o muy extensos en algunas actividades del proceso investigativo. Para corregir este aspecto, es necesaria una estrecha coordinación con el asesor o tutor de la investigación.

Otro error común, finalmente, es asumir que el tema de investigación es nuevo para todos y que será difícil encontrar antecedentes. Esto se debe al desconocimiento de la existencia de repositorios de tesis de las propias universidades (Pontificia Universidad Católica del Perú [PUCP], 2020) o del repositorio general de tesis; por ejemplo, en Perú, el repositorio ALICIA CONCYTEC (Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica [CONCYTEC], 2020). Asimismo, se desconoce la existencia de bases de datos científicas importantes para las ciencias e ingeniería, como son las IEEE Digital Library (IEEE, 2020), Science Direct (Elsevier, 2020a), Scopus (Elsevier, 2020b), Scielo (Scielo, 2020), Redalyc (Redalyc, 2020), etc.

➤ Preguntas sobre el contenido del capítulo:

Has llegado al final del primer capítulo. Con la intención de comprobar lo aprendido en esta sección, te invitamos a responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué entiendes por investigar? ¿Qué entiendes por investigar en Ingeniería de Minas?
- ¿Qué objetos de estudio aborda la Ingeniería de Minas? ¿Qué tema de la Ingeniería de Minas te gustaría investigar y por qué?
- ¿Qué virtudes debe tener el investigador de Ingeniería de Minas? ¿Qué virtud crees que es la más importante y por qué?
- ¿Cuáles son los errores más frecuentes que comete el investigador en Ingeniería de Minas que está en formación? ¿Qué error crees que es el más común y por qué?

CAPÍTULO

2

LA PLANIFICACIÓN
DE LA
INVESTIGACIÓN

En este capítulo, se presentan los aspectos más importantes para la planificación de la investigación.

2.1. La delimitación del tema

En este punto, para la delimitación del tema, se deben considerar dos aspectos importantes: el primero es enmarcar el tema desde lo general a lo específico, mientras que el segundo es precisar el tema para garantizar la viabilidad de la investigación.

Para ampliar el primer aspecto, primero se debe ubicar el tema en uno de los grandes macroprocesos de la Ingeniería de Minas (Exploración, Explotación, Beneficio o Comercialización) o en una de las líneas de investigación mostradas en el Anexo 1. A continuación, se presentan dos ejemplos de la delimitación del tema de investigación de lo general a lo específico:

Ejemplo 1:



Ejemplo 2:



Para el segundo aspecto, es preciso delimitar el tema considerando el alcance, con la finalidad de garantizar la viabilidad de la investigación y el entendimiento claro de que se está frente a una investigación inicial de pregrado. Por ejemplo, en una investigación sobre fitorremediación desarrollada a nivel de laboratorio, debe precisarse que la delimitación y el alcance de la investigación se limitarán a realizar pruebas de laboratorio de una o dos plantas capaces de tratar aguas contaminadas por metales pesados y que no se implementará a nivel macro en una empresa minera. Esto debido a que no es el alcance de la investigación, ya que solo se busca obtener resultados a nivel de laboratorio, mientras que el escalamiento a un proyecto minero real sería materia de otra investigación. Otro ejemplo sería la

investigación que consiste en proponer un modelo de transporte de mineral más óptimo en una empresa minera. Esta investigación se limitaría a la propuesta de un modelo (el producto de esta investigación) y no incluiría su implementación, porque eso escaparía de las posibilidades del investigador, ya que son decisiones que pasan por la alta dirección de la empresa.

2.2. Los objetivos de la investigación

Los objetivos de una investigación representan la columna vertebral del quehacer investigativo: por un lado, delimitan lo que la investigación pretende obtener como producto; por otro lado, representan compromisos que el investigador debe cumplir, como muestra de los logros de la investigación.

NOTA:

En una investigación en ingeniería, al ser una investigación aplicada, es opcional usar hipótesis de investigación. Sin embargo, la tendencia es dejar de usarlas, porque fuerzan a las investigaciones en ingeniería a un modelo de investigación hipotético-deductivo que no encaja en una investigación aplicada. Por ello, los objetivos de la investigación pasan a cumplir el rol guía en las investigaciones en ingeniería, y, particularmente, en Ingeniería de Minas.

Para escribir los objetivos, se debe considerar que deben iniciar con un verbo en infinitivo (finalizados en -ar, -er o -ir). Los objetivos específicos en una investigación en Ingeniería de Minas se redactan de forma secuencial, con la intención de simular las etapas de un proyecto que espera alcanzar un resultado; por su parte, el objetivo general se redacta como un agregado de los objetivos específicos, como se presenta en el siguiente esquema:

Objetivo general: Agregado de los objetivos específicos
Objetivo específico 1: Etapa 1
Objetivo específico 2: Etapa 2
Objetivo específico 3: Etapa 3

Ejemplo:

Objetivo específico 1: Estudiar los modelos existentes sobre análisis de conflictos sociales en minería.

Objetivo específico 2: Proponer un modelo cuantitativo para el análisis de conflictos sociales en minería.

Objetivo específico 3: Aplicar el modelo propuesto a un caso real de conflicto social en minería en el Perú.

Objetivo general: Proponer y aplicar un modelo cuantitativo para el análisis de conflictos sociales en minería en el Perú.

Los objetivos específicos definen las estrategias para alcanzar el objetivo general, como se aprecia en la siguiente figura.

Figura 1: Secuencia de objetivos



Es importante recalcar la relación que existe entre el objetivo general y el título de una investigación, como se muestra en el siguiente esquema:



Ejemplo:

Objetivo general: Proponer y aplicar un modelo cuantitativo para el análisis de conflictos sociales en minería en el Perú.

Título de la investigación: Propuesta y aplicación de un modelo cuantitativo para el análisis de conflictos sociales en minería en el Perú.

El título base generado a partir del objetivo general de la investigación puede mejorarse aún y buscar expresar la innovación e importancia de la investigación.

2.3. Metodología

La metodología de investigación es el camino a seguir para conseguir los objetivos de esta. En este sentido, existen muchos caminos que conducen al logro de dichos objetivos y uno de los retos que el investigador tiene es, justamente, elegir el camino más adecuado en todo sentido; es decir, en el aspecto creativo, eficiente, innovador, etc.

Actualmente, en la ingeniería, y, particularmente, en la Ingeniería de Minas, que es un área multidisciplinaria, se abre un abanico de posibilidades metodológicas, interceptadas con otras áreas del conocimiento. Por ejemplo, la aplicación de los modelos de inteligencia artificial aplicada a la Ingeniería de Minas, Sistemas de Información Geográfica (GIS) aplicada a la Ingeniería de Minas, modelos de gestión empresarial aplicados a gestión de minería, modelos computacionales y de automatización aplicados a procesos mineros, etc.

La metodología de investigación puede quedar expresada en términos de pasos o etapas a seguir hasta conseguir los objetivos de la investigación. A propósito de ello, se presenta la siguiente estructura general:

2.3.1. Metodología de la Investigación:

Paso 1: Revisión de la literatura científica sobre modelos para el análisis de conflictos sociales en minería.

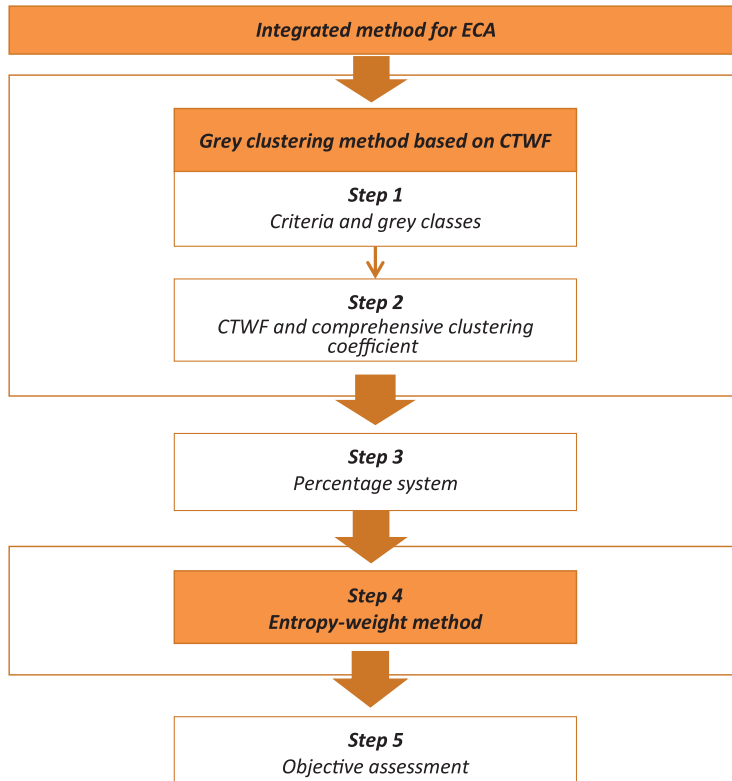
Paso 2: Propuesta de un modelo cuantitativo, basado en sistemas grises y la entropía de Shannon, para el análisis de conflictos sociales en minería.

Paso 3: Aplicación del modelo propuesto a un caso real de conflicto social en minería en el Perú.

Paso 4: Redacción del informe final de investigación.

La metodología también puede ser presentada usando esquemas. Por ejemplo, una investigación sobre un modelo para analizar y prevenir conflictos sociales en minería, como se muestra en el esquema (Delgado & Romero, 2016) presentado a continuación.

Figura 2: Ejemplo de esquema de la metodología



Otro ejemplo lo podemos encontrar en la tesis titulada: "Análisis técnico-económico para la ampliación de un sistema de bombeo de dos etapas en el interior de una mina" (Suárez, 2019), la cual propone las siguientes etapas en su metodología:

a. Recopilar información

- Obtener referencias sobre sistemas de bombeo en operaciones mineras.
- Obtener información geomecánica y geológica del depósito minero.
- Obtener referencias hidrogeológicas de la unidad minera.
- Recolectar información climatológica y de la necesidad de agua en las distintas etapas de la operación.

b. Estudio en detalle de los componentes

- Revisar el diseño del sistema de bombeo previamente implementado en la unidad minera.

- Identificar los componentes principales del diseño (bombas, caudal, reactores, insumos, etc.).
 - Identificar componentes menores del diseño (tuberías, paletas, etc.).
 - Identificar la calidad del agua.
- c. Propuesta de diseño
- Realizar la evaluación técnica que implica el cálculo del número de bombas, dimensiones, tipos de tuberías y cantidad de insumos.
 - Proponer el diseño para la ampliación del sistema de bombeo en función del aumento del caudal estimado.
 - Evaluar de manera económica el proyecto de ampliación (VAN y TIR).

2.4. El esquema de contenido

El esquema general del informe de investigación puede tener una estructura base genérica, como el esquema que se muestra a continuación:

RESUMEN
ÍNDICE
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN
 1.1 Justificación
 1.2 Antecedentes de la investigación
 1.3 Objetivos
 1.4 Metodología
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO
CAPITULO III: xxxxxxxx
CAPITULO IV: xxxxxxxx
CAPITULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
REFERENCIAS
ANEXOS

En el esquema anterior, los capítulos III, IV, o los que considere el investigador, siguen las particularidades de cada investigación, ya sea por su tipo (experimental, aplicada, de validación de modelos, etc.) o por la metodología particular que aplica. Otra opción muy asertiva es organizar los capítulos III, IV, y los que se consideren en esta parte, en el desarrollo de cada objetivo específico de la investigación; es decir, en un capítulo para cada objetivo. Esta forma de organizar el contenido ayuda a desarrollar los objetivos propuestos y lograr los resultados esperados.

Actualmente, se están desarrollando (en el mundo científico y, particularmente, en la ingeniería), esquemas de informe de investigación llamados “Compendio de artículos científicos”, los cuales siguen la siguiente estructura:

RESUMEN
ÍNDICE
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN
CAPÍTULO II: ARTÍCULO CIENTÍFICO 1
CAPÍTULO III: ARTÍCULO CIENTÍFICO 2
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN GENERAL DE RESULTADOS
CONCLUSIONES GENERALES
RECOMENDACIONES GENERALES
REFERENCIAS
ANEXOS

El esquema anterior incluye la publicación de uno o dos papers (artículos científicos) en journals alojados en bases de datos importantes (como SCOPUS, Web of Science u otras de renombre mundial), donde estos papers puedan seguir un hilo temático acorde con los objetivos propuestos en la investigación. Este esquema de informe tiene ventajas para el investigador en formación que proyecta seguir una carrera investigadora; asimismo, favorece su posicionamiento y el de la universidad, por la comunicación científica a nivel mundial que se logra con la publicación de estos artículos científicos. Los papers se colocan en versión de autor para no generar controversias con la editorial del journal donde se publicó el paper. En algunos casos, sin embargo, se requiere contar con un permiso expreso de la editorial para su incorporación en la estructura del informe de investigación, aspectos que son definidos con el asesor o tutor.

2.5. Plan de trabajo

Al momento de diseñar el plan de trabajo para el desarrollo de la investigación, deben tenerse en cuenta los recursos disponibles, tanto económicos como humanos y tecnológicos; asimismo, se debe considerar que estos recursos son limitados y que deben aprovecharse de la mejor manera. Al respecto, una forma práctica de organizar las actividades y el cronograma de trabajo es en función de los objetivos específicos, como se muestra en el esquema presentado a continuación.

Tabla 1: Actividades/cronograma

Objetivo específico	Actividad	Mes							
		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.
OE1	Actividad 1	X							
	Actividad 2		X	X					
OE2	Actividad 3			X					
	Actividad 4				X				
	Actividad 5				X	X			
OE3	Actividad 6					X			
	Actividad 7					X	X		
	Actividad 8						X	X	
	Actividad 9						X	X	
Redacción del informe final	Actividad 10							X	
	Actividad 11								X

Las actividades también pueden ser distribuidas de forma semanal o mensual, como se ha ilustrado en el esquema anterior.

2.6. Listado preliminar de fuentes de información (o bibliografía preliminar)

Con la finalidad de saber cuál es el estado del arte del tema que se está investigando y ubicar la frontera del conocimiento a la cual se ha llegado, es necesario revisar trabajos de investigación previos sobre el tema a tratar, que también servirían como antecedentes de la investigación.

Al momento de buscar fuentes de información, es muy importante recurrir a bases de datos confiables, tales como IEEE digital Library (IEEE, 2020), Science Direct (Elsevier, 2020a), Scielo (Scielo, 2020), Redalyc (Redalyc, 2020) y otras de renombre mundial. En el caso de Perú, se puede recurrir al repositorio ALICIA CONCYTEC (CONCYTEC, 2020), donde están publicadas las tesis de las universidades peruanas.

Como resultado de analizar y referenciar las fuentes preliminares de información, se debe tener claro qué es lo nuevo en la investigación que se propone, comparándola con las fuentes revisadas, así como resaltar las diferencias entre la investigación propuesta y dichas fuentes. Es muy importante conservar estas últimas, porque formarán parte de los antecedentes de la investigación y deberán ser citadas y referenciadas correctamente.

➤ **Preguntas sobre el contenido del capítulo:**

Has llegado al final del segundo capítulo. Con la intención de comprobar lo aprendido en esta sección, te invitamos a responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué entiendes por delimitar el tema de investigación? ¿Cómo delimitarías el tuyo?
- ¿Por qué es importante delimitar bien los objetivos de una investigación y qué función cumplen durante el proceso investigativo?
- ¿Cómo se puede establecer una metodología de investigación en Ingeniería de Minas?
- ¿Por qué es importante definir un esquema de contenido de la investigación? ¿Qué esquema de contenido se ajusta mejor a tu investigación?
- ¿Cuáles son los elementos más importantes que tiene un plan de trabajo?
- ¿Qué consideraciones se deben tener en cuenta al momento de buscar y elegir fuentes de información relevantes para la investigación?

CAPÍTULO

3

LA EJECUCIÓN DEL
PLAN: LA REDACCIÓN
DEL TEXTO DE
INVESTIGACIÓN

En este capítulo, se presentan los aspectos más importantes para la ejecución de la investigación o tesis.

3.1. Título

El título de una investigación tiene estrecha relación con el objetivo general, como fue explicado en el apartado 2.2; sin embargo, puede ser mejorado y complementado a través de los siguientes aspectos:

- Atractivo, para que genere interés en el público lector.
- Innovador, que resalte lo nuevo, ya sea por el método usado o por el caso de estudio desarrollado.
- Resaltante, que muestre lo más importante de la investigación, ya sea por el método usado o por el caso de estudio.
- Claro, con un tema adecuadamente demarcado.
- Abreviado, el número de palabras debería estar entre 15 y 30.

Como aspecto general, el título debe indicar, por un lado, el contenido principal del informe de investigación y, por otro lado, el aporte más importante que tiene la investigación.

Ejemplos de títulos:

- Optimización del sistema de sostenimiento de las labores subterráneas para una mina con problemas de altos esfuerzos.
- Estudios de modelos de fragmentación y su medida mediante análisis digital de imágenes para voladuras superficiales.
- Propuesta de mejora de la priorización de pasivos ambientales mineros en el Perú mediante una metodología basada en inteligencia artificial con Grey Systems.
- Evaluación de la degradación de contaminantes ecotóxicos de las aguas de residuales de la industria minera por medio de humedales artificiales.
- Diseño, validación e implementación de una aplicación de acarreo en minería superficial.
- Evaluación del impacto social (SIA) y análisis de posibles conflictos socioambientales (ECA) en un proyecto minero en el sur del Perú usando los modelos matemáticos de Grey Clustering y entropía de Shannon.
- Desarrollo de un modelo para la aplicación de simulación a un sistema de carguío y acarreo de desmonte en una operación minera a tajo abierto.


3.2. Abstract (sumilla)

El Abstract (sumilla) es un cuerpo independiente en el informe de investigación, que se debe entender por sí solo; en general, no contiene citas y se redacta en un solo párrafo. Al abstract lo acompañan las palabras clave (*keywords*), que son palabras o frases cortas que resaltan los temas o tópicos más importantes desarrollados en la investigación. Las palabras clave también deben estar señaladas en el cuerpo del abstract. A partir de ello, esta sección puede tener la siguiente estructura:

- Contenido: Describir el problema (dos o tres líneas). Describir el objetivo principal de la investigación (dos o tres líneas). Describir la metodología (dos o tres líneas). Describir el caso de estudio y/o aplicación (dos o tres líneas). Describir la metodología (dos o tres líneas). Describir los resultados (dos o tres líneas). Describir las conclusiones o la utilidad y a quién beneficia la investigación (dos o tres líneas).
- Palabras clave (*keywords*): Entre 3 y 5 palabras clave de la investigación, que deben estar también en el abstract, ordenadas alfabéticamente.

Se debe recordar que el público lector, por lo general y de forma práctica, accede y lee el abstract; por tanto, esta sección tiene que ser lo suficientemente clara y atractiva para motivar al lector a leer todo el documento o, por lo menos, sus partes más importantes. A continuación, se presenta un ejemplo:

Figura 3: Ejemplo de Abstract




RAMM 2018

Correlation of blasting coefficient with drilling rate of rocks

S.A. Shehu^{a,b}, M.A. Jethro^b, D.A. Ogbodo^b and M.H.M. Hashim^b

^a Strategic Mineral Niche, School of Materials and Mineral Resources Engineering, Universiti Sains Malaysia, Engineering Campus, 14000 Nibong Tebal, Penang, Malaysia

^b Department of Mineral and Petroleum Resources Engineering, School of Engineering, Kogi State Polytechnic, Lokoja, Nigeria



www.materialstoday.com/proceedings

Abstract

Problemática	Blastability indicates strength characteristics of rocks and the ease with which the rocks can be broken. The drilling rate (drillability) of a rock mass is largely determined by mechanical and geological parameters. One of the cardinal objectives of drilling in mining is to drill the blast hole at the possible fastest penetration rate. The resistance of rock to penetration dictates the type of drilling machines required. Therefore, predicting the drilling rate from strength characteristics of rocks is essential for
Objetivos	This study relates the drilling rate of rocks to blasting coefficient. Rock samples from six selected quarries were analyzed. Point load tests were carried out on the rock samples using standard procedures. Uniaxial
Metodología	compressive strength, tensile strength and drilling rates of the rocks were evaluated to determine the correlation between rock drillability (m ³ /hr) and blastability (blasting coefficient). Result of the analysis shows that Dangote Cement Industries has the highest blasting coefficient of 18.67 and highest drilling rate of 0.8470 m ³ /hr which favours higher production rate within the smallest possible time. Also, the study shows that the drilling rate of rocks can be correlated with the blasting coefficient as a polynomial function.
Resultados	The drilling rates varies with drill parameters, bit diameter and strength values of rocks. All the rocks tested are of extremely high strength to very high strength values.
Conclusiones	

© 2019 The Authors. Published by Elsevier Ltd.
 This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).
 Selection and peer-review under responsibility of the scientific committee of the 6th International Conference on Recent Advances in Materials, Minerals & Environment (RAMM) 2018.

Palabras clave Keywords: Drillability; Blastability; Polynomial

3.3. Introducción

La introducción se caracteriza por realizar una presentación de la investigación, brindar la información de partida y otorgar un panorama general de lo que se va a tratar. Así mismo, puede tener elementos del abstract, pero, a diferencia de este, es un poco más amplia y puede usar citas y referencias. El texto de la introducción, previo al desarrollo de los subtítulos del capítulo, puede presentarse, organizado en párrafos, de la siguiente manera:

Tabla 2: Estructura básica de la introducción

Párrafo	Contenido
Descripción del problema y estado del arte preliminar	Este párrafo describe el problema de investigación de forma resumida a través de citas y referencias que fundamenten el problema. Además, describe, de forma concreta, el estado del arte o antecedentes de la investigación (también a través de citas y referencias) y agrega qué aspecto de la investigación es el elemento diferenciador con respecto de los antecedentes.
Descripción de la metodología	Este párrafo describe, de forma resumida, la metodología usada en la investigación, comparándola con otras metodologías similares a través de citas y referencias. Además, se sustenta por qué se eligió dicha metodología y qué ventajas tiene con respecto de otras metodologías similares.
Descripción del caso de estudio y/o aplicación	Este párrafo describe dónde se desarrolló el caso de estudio y/o aplicación de la metodología; por ejemplo, en un proyecto minero específico de la Ingeniería de Minas, en un proceso específico de la industria minera, etc. Este párrafo es específico, de acuerdo con el tipo de investigación y enfoque que se desarrolla.
Descripción del objetivo principal de la investigación	Este párrafo describe y formula de manera clara el objetivo principal o general de la investigación, con la finalidad de saber hacia dónde apunta la investigación.
Estructura de la investigación	Este último párrafo describe cómo está organizado el informe final de investigación y menciona los títulos de cada capítulo de forma secuencial.

A partir de la introducción, organizada como un capítulo del informe de investigación, se desarrollan más adelante, y de manera más amplia, los tópicos presentados en los siguientes subtítulos:

3.3.1. Justificación

La justificación de la investigación consiste en fundamentar por qué es importante realizar la investigación propuesta. Para el caso de la investigación en Ingeniería de Minas, la justificación puede darse en el campo económico, ambiental, social o metodológico; en algunos de estos campos, se puede fundamentar a través del uso de datos y fuentes relevantes, adecuadamente citadas y referenciadas.

3.3.2. Antecedentes de la investigación

Los antecedentes de una investigación son las investigaciones realizadas de acuerdo con la temática que se está desarrollando. Proviene de tesis publicadas, que se pueden ubicar en los repositorios de tesis de las universidades, como el repositorio de la PUCP (PUCP, 2020), o, a nivel nacional, en el repositorio ALICIA de CONCYTEC (CONCYTEC, 2020). Otras investigaciones importantes que pueden servir como antecedentes de la investigación pueden encontrarse en bases de datos científicas de renombre mundial, como son las siguientes: Science direct (Elsevier, 2020a), IEEE digital library (IEEE, 2020), Scielo (Scielo, 2020), Redalyc (Redalyc, 2020), etc.

Todos los antecedentes de la investigación deben ser correctamente citados y referenciados, analizados y comparados con la investigación que se propone. Siempre se deben resaltar las diferencias y lo nuevo que propone la investigación que se está desarrollando.

3.3.3. Objetivos

Los objetivos de la investigación representan la guía para no perder el rumbo de la investigación y se formulan de acuerdo con lo explicado en la sección 2.2.

3.3.4. Metodología

En este apartado, se desarrolla la metodología de la investigación de manera detallada, siguiendo las indicaciones explicadas en la sección 2.3.

3.4. Revisión teórica (estado del arte o marco teórico)

En esta sección, se desarrollan los puntos relacionados con la temática de la investigación, que derivan del objetivo principal y de los objetivos específicos. Lo aconsejable es definir, primero, el contenido o índice que llevará esta sección, para

evitar obviar algún tema importante en el marco teórico; segundo, pasar a desarrollar cada punto.

Cuando se desarrolle el marco teórico, se deben considerar los siguientes aspectos:

- Evitar ser muy extenso: desarrollar solo los temas más relevantes que otorguen sustento teórico a la investigación.
- Revisar las fuentes desde donde se puede obtener la información para el marco teórico: libros impresos o digitales de editoriales reconocidas, review papers, informes o reportes oficiales de empresas o de órganos gubernamentales, normas legales, normas técnicas, y documentos oficiales privados o estatales.
- Evitar la transcripción exacta de fuentes: usar el parafraseo, que consiste en resumir la fuente original; citar y referenciar.

En la sección del marco teórico, existe mayor posibilidad de cometer plagio; por eso, es importante citar y referenciar todas las fuentes utilizadas. Para evitar posible plagio, se debe evitar cometer los siguientes errores:

1. Transcribir de una fuente sin citar ni referenciar.
2. Transcribir de una fuente y citar, pero no referenciar.
3. Transcribir de una fuente y referenciar, pero no citar.
4. Parafrasear a un autor, pero no citar ni referenciar.
5. Autoplagio, copiarse a sí mismo (sin citar ni referenciar).

3.5. Cuerpo del trabajo

El cuerpo del trabajo comprende el desarrollo del informe final de la investigación, ubicado entre el marco teórico y la discusión de resultados. Está organizado por capítulos y su contenido depende de las particularidades de la investigación, según el enfoque que asume y su esquema particular, como los ejemplos mostrados en la sección 2.4.

Una manera de organizar esta sección es desarrollar cada paso de la metodología propuesta anteriormente y usar data real o data de campo, etc. Otra manera es desarrollar cada objetivo específico, donde cada uno represente un capítulo (esta forma se acomoda mejor a una investigación en ingeniería).

3.6. Discusión de resultados

En esta sección, se discuten los resultados a través de su interpretación y análisis. En una investigación de ingeniería, es muy importante la presentación científica de

gráficos, para lo cual se pueden usar herramientas o software especializados, como Matlab, Python, SPSS, Excel avanzado, etc.

Una manera de organizar esta sección es en dos subtítulos: el primero para discutir los resultados del caso de estudio por medio de la comparación con los antecedentes estudiados en la sección correspondiente; el segundo, para abordar la metodología usada en la investigación a través de su comparación con otras metodologías similares.

Otra manera de organizar esta sección es mediante la discusión de los resultados de cada objetivo específico. La recomendación, en general, es mantener el mismo estilo, tanto en el cuerpo del documento como en la discusión de resultados.

3.7. Conclusiones y recomendaciones

Esta sección del informe final de la investigación se puede presentar mediante dos subtítulos: conclusiones y recomendaciones, las cuales se detallan a continuación.

3.7.1. Conclusiones

Una manera de redactar las conclusiones de la investigación es seguir la secuencia de los objetivos, como lo ilustra el siguiente esquema:

- a. Conclusión sobre el OE1.
- b. Conclusión sobre el OE2.
- c. Conclusión sobre el OE3.
- d. Conclusión sobre el objetivo general.

3.7.2. Recomendaciones

Una manera de redactar las recomendaciones es ser coherente con las conclusiones; es decir, para cada conclusión se debe formular una recomendación, como se muestra en el siguiente esquema:

- a. Recomendación sobre la conclusión 1.
- b. Recomendación sobre la conclusión 2.
- c. Recomendación sobre la conclusión 3.
- d. Recomendación sobre la conclusión 4.

A partir de esta estructura, se pueden agregar más conclusiones y recomendaciones de acuerdo con las particularidades de cada investigación.

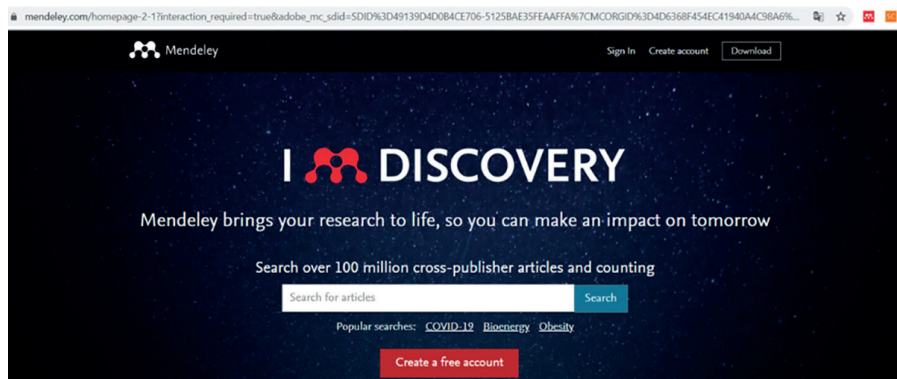
3.8. Referencias

En esta sección, es preciso aclarar los conceptos de cita y referencia: “cita” es la mención breve de la fuente consultada en el cuerpo del documento, que sigue un estilo determinado; por su parte, “referencia” es la mención completa de la fuente consultada, ubicada al final del documento (antes de los Anexos). En general, se debe mantener el mismo estilo en ambas.

Las citas y referencias deben realizarse con un determinado estilo. Para ello, existen muchos tipos, como el estilo APA (American Psychological Association), el estilo IEEE, el estilo ISO 690, el estilo Chicago, etc. El estilo a seguir en la investigación es definido por la universidad o mediante la coordinación con el asesor. Sin embargo, cuando la investigación conduce a una publicación en una revista indexada (journal), el estilo de las citas y referencias es definido por la revista y, por tanto, se tiene que preparar de acuerdo con los requerimientos de esta.

Actualmente, existen software de apoyo para realizar las citas y referencias, tales como SOTERO, MENDELEY, etc. Por ejemplo, el software MENDELEY (Elsevier, 2020c) es gratuito y otorga espacio en la nube para guardar las fuentes y sus archivos. Este software se puede descargar de la página www.mendeley.com, como se muestra en el siguiente gráfico:

Figura 4: Página web de Mendeley



Las citas y referencias usadas deben provenir de fuentes confiables, tales como libros de editoriales reconocidas, tesis publicadas o papers publicados en bases de datos de prestigio (Science Direct, IEEE digital library, SCOPUS, SCIELO, REDALYC, etc.). Todas las referencias deben ser mencionadas como citas en el cuerpo del documento, así como todas las citas deben tener su correspondiente referencia.

3.9. Anexos

En esta sección, se presentan los materiales complementarios de la investigación: encuestas, fotos, esquemas, planos, etc.

Como criterio general, en esta sección se coloca todo lo que no se puede ubicar en el cuerpo del documento, sea por tamaño, contenido, etc. Estos pueden ser planos, tablas grandes, hojas de cálculo, etc.

➤ **Preguntas sobre el contenido del capítulo:**

Has llegado al final del tercer capítulo. Con la intención de comprobar lo aprendido en esta sección, te invitamos a responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué características debe presentar el título de una investigación?
- ¿Cuáles son los elementos más importantes que debe contener el abstract de una investigación?
- ¿Qué párrafos tiene la introducción y qué estructura presenta como un capítulo del informe de investigación?
- ¿Cuáles son los principales campos donde se puede justificar una investigación en Ingeniería de Minas?
- ¿Qué función cumplen los antecedentes de una investigación y cuáles son las principales fuentes desde donde se pueden obtener?
- ¿Cuál es la importancia de la revisión teórica o marco teórico de una investigación? ¿Qué consideraciones se deben tomar en cuenta durante su desarrollo?
- ¿De qué manera se puede organizar el cuerpo del trabajo de investigación? ¿Qué estilo se acomoda a tu investigación?
- ¿Qué función cumple la discusión de resultados en una investigación y cuáles son los principales estilos para abordarlos?
- ¿Qué relación existe entre los objetivos de la investigación y la formulación de conclusiones y recomendaciones?
- ¿Qué estilos existen para la elaboración de citas y referencias y cómo se define el estilo más adecuado para tu investigación?
- ¿Qué tipo de información relevante se coloca en los anexos de una investigación y qué tipo de documentos se coloca cuando se trata de una investigación en Ingeniería de Minas?



REFERENCIAS

Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica [CONCYTEC]. (2020). Repositorio de Tesis Alicia-Concytec. Recuperado el 09 de septiembre de 2020 de <https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/>

Delgado, A., & Romero, I. (2016). Environmental conflict analysis using an integrated grey clustering and entropy-weight method: A case study of a mining project in Peru. *Environmental Modelling and Software*, 77, 108-121. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2015.12.011>

Elsevier. (2020a). Base de datos Science Direct. Recuperado el 10 de septiembre de 2020 de <https://www.sciencedirect.com/>

Elsevier. (2020b). Base de datos Scopus. Recuperado el 10 de septiembre de 2020 de <https://www.scopus.com/home.uri>

Elsevier. (2020c). Mendely. Recuperado el 10 de septiembre de 2020 de www.mendeley.com

IEEE. (2020). Base de datos IEEE Digital Library. Recuperado el 10 de septiembre de 2020 de <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>

Pontificia Universidad Católica del Perú [PUCP]. (2020). Repositorio de Tesis. Recuperado el 09 de septiembre de 2020 de Repositorio de Tesis website: <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/>

Redalyc. (2020). Base de datos Redalyc. Recuperado el 10 de septiembre de 2020 <https://www.redalyc.org/>

Scielo. (2020). Base de datos Scielo. Recuperado el 10 de septiembre de 2020 de <https://scielo.org/es/>

Suárez, C. (2019). *Análisis técnico-económico para la ampliación de un sistema de bombeo de dos etapas en el interior de una mina* (Tesis de licenciatura). Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/15815>



ANEXO

ANEXO 1. Líneas de investigación de la sección de Ingeniería de Minas

Línea de investigación: Ciencias de la tierra, medio ambiente y sostenibilidad

Sublínea L1: Desarrollo de tecnologías para la industria minera (tratamiento de aguas y recuperación de metales).

Sublínea L2: Minería y medio ambiente (gestión ambiental en minería y modelamiento ambiental y social en minería).

Sublínea L3: Geología regional (mineralogía, metalogenia, recursos minerales tradicionales y estratégicos, sedimentología, estratigrafía y tectónica).

Sublínea L4: Recursos hídricos (estudios hidrodinámicos e hidrogeoquímicos).

Línea de investigación: Ciencias e ingeniería de materiales

Sublínea L2: Desarrollo de nuevos materiales con aplicaciones diversas (síntesis de nanopartículas con aplicaciones médicas y medioambientales) y desarrollo de nuevas aleaciones con aplicaciones diversas.

Línea de investigación: Desarrollo de productos y procesos

Sublínea L1: Desarrollo de tecnologías para la industria minera (mejora de procesos de la industria minera).



PUCP