



# **METODOLOGÍA CIENTÍFICA APLICADA A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**



**EDWARD LEÓN PALACIOS  
HEMERSON LIZARBE ALARCÓN  
ROCKY G. AYALA BIZARRO  
MARLENE LEÓN PALACIOS  
OSCAR GUIDO RIVERA YNOUYE**

## A black and white photograph capturing a professional presentation or conference. In the foreground, a man is seen from the back, wearing a dark suit and a white hard hat. He is gesturing with his right hand, palm up, as if explaining a point. He is positioned behind a table that holds a laptop, a microphone, and a water bottle. In the background, a large audience of people is seated in rows, facing the speaker. The setting appears to be a formal hall or auditorium with large windows or curtains in the distance. The overall atmosphere is professional and focused.

**EDWARD LEÓN PALACIOS  
HEMERSON LIZARBE ALARCÓN  
ROCKY G. AYALA BIZARRO  
MARLENE LEÓN PALACIOS  
OSCAR GUIDO RIVERA YNOUYE**

## **Conselho Editorial**

Prof. Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva - UNIDAVI  
Prof. Dr. Astor João Schönell Júnior - IFFAR  
Prof. Dr. Alan Ricardo Costa - UFRR  
Prof. Dr. Allan Diêgo Rodrigues Figueiredo - UESPI  
Profa. Dra. Andréia Bulaty - UNESPAR  
Profa. Dra. Carla da Conceição de Lima - UFVJM  
Prof. Dr. Camilo Darsie de Souza - UNISC  
Profa. Dra. Clarice Caldeira Leite - UFRGS  
Profa. Dra. Cecilia Decarli - UFRGS  
Prof. Dr. Carlos Adriano Martins - UNICID  
Prof. Dr. Christian Dennys Monteiro de Oliveira - UFCE  
Profa. Dra. Dayse Marinho Martins - UFMA  
Prof. Dr. Deivid Alex dos Santos - UEL  
Prof. Dr. Dioni Paulo Pastorio - UFRGS  
Prof. Dr. Douglas Manoel Antonio de Abreu Pestana dos Santos - FASESP  
Profa. Dra. Elane da Silva Barbosa - UERN  
Profa. Dra. Elen Gomes Pereira - IFBA  
Profa. Dra. Francielle Benini Agne Tybusch - UFN  
Prof. Dr. Francisco Odécio Sales - IFCE  
Prof. Dr. Francisco Ricardo Miranda Pinto - UFCAT  
Prof. Dr. Gilvan Charles Cerqueira de Araújo - UCB  
Prof. Dr. Ismar Inácio dos Santos Filho - UFAL  
Prof. Dr. Leonardo Bigolin Jantsch - UFSM  
Profa. Dra. Liziany Müller Medeiros - UFSM  
Profa. Dra. Marcela Mary José da Silva - UFRB  
Prof. Dr. Mateus Henrique Köhler - UFSM  
Prof. Dr. Michel Canuto de Sena - UFMS  
Profa. Dra. Mônica Aparecida Bortolotti - UNICENTRO  
Prof. Nilton David Vilchez Galarza - UPLA  
Prof. Dr. Olavo Barreto de Souza - UEPB  
Prof. Dr. Rafael Nogueira Furtado - UFABC  
Prof. Dr. Roberto Araújo da Silva Vasques Rabelo - UNISANTOS  
Prof. Dr. Rodrigo Toledo - USCS  
Prof. Dr. Rodolfo Rodrigues de Souza - UERJ  
Prof. Dr. Sidnei Renato Silveira - UFSM  
Prof. Dr. Thiago Ribeiro Rafagnin - UFOB  
Prof. Dr. Tomás Raúl Gómez Hernández - UCLV

**Editor Chefe:** Ivania Folmer  
**Bibliotecária:** Eliete Marques da Silva  
**Projeto gráfico e Diagramação:** Gabriel Eldereti Machado  
**Imagem capa:** www.canva.com

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**  
**(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

Metodología científica aplicada a proyectos de  
investigación en ingeniería civil [livro  
eletrônico] / Edward León Palacios... [et al.]. --  
Santa Maria, RS : Arco Editores, 2025.  
PDF

Outros autores: Hemerson Lizarbe Alarcón, Rocky  
G. Ayala Bizarro, Marlene León Palacios, Oscar Guido  
Rivera Ynouye.

Bibliografia.

ISBN 978-65-5417-521-0

1. Engenharia civil 2. Metodologia 3. Projetos  
científicos I. Palacios, Edward León. II. Alarcón,  
Hemerson Lizarbe. III. Bizarro, Rocky G. Ayala.  
IV. Palacios, Marlene León. V. Ynouye, Oscar Guido  
Rivera.

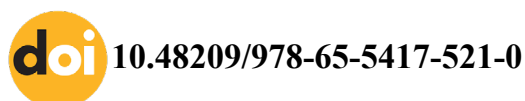
25-294684. 0

CDD-624

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Engenharia civil 624

Eliete Marques da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9380



Este livro é o resultado de uma pesquisa científica em atividades de ciência e tecnologia.  
O trabalho foi revisado por pares acadêmicos externo antes de ser publicado.



*Dedicado a quienes construyen conocimiento con el mismo compromiso  
con que se construyen caminos, puentes y soluciones reales.  
A mis estudiantes, por motivar cada pregunta.  
A mi familia, por sostener cada respuesta.*

*Mi agradecimiento a la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por formar profesionales que transforman la región y el país con vocación y excelencia.*

*A la Escuela Profesional de Ingeniería Civil,  
por ser espacio de formación rigurosa, compromiso técnico y espíritu investigativo.*

*A mis colegas, por compartir el camino  
a mis estudiantes, por inspirar este esfuerzo;  
y a mi familia, por sostenerlo con amor y paciencia.*

# ÍNDICE

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| LISTA DE TABLAS.....                                                         | 18 |
| LISTA DE FIGURAS.....                                                        | 18 |
| INTRODUCCIÓN.....                                                            | 19 |
| I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN INGENIERÍA CIVIL.....       | 21 |
| 1.1. Ciencia, técnica y tecnología: conceptos y relaciones.....              | 21 |
| 1.1.1 Ciencia.....                                                           | 22 |
| 1.1.2 Técnica.....                                                           | 22 |
| 1.1.3 Tecnología.....                                                        | 23 |
| 1.1.4 Integración en la investigación en Ingeniería Civil.....               | 23 |
| 1.2 El conocimiento en Ingeniería Civil: naturaleza y objeto de estudio..... | 24 |
| 1.2.1 Naturaleza del conocimiento en Ingeniería Civil.....                   | 24 |
| 1.2.2 Características del conocimiento en Ingeniería Civil.....              | 24 |
| 1.2.3 Objeto de estudio de la Ingeniería Civil.....                          | 25 |
| 1.2.4 Finalidad del conocimiento ingenieril.....                             | 25 |
| 1.3 Investigación científica: objetivos, principios y clasificación.....     | 26 |
| 1.3.1 Objetivos de la investigación científica.....                          | 26 |
| 1.3.2 Principios de la investigación científica.....                         | 26 |
| 1.3.3 Clasificación de la investigación científica.....                      | 27 |
| 1.3.4 Importancia en Ingeniería Civil.....                                   | 28 |
| 1.4 Tipos de investigación: básica, aplicada, experimental, tecnológica..... | 29 |
| 1.4.1 Investigación básica.....                                              | 29 |
| 1.4.2 Investigación aplicada.....                                            | 29 |
| 1.4.3 Investigación experimental.....                                        | 30 |
| 1.4.4 Investigación tecnológica.....                                         | 30 |
| 1.5 Enfoques metodológicos: cuantitativo, cualitativo, mixto.....            | 31 |
| 1.5.1 Enfoque cuantitativo.....                                              | 31 |
| 1.5.2 Enfoque cualitativo.....                                               | 31 |

|                                                                                |    |
|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1.5.3 Enfoque mixto.....                                                       | 32 |
| 1.6 Ética científica y responsabilidad profesional en la ingeniería.....       | 32 |
| 1.6.1 Principios fundamentales de la ética científica.....                     | 33 |
| 1.6.2 Conducta ética en la práctica profesional.....                           | 33 |
| 1.6.3 Buenas prácticas en investigación aplicada.....                          | 34 |
| 1.6.4 Formación ética desde la etapa de formación.....                         | 34 |
| 1.6.5 Implicancias éticas en la divulgación del conocimiento.....              | 34 |
| II. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y SELECCIÓN DEL TEMA .....                     | 35 |
| 2.1 Criterios para elegir un tema relevante y viable.....                      | 35 |
| 2.1.1 Relevancia técnica y científica.....                                     | 35 |
| 2.1.2 Contextualización del entorno.....                                       | 35 |
| 2.1.3 Viabilidad técnica y metodológica.....                                   | 35 |
| 2.1.4 Contribución al conocimiento aplicado.....                               | 36 |
| 2.1.5 Afinidad personal y disponibilidad de tiempo.....                        | 36 |
| 2.2 Detección de problemas en campo, laboratorio, normativa y modelación ..... | 36 |
| 2.2.1 Problemas en campo.....                                                  | 37 |
| 2.2.2 Problemas en laboratorio.....                                            | 37 |
| 2.2.3 Problemas normativos.....                                                | 37 |
| 2.2.4 Problemas en modelación y simulación.....                                | 37 |
| 2.3 Formulación del problema general y específicos.....                        | 38 |
| 2.3.1 Características del problema de investigación.....                       | 38 |
| 2.3.2 El problema general.....                                                 | 38 |
| 2.3.3 Problemas específicos.....                                               | 39 |
| 2.3.4 Redacción recomendada.....                                               | 39 |
| 2.4 Delimitación espacial, temporal, técnica y conceptual.....                 | 39 |
| 2.4.1 Delimitación espacial.....                                               | 40 |
| 2.4.2 Delimitación temporal.....                                               | 40 |
| 2.4.3 Delimitación técnica.....                                                | 40 |
| 2.4.4 Delimitación conceptual.....                                             | 40 |

|                                                                                              |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.5 Estructuración progresiva del título de investigación.....                               | 41 |
| 2.5.1 Requisitos de un buen título.....                                                      | 41 |
| 2.5.2 Componentes comunes en los títulos técnicos.....                                       | 41 |
| 2.5.3 Ejemplo de estructuración progresiva.....                                              | 42 |
| 2.5.4 Errores comunes a evitar.....                                                          | 42 |
| 2.6 Unidad de análisis y análisis preliminar de factibilidad.....                            | 42 |
| 2.6.1 Unidad de análisis.....                                                                | 43 |
| 2.6.2 Análisis preliminar de factibilidad.....                                               | 43 |
| 2.6.3 Importancia de esta etapa.....                                                         | 44 |
| III. REVISIÓN DE LITERATURA Y CONSTRUCCIÓN DEL MARCO TEÓRICO.....                            | 45 |
| 3.1 Importancia de la revisión crítica de literatura técnica y científica.....               | 45 |
| 3.2 Búsqueda avanzada en bases de datos: Scopus, Web of Science, SciELO, Google Scholar..... | 45 |
| 3.2.1 Bases de datos recomendadas.....                                                       | 46 |
| 3.2.2 Estrategias de búsqueda.....                                                           | 46 |
| 3.2.3 Criterios de selección de fuentes.....                                                 | 46 |
| 3.3 Organización de antecedentes: fichas, matrices y síntesis comparativa .....              | 47 |
| 3.3.1 Fichas bibliográficas.....                                                             | 47 |
| 3.3.2 Matrices comparativas.....                                                             | 47 |
| 3.3.3 Síntesis comparativa.....                                                              | 48 |
| 3.4 Identificación de vacíos científicos, normativos o técnicos.....                         | 48 |
| 3.4.1 Tipos de vacíos frecuentes.....                                                        | 48 |
| 3.4.2 Estrategia para identificarlos.....                                                    | 49 |
| 3.5 Construcción del marco teórico y sustento normativo.....                                 | 49 |
| 3.5.1 Componentes del marco teórico.....                                                     | 50 |
| 3.5.2 Inclusión del sustento normativo.....                                                  | 50 |
| 3.5.3 Estructura del marco teórico.....                                                      | 51 |
| 3.6 Elaboración del marco conceptual y definiciones operativas.....                          | 51 |
| 3.6.1 Propósito del marco conceptual.....                                                    | 51 |

|                                                                                 |    |
|---------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.6.2 Definiciones operativas.....                                              | 51 |
| 3.6.3 Representaciones gráficas del marco conceptual.....                       | 52 |
| 3.6.4 Recomendaciones para construir el marco conceptual.....                   | 52 |
| IV. OBJETIVOS, HIPÓTESIS, VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN.....                   | 53 |
| 4.1 Redacción de objetivos generales y específicos con estructura lógica.....   | 53 |
| 4.1.1 Objetivo general.....                                                     | 53 |
| 4.1.2 Objetivos específicos.....                                                | 53 |
| 4.1.3 Recomendaciones para su redacción.....                                    | 54 |
| 4.2 Hipótesis generales y específicas: formulación y función predictiva.....    | 54 |
| 4.2.1 ¿Qué es una hipótesis?.....                                               | 54 |
| 4.2.2 Tipos de hipótesis.....                                                   | 54 |
| 4.2.3 Función predictiva en ingeniería.....                                     | 55 |
| 4.2.4 Recomendaciones de redacción.....                                         | 55 |
| 4.3 Definición de variables: dependiente, independiente, intervinientes.....    | 55 |
| 4.3.1 Variable independiente (VI).....                                          | 56 |
| 4.3.2 Variable dependiente (VD).....                                            | 56 |
| 4.3.3 Variables intervinientes o de control.....                                | 56 |
| 4.3.4 Reglas para definir variables.....                                        | 56 |
| 4.3.5 Ejemplo aplicado (con VI, VD y control).....                              | 56 |
| 4.4 Dimensiones e indicadores: descomposición conceptual y medición....         | 57 |
| 4.4.1 Dimensiones.....                                                          | 57 |
| 4.4.2 Indicadores.....                                                          | 57 |
| 4.4.3 Importancia en ingeniería aplicada.....                                   | 58 |
| 4.4.4 Ejemplo aplicado.....                                                     | 58 |
| 4.5 Tabla de operacionalización: estructura, ejemplos y validación técnica..... | 58 |
| 4.5.1 Estructura de la tabla.....                                               | 58 |
| 4.5.2 Ejemplo aplicado.....                                                     | 59 |
| 4.5.3 Validación técnica.....                                                   | 59 |

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5.4 Utilidad en la investigación.....                                                                                | 60 |
| 4.6 Relación entre variables, objetivos e hipótesis en ingeniería aplicada<br>.....                                    | 60 |
| 4.6.1 Coherencia estructural.....                                                                                      | 60 |
| 4.6.2 Esquema de correspondencia.....                                                                                  | 60 |
| 4.6.3 Utilidad técnica.....                                                                                            | 61 |
| 4.6.4 Consideraciones clave.....                                                                                       | 61 |
| V. DISEÑO METODOLÓGICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN<br>.....                                                          | 61 |
| 5.1 Enfoques y tipos de diseño metodológico en ingeniería.....                                                         | 61 |
| 5.1.1 Enfoques metodológicos.....                                                                                      | 61 |
| 5.1.2 Tipos de diseño según propósito.....                                                                             | 63 |
| 5.1.3 Tipos de diseño según aplicación técnica.....                                                                    | 63 |
| 5.2 Diseños experimentales, cuasiexperimentales, correlacionales, de<br>simulación y estudios de caso .....            | 64 |
| 5.2.1 Diseño experimental.....                                                                                         | 64 |
| 5.2.2 Diseño cuasiexperimental.....                                                                                    | 64 |
| 5.2.3 Diseño correlacional.....                                                                                        | 65 |
| 5.2.4 Diseño de simulación.....                                                                                        | 65 |
| 5.2.5 Estudio de caso.....                                                                                             | 65 |
| 5.3 Definición de población y muestra en contextos técnicos y materiales<br>.....                                      | 65 |
| 5.3.1 Población.....                                                                                                   | 66 |
| 5.3.2 Muestra.....                                                                                                     | 66 |
| 5.3.3 Unidades de análisis.....                                                                                        | 66 |
| 5.4 Criterios de inclusión y exclusión.....                                                                            | 67 |
| 5.4.1 Criterios de inclusión.....                                                                                      | 67 |
| 5.4.2 Criterios de exclusión.....                                                                                      | 67 |
| 5.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: ensayos, medición,<br>observación, entrevistas, simulaciones..... | 68 |
| 5.5.1 Ensayos.....                                                                                                     | 68 |
| 5.5.2 Medición.....                                                                                                    | 68 |

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.5.3 Observación.....                                                                  | 68 |
| 5.5.4 Entrevistas técnicas.....                                                         | 69 |
| 5.5.5 Simulaciones.....                                                                 | 69 |
| 5.6 Equipamiento, insumos y estándares técnicos (NTP, ASTM, AASHTO)<br>.....            | 69 |
| 5.6.1 Equipamiento.....                                                                 | 70 |
| 5.6.2 Insumos.....                                                                      | 70 |
| 5.6.3 Estándares técnicos.....                                                          | 70 |
| 5.7 Procedimientos experimentales paso a paso.....                                      | 71 |
| 5.7.1 Estructura del procedimiento experimental.....                                    | 71 |
| 5.7.2 Consideraciones importantes.....                                                  | 72 |
| 5.8 Validación, confiabilidad, control de calidad y consideraciones éticas<br>.....     | 72 |
| 5.8.1 Validación técnica del procedimiento.....                                         | 73 |
| 5.8.2 Confiabilidad de los datos.....                                                   | 73 |
| 5.8.3 Control de calidad en la ejecución.....                                           | 73 |
| 5.8.4 Consideraciones éticas.....                                                       | 74 |
| VI. PROCESAMIENTO DE DATOS Y CONTRASTE DE HIPÓTESIS<br>.....                            | 75 |
| 6.1 Codificación, organización y limpieza de datos cuantitativos.....                   | 75 |
| 6.2 Herramientas estadísticas en ingeniería: Excel, SPSS, R, Python,<br>MATLAB.....     | 76 |
| 6.2.1 Microsoft Excel.....                                                              | 76 |
| 6.2.2 SPSS (Statistical Package for the Social Sciences).....                           | 76 |
| 6.2.3 R.....                                                                            | 76 |
| 6.2.4 Python (con bibliotecas científicas).....                                         | 77 |
| 6.2.5 MATLAB.....                                                                       | 77 |
| 6.3 Estadística descriptiva: tablas, medidas de tendencia central y dispersión<br>..... | 78 |
| 6.3.1 Tablas de frecuencia.....                                                         | 78 |
| 6.3.2 Medidas de tendencia central.....                                                 | 78 |
| 6.3.3 Medidas de dispersión.....                                                        | 78 |

|                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 6.3.4 Representación gráfica.....                                                               | 79 |
| 6.4 Estadística inferencial: prueba t de Student, ANOVA, correlación, regresión.....            | 79 |
| 6.4.1 Prueba t de Student.....                                                                  | 79 |
| 6.4.2 ANOVA (Análisis de Varianza).....                                                         | 80 |
| 6.4.3 Correlación.....                                                                          | 80 |
| 6.4.4 Regresión lineal.....                                                                     | 80 |
| 6.4.5 Consideraciones técnicas.....                                                             | 80 |
| 6.5 Contraste de hipótesis: hipótesis nula, valor p, nivel de significancia....                 | 81 |
| 6.5.1 Nivel de significancia ( $\alpha$ ).....                                                  | 81 |
| 6.5.2 Valor p.....                                                                              | 81 |
| 6.5.3 Tipos de pruebas.....                                                                     | 81 |
| 6.6 Interpretación técnica de resultados aplicados.....                                         | 82 |
| 6.6.1 Enlace con los objetivos e hipótesis.....                                                 | 82 |
| 6.6.2 Consideraciones constructivas y operativas.....                                           | 82 |
| 6.7 Presentación adecuada de resultados: gráficos, figuras y análisis técnico .....             | 83 |
| 6.7.1 Formatos de presentación recomendados.....                                                | 83 |
| 6.7.2 Claridad y precisión técnica.....                                                         | 83 |
| 6.7.3 Integración con el análisis técnico.....                                                  | 84 |
| VII. REDACCIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.....                          | 85 |
| 7.1 Estructura formal de informes y tesis científicas.....                                      | 85 |
| 7.1.1 Partes fundamentales.....                                                                 | 85 |
| 7.2 Redacción académica y técnica: coherencia, precisión, claridad.....                         | 86 |
| 7.2.1 Principios fundamentales.....                                                             | 86 |
| 7.2.2 Estilo técnico en Ingeniería.....                                                         | 87 |
| 7.3 Presentación de información: tablas, diagramas, figuras, planos y fotografías técnicas..... | 87 |
| 7.3.1 Tablas.....                                                                               | 87 |
| 7.3.2 Diagramas y gráficos.....                                                                 | 88 |

|                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 7.3.3 Figuras técnicas.....                                                                            | 88 |
| 7.3.4 Planos técnicos.....                                                                             | 88 |
| 7.3.5 Fotografías técnicas.....                                                                        | 89 |
| 7.4 Redacción de capítulos: introducción, marco teórico, metodología, resultados y discusión.....      | 89 |
| 7.4.1 Introducción.....                                                                                | 89 |
| 7.4.2 Marco teórico.....                                                                               | 90 |
| 7.4.3 Metodología.....                                                                                 | 90 |
| 7.4.4 Resultados.....                                                                                  | 90 |
| 7.4.5 Discusión.....                                                                                   | 91 |
| 7.5 Citación académica: aplicación de normas APA 7. <sup>a</sup> edición a contextos ingenieriles..... | 91 |
| 7.5.1 Principios generales de citación en APA 7.....                                                   | 91 |
| 7.5.2 Tipos de citas en el texto.....                                                                  | 91 |
| 7.5.3 Reglas para referencias técnicas en APA 7.....                                                   | 92 |
| 7.5.4 Citas de gráficos, figuras y planos.....                                                         | 93 |
| 7.6 Gestión de referencias con gestores bibliográficos.....                                            | 93 |
| 7.6.1 ¿Qué es un gestor bibliográfico?.....                                                            | 93 |
| 7.6.2 Principales gestores recomendados.....                                                           | 93 |
| 7.6.3 Aplicación en proyectos de ingeniería.....                                                       | 94 |
| 7.6.4 Recomendaciones para su uso eficiente.....                                                       | 94 |
| 7.7 Revisión y edición del manuscrito: estilo, ortografía técnica, estructura lógica.....              | 95 |
| 7.7.1 Importancia de la revisión técnica.....                                                          | 95 |
| 7.7.2 Estilo académico y técnico.....                                                                  | 95 |
| 7.7.3 Ortografía técnica y convenciones.....                                                           | 95 |
| 7.7.4 Coherencia estructural del documento.....                                                        | 96 |
| 7.7.5 Herramientas de apoyo.....                                                                       | 96 |
| VIII. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PROYECCIÓN.....                                       | 97 |
| 8.1 Discusión de resultados con base científica y normativa.....                                       | 97 |

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.1.1 Enfoque de análisis en ingeniería.....                                                        | 97  |
| 8.1.2 Soporte en normas técnicas.....                                                               | 97  |
| 8.1.3 Coherencia con el objetivo de investigación.....                                              | 98  |
| 8.1.4 Inclusión de análisis crítico.....                                                            | 98  |
| 8.2 Relación entre hipótesis, resultados, antecedentes y teoría.....                                | 98  |
| 8.2.1 Coherencia entre hipótesis y resultados.....                                                  | 99  |
| 8.2.2 Articulación con antecedentes técnicos y científicos.....                                     | 99  |
| 8.2.3 Vinculación con la teoría científica.....                                                     | 99  |
| 8.2.4 Revisión crítica de resultados divergentes.....                                               | 100 |
| 8.3 Elaboración de conclusiones sustentadas y alineadas con los objetivos<br>.....                  | 100 |
| 8.3.1 Relación directa con los objetivos.....                                                       | 100 |
| 8.3.2 Sustento técnico en los resultados.....                                                       | 100 |
| 8.3.3 Claridad y redacción objetiva.....                                                            | 101 |
| 8.3.4 Evitar repeticiones innecesarias.....                                                         | 101 |
| 8.3.5 Orden lógico de presentación.....                                                             | 101 |
| 8.4 Formulación de recomendaciones aplicadas a la práctica profesional,<br>normativa o técnica..... | 102 |
| 8.4.1 Coherencia con los hallazgos.....                                                             | 102 |
| 8.4.2 Enfoque práctico o normativo.....                                                             | 102 |
| 8.4.3 Claridad, viabilidad y relevancia.....                                                        | 103 |
| 8.4.4 Priorizar según impacto.....                                                                  | 103 |
| 8.5 Aportes a la ciencia, tecnología o gestión de la infraestructura.....                           | 103 |
| 8.5.1 Aporte científico.....                                                                        | 104 |
| 8.5.2 Aporte tecnológico.....                                                                       | 104 |
| 8.5.3 Aporte a la gestión de la infraestructura.....                                                | 104 |
| 8.5.4 Relación con la práctica profesional.....                                                     | 105 |
| 8.6 Propuesta de líneas de investigación futura.....                                                | 105 |
| 8.6.1 Continuidad técnica del estudio.....                                                          | 105 |
| 8.6.2 Comparación de materiales, métodos o tecnologías.....                                         | 106 |
| 8.6.3 Profundización en variables no abordadas.....                                                 | 106 |

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.6.4 Estudios de validación en contextos distintos.....                                         | 106 |
| 8.6.5 Integración con otras disciplinas o enfoques.....                                          | 106 |
| 8.6.6 Desarrollo de nuevas herramientas o metodologías.....                                      | 107 |
| IX. SUSTENTACIÓN Y CIERRE DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN .....                                     | 108 |
| 9.1 Preparación estratégica para la defensa oral: estructura y planificación .....               | 108 |
| 9.1.1 Objetivos de la defensa.....                                                               | 108 |
| 9.1.2 Estructura recomendada de la exposición.....                                               | 108 |
| 9.1.3 Estrategias de planificación.....                                                          | 109 |
| 9.2 Diseño y elaboración de presentaciones técnicas.....                                         | 109 |
| 9.2.1 Principios de diseño técnico.....                                                          | 110 |
| 9.2.2 Contenido sugerido para las diapositivas.....                                              | 110 |
| 9.2.3 Recursos visuales comunes en Ingeniería Civil.....                                         | 110 |
| 9.3 Dominio escénico, argumentación y lenguaje técnico oral.....                                 | 111 |
| 9.3.1 Postura y expresión corporal.....                                                          | 111 |
| 9.3.2 Lenguaje técnico y claridad.....                                                           | 111 |
| 9.3.3 Argumentación con evidencia.....                                                           | 112 |
| 9.3.4 Gestión del tiempo y ritmo de exposición.....                                              | 112 |
| 9.4 Preguntas frecuentes del jurado y recomendaciones para responder con evidencia.....          | 112 |
| 9.4.1 Tipos comunes de preguntas del jurado.....                                                 | 113 |
| 9.4.2 Estrategias para responder eficazmente.....                                                | 113 |
| X. PUBLICACIÓN CIENTÍFICA EN INGENIERÍA CIVIL.....                                               | 115 |
| 10.1 Fundamentos y beneficios de publicar resultados de investigación....                        | 115 |
| 10.1.1 ¿Por qué publicar en ingeniería?.....                                                     | 115 |
| 10.1.2 Impacto académico y profesional.....                                                      | 116 |
| 10.2 Tipos de publicaciones científicas: artículos originales, revisiones, estudios de caso..... | 116 |
| 10.2.1 Artículo original (o artículo de investigación).....                                      | 116 |
| 10.2.2 Artículo de revisión (literature review).....                                             | 117 |

|                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 10.2.3 Estudio de caso (case study).....                                                  | 116 |
| 10.2.4 Otros tipos comunes.....                                                           | 116 |
| 10.3 Adaptación de una tesis a un artículo científico (estructura IMR yD).....            | 118 |
| 10.3.1 Reducción de contenido.....                                                        | 118 |
| 10.3.2 Estructura IMRyD aplicada.....                                                     | 118 |
| 10.3.3 Consideraciones adicionales.....                                                   | 119 |
| 10.4 Selección de revistas científicas nacionales e indexadas (Scopus, SciELO, DOAJ)..... | 119 |
| 10.4.1 Clasificación de revistas según indexación.....                                    | 119 |
| 10.4.2 Factores para elegir una revista adecuada.....                                     | 120 |
| 10.4.3 Ejemplos de revistas recomendadas.....                                             | 120 |
| 10.5 Proceso editorial: envío, revisión por pares, observaciones, aprobación .....        | 121 |
| 10.5.1 Envío del manuscrito.....                                                          | 121 |
| 10.5.2 Revisión editorial preliminar .....                                                | 122 |
| 10.5.3 Revisión por pares (peer review).....                                              | 122 |
| 10.5.4 Corrección de observaciones.....                                                   | 123 |
| 10.5.5 Aprobación y publicación.....                                                      | 123 |
| 10.6 Ética de la publicación: autoría, plagio, originalidad y conflictos de interés.....  | 124 |
| 10.7 Difusión en congresos, repositorios institucionales y redes académicas .....         | 124 |
| ANEXOS.....                                                                               | 125 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....                                                           | 134 |
| SOBRE LOS AUTORES.....                                                                    | 135 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Tabla 1</b> Ejemplo (fragmento de matriz):.....                                                                                               | 52  |
| <b>Tabla 2</b> Ejemplo aplicado: Evaluación de la resistencia del concreto con adición de ceniza de bagazo de caña.....                          | 65  |
| <b>Tabla 3</b> Matriz de consistencia.....                                                                                                       | 137 |
| <b>Tabla 4</b> Formato tabla de operacionalización.....                                                                                          | 140 |
| <b>Tabla 5</b> Ejemplo aplicado a un caso real - Tema: Influencia de la ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto..... | 141 |
| <b>Tabla 6</b> Formato práctico: Fichas bibliográficas (para organizar información individual de cada fuente).....                               | 143 |
| <b>Tabla 7</b> Formato práctico: Matriz de antecedentes (compila varias fichas en formato comparativo).....                                      | 144 |
| <b>Tabla 8</b> Cronograma de actividades (Ejemplo - formato gantt).....                                                                          | 147 |
| <b>Tabla 9</b> Presupuesto del proyecto (Ejemplo).....                                                                                           | 148 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                   |    |
|-------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1</b> Diagrama Venn: Ciencia, técnica y tecnología..... | 23 |
| <b>Figura 2</b> Enfoques metodológicos.....                       | 69 |

# INTRODUCCIÓN

En la Ingeniería Civil, cada proyecto ejecutado, cada material analizado y cada estructura diseñada encierra un proceso de observación, análisis y toma de decisiones que, al sistematizarse, se convierte en conocimiento científico. En este sentido, investigar no es una actividad ajena al quehacer del ingeniero, sino una extensión natural de su rol como profesional que resuelve problemas concretos con fundamento técnico y responsabilidad social.

La investigación en Ingeniería Civil permite enfrentar desafíos complejos mediante la aplicación de principios científicos, normativos y tecnológicos. Como afirman Hernández, Fernández y Baptista (2014), investigar es un proceso sistemático, empírico y crítico que permite generar conocimiento confiable y aplicable a la solución de problemas relevantes. En el ámbito técnico, dicha investigación contribuye directamente al desarrollo de soluciones eficientes, seguras y sostenibles, ajustadas a las necesidades de la sociedad y el entorno.

Este libro, Metodología Científica Aplicada a Proyectos de Investigación en Ingeniería Civil, ha sido concebido como una guía técnica y académica que acompaña al investigador desde la elección del tema hasta la difusión de los resultados. Integra fundamentos teóricos con herramientas prácticas, alineadas al rigor científico y a la aplicabilidad propia del contexto ingenieril.

Su estructura se desarrolla en diez capítulos progresivos. Se abordan desde los principios fundamentales de la investigación hasta el diseño metodológico, el procesamiento de datos, el análisis estadístico, la redacción científica y la publicación académica. Cada sección considera ejemplos aplicados, el uso de normativa técnica vigente —tanto nacional como internacional—, estrategias de búsqueda en bases de datos científicas, y criterios técnicos propios de la disciplina.

Además de responder a los requerimientos académicos para el desarrollo de tesis e informes, esta obra promueve la investigación como un medio

para generar aportes tangibles al desarrollo regional, nacional y global. Como plantea Bernal (2010), la investigación científica es esencial para el progreso de la ciencia y la tecnología, así como para la mejora de la calidad de vida.

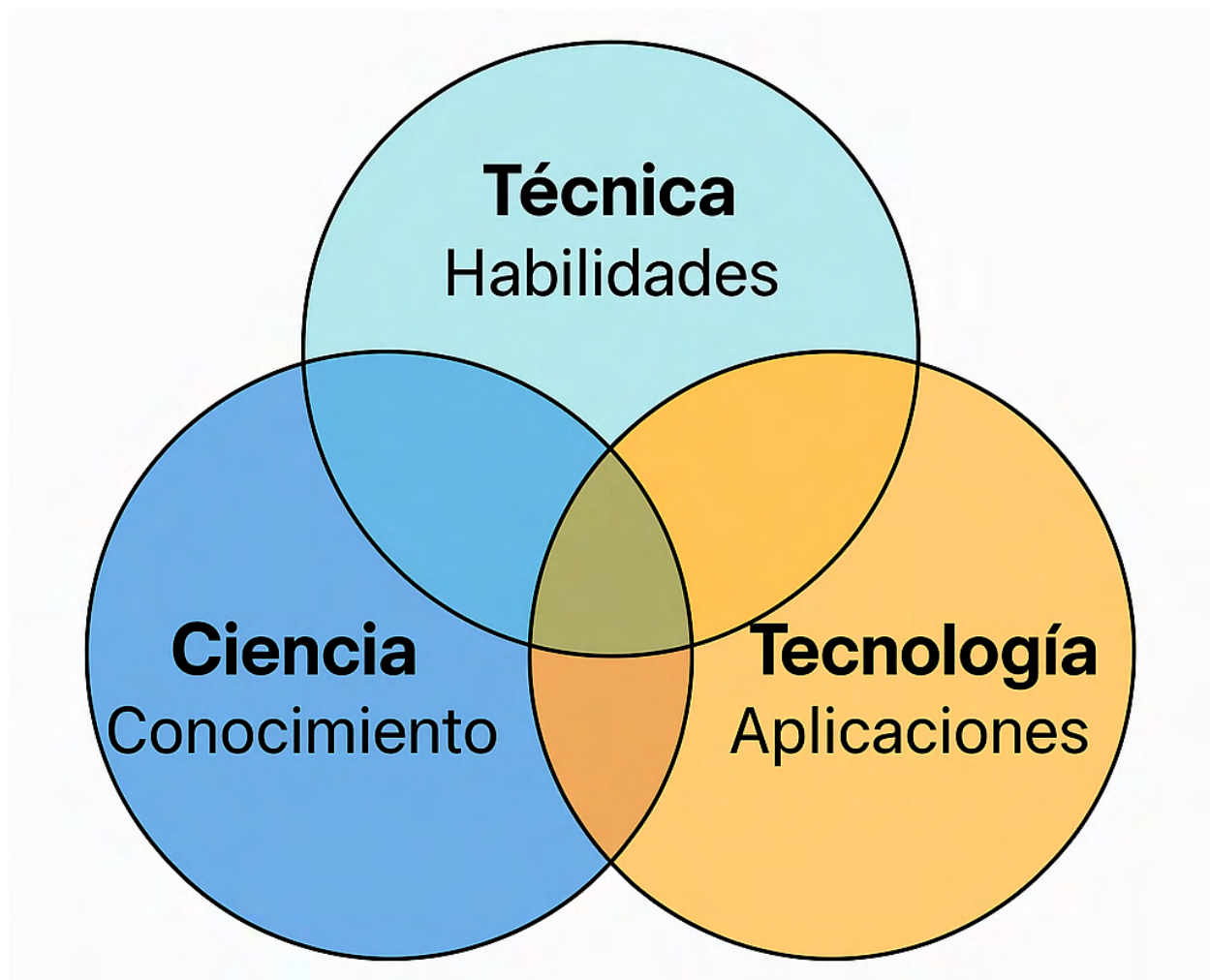
Dirigido a quienes asumen la investigación como un ejercicio de mejora continua, validación técnica y compromiso social, este libro reconoce que la Ingeniería Civil no solo construye infraestructura, sino que también genera conocimiento útil, transferible y necesario para el bien común.

# I. FUNDAMENTOS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN INGENIERÍA CIVIL

## 1.1. Ciencia, técnica y tecnología: conceptos y relaciones

La Ingeniería Civil, como disciplina aplicada, se nutre directamente del conocimiento científico, de los procedimientos técnicos y del uso de tecnologías emergentes para resolver problemas del entorno construido. En todo proceso de investigación, estos tres elementos se integran para garantizar rigurosidad, viabilidad y aplicabilidad de los resultados.

**Figura 1.** *Diagrama Venn: Ciencia, técnica y tecnología.*



*Nota: Elaboración propia*

### ***1.1.1 Ciencia***

La ciencia es el conjunto sistemático de conocimientos obtenidos mediante la observación, el razonamiento lógico y la experimentación. Tiene como propósito explicar fenómenos, establecer leyes y construir teorías que permitan comprender el mundo natural.

En Ingeniería Civil, la ciencia proporciona los fundamentos necesarios para comprender el comportamiento mecánico de los materiales, el flujo de fluidos y las interacciones entre el suelo y las estructuras. Su aplicación permite desarrollar marcos teóricos sólidos que sustentan el diseño, análisis o evaluación de infraestructuras.

**Ejemplo:** El estudio de la variación en la resistencia a compresión de un concreto adicionado con fibras recicladas se apoya en leyes de la física, la mecánica de materiales y principios de la resistencia de los compuestos heterogéneos.

### ***1.1.2 Técnica***

La técnica se refiere al conjunto de procedimientos, métodos y normas que permiten aplicar el conocimiento científico para resolver problemas concretos. En Ingeniería Civil, esto incluye desde protocolos de ensayo hasta métodos de diseño estructural o hidráulico.

Las técnicas no solo garantizan la reproducibilidad de los estudios, sino que aseguran el cumplimiento de estándares nacionales e internacionales en los procesos de investigación aplicada.

**Ejemplo:** La caracterización de un suelo mediante el método del cono de arena y el ensayo Proctor modificado se realiza siguiendo procedimientos técnicos establecidos por normas ASTM o NTP, lo cual garantiza la confiabilidad de los datos obtenidos.

### ***1.1.3 Tecnología***

La tecnología es el resultado práctico de la integración entre ciencia y técnica. Consiste en la utilización de herramientas, sistemas, materiales y procesos desarrollados para solucionar problemas específicos con mayor eficiencia y precisión.

En el ámbito investigativo de la Ingeniería Civil, la tecnología se refleja en el uso de softwares de simulación, instrumentación avanzada o materiales innovadores que permiten modelar, medir y analizar fenómenos complejos.

**Ejemplo:** El análisis del comportamiento hidráulico de un canal urbano mediante simulación en HEC-RAS permite predecir zonas de inundación y evaluar soluciones de mitigación, combinando modelado digital y datos topográficos.

### ***1.1.4 Integración en la investigación en Ingeniería Civil***

En cualquier investigación rigurosa dentro de la Ingeniería Civil, estos tres elementos deben actuar de manera integrada:

- La **ciencia** aporta el marco conceptual que orienta el planteamiento del problema y el análisis de resultados.
- La **técnica** determina el conjunto de procedimientos que se emplearán en la recolección de datos, experimentación o validación.
- La **tecnología** ofrece los recursos materiales y digitales necesarios para ejecutar con eficacia las distintas etapas del proyecto.

**Ejemplo:** Una investigación sobre la reutilización de residuos de demolición en mezclas de concreto requiere:

- ciencia, para comprender las propiedades físico-químicas de los agregados reciclados;
- técnica, para aplicar los ensayos de laboratorio según normativa;
- y tecnología, para procesar resultados con software estadístico o modelar el comportamiento del nuevo material en una estructura.

## 1.2 El conocimiento en Ingeniería Civil: naturaleza y objeto de estudio

La Ingeniería Civil produce conocimiento aplicado orientado a resolver problemas reales que afectan a la infraestructura y el hábitat humano. Este conocimiento integra fundamentos científicos, principios técnicos, criterios normativos y experiencia empírica, con el propósito de diseñar, construir, mantener o mejorar obras de uso público o privado.

### *1.2.1 Naturaleza del conocimiento en Ingeniería Civil*

El conocimiento en esta disciplina es de tipo empírico-experimental y tecnológico, ya que se basa en la observación de fenómenos físicos (como el comportamiento del concreto, del agua o del suelo), en el diseño y prueba de soluciones técnicas, y en la adaptación de tecnologías a contextos particulares.

Se trata de un conocimiento **aplicado**, ya que persigue objetivos prácticos y de utilidad social; pero también es **científico**, porque se genera siguiendo un método sistemático, sustentado en hipótesis, evidencia y razonamiento lógico.

**Ejemplo:** Investigar cómo influye el contenido de arcilla en la estabilidad de taludes en zonas rurales andinas permite desarrollar soluciones específicas basadas en el conocimiento del suelo, principios geotécnicos y análisis de campo.

### *1.2.2 Características del conocimiento en Ingeniería Civil*

Este conocimiento posee varias características distintivas:

- **Es multidisciplinario**, al integrar nociones de física, química, matemáticas, geología, hidráulica, economía, normativa legal, entre otros.
- **Es verificable**, porque requiere comprobación empírica mediante ensayos, cálculos o simulaciones.
- **Es transferible**, ya que puede aplicarse a otros proyectos similares o escalarse a nuevos contextos mediante adaptaciones técnicas.

- **Es contextual**, pues responde a condiciones específicas como clima, sismicidad, accesibilidad de materiales o normativa local.

**Ejemplo:** Analizar el desempeño térmico de bloques de adobe estabilizado con cal en zonas altoandinas implica validar conocimientos previos en condiciones geográficas y climáticas concretas.

### ***1.2.3 Objeto de estudio de la Ingeniería Civil***

El objeto de estudio de esta rama de la ingeniería incluye los sistemas constructivos, los materiales, las estructuras, los suelos, los cuerpos de agua, las vías y el entorno urbano y rural en el que se desarrollan dichas infraestructuras. Su foco principal es **resolver necesidades humanas** mediante obras funcionales, seguras, eficientes y sostenibles.

En la investigación, el objeto de estudio se traduce en un fenómeno técnico o constructivo que requiere análisis, comprensión o mejora.

**Ejemplo:** Estudiar el comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado en clima cálido-seco constituye un objeto de estudio claro, delimitado y con impacto potencial en la gestión vial.

### ***1.2.4 Finalidad del conocimiento ingenieril***

El conocimiento en Ingeniería Civil busca:

- Solucionar problemas estructurales, hidráulicos, geotécnicos, ambientales o urbanos;
- Optimizar procesos constructivos y diseño de obras;
- Prevenir riesgos e impactos mediante análisis y modelación;
- Innovar en materiales, técnicas o tecnologías;
- Aportar al desarrollo sostenible del entorno construido.

**Ejemplo:** Proponer un sistema de drenaje urbano sostenible (SUDS) en zonas con creciente impermeabilización del suelo aporta conocimiento útil tanto para la academia como para la gestión municipal.

## 1.3 Investigación científica: objetivos, principios y clasificación

La investigación científica es una actividad sistemática y metódica cuyo propósito es generar nuevos conocimientos, validar teorías o resolver problemas específicos. En Ingeniería Civil, se orienta al análisis de fenómenos constructivos, estructurales, geotécnicos, hidráulicos o urbanos, con el fin de desarrollar soluciones técnicas viables y sustentables.

### 1.3.1 *Objetivos de la investigación científica*

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la investigación busca comprender, explicar y predecir fenómenos, así como aplicar el conocimiento obtenido para mejorar procesos o prácticas. En el ámbito de la ingeniería, los objetivos de una investigación suelen ser:

- **Descriptivos:** caracterizar condiciones físicas, mecánicas o hidráulicas de un sistema o material.
- **Explicativos:** identificar causas de fallos, deterioros o comportamientos anómalos en obras civiles.
- **Predictivos:** proyectar el comportamiento futuro de estructuras, suelos o sistemas hídricos.
- **Aplicativos:** proponer mejoras técnicas, nuevos materiales, diseños o soluciones sostenibles.

**Ejemplo:** Analizar el comportamiento de una mezcla de concreto con adición de nanopartículas de sílice para mejorar su durabilidad frente a agentes agresivos es un objetivo explicativo-aplicado.

### 1.3.2 *Principios de la investigación científica*

La investigación científica en Ingeniería Civil debe guiarse por principios éticos y metodológicos que garanticen la calidad y legitimidad del conocimiento generado:

- **Objetividad:** las conclusiones deben basarse en datos verificables y análisis técnico, sin sesgos personales.

- **Racionalidad:** el proceso debe responder a una lógica estructurada, con una secuencia clara desde el planteamiento del problema hasta las conclusiones.
- **Sistematicidad:** toda investigación sigue una planificación organizada y coherente, sustentada en el método científico.
- **Empirismo controlado:** las pruebas o mediciones deben ser reproducibles, controladas y válidas dentro del contexto técnico (Popper, 1959).
- **Originalidad:** debe aportar algo nuevo, mejorar un proceso o adaptar una tecnología a un contexto específico.

**Ejemplo:** El ensayo comparativo de la capacidad portante de pilotes hincados vs. pilotes perforados exige condiciones controladas para validar resultados con objetividad.

### ***1.3.3 Clasificación de la investigación científica***

La investigación en Ingeniería Civil puede clasificarse desde distintas perspectivas, entre ellas: por su finalidad, por el tipo de datos utilizados y por su nivel de profundidad.

#### **a) Según su finalidad (Sierra Bravo, 1994):**

- **Investigación básica o pura:** busca ampliar el conocimiento sin un fin inmediato de aplicación.

*Ejemplo:* Estudio sobre la microestructura del concreto endurecido bajo distintos tipos de curado.

- **Investigación aplicada:** utiliza el conocimiento científico para resolver problemas técnicos reales.

*Ejemplo:* Evaluación del desempeño estructural de bloques ecológicos para viviendas de interés social.

- **Investigación tecnológica:** orientada al desarrollo o mejora de productos, técnicas o procesos constructivos.

*Ejemplo:* Desarrollo de un mortero autonivelante con aditivos reciclados de yeso.

b) Según el tipo de datos:

- **Investigación cuantitativa:** analiza variables numéricas y busca relaciones estadísticas.

*Ejemplo:* Correlación entre la densidad seca de un suelo y su capacidad de carga.

- **Investigación cualitativa:** estudia fenómenos desde una perspectiva descriptiva, contextual y no numérica.

*Ejemplo:* Análisis de percepción de los usuarios sobre el confort térmico en edificaciones de adobe.

- **Investigación mixta:** combina métodos cuantitativos y cualitativos.

*Ejemplo:* Evaluación técnica y social de la implementación de pavimentos permeables en barrios urbanos.

c) Según su profundidad (Sampieri et al., 2014):

- **Exploratoria:** busca familiarizarse con un fenómeno poco estudiado.
- **Descriptiva:** detalla características o comportamientos sin establecer relaciones causales.
- **Correlacional:** analiza relaciones estadísticas entre dos o más variables.
- **Explicativa:** establece causas y efectos mediante contrastes de hipótesis.

#### ***1.3.4 Importancia en Ingeniería Civil***

La investigación científica permite tomar decisiones técnicas con base en evidencia, lo cual es esencial en una disciplina donde la seguridad, eficiencia y sostenibilidad son prioritarias. A través de la investigación, se desarrollan normas, innovaciones y buenas prácticas que impactan directamente en la calidad de vida y en el desarrollo de infraestructura.

**Ejemplo:** La validación experimental de sistemas de drenaje urbano sostenible permite fundamentar propuestas técnicas viables para gestionar aguas pluviales en zonas urbanas densamente pobladas.

## **1.4 Tipos de investigación: básica, aplicada, experimental, tecnológica**

La clasificación de los tipos de investigación permite comprender el propósito y la orientación del estudio, especialmente en disciplinas prácticas como la Ingeniería Civil. Cada tipo responde a una finalidad diferente dentro del proceso de generación de conocimiento y resolución de problemas técnicos.

Sierra Bravo (1994) y Hernández, Fernández y Baptista (2014) distinguen entre investigación **básica, aplicada, experimental y tecnológica**, siendo estas categorías particularmente útiles para delimitar los alcances de una investigación en el ámbito ingenieril.

### ***1.4.1 Investigación básica***

La investigación básica, también conocida como pura o fundamental, se orienta a generar conocimientos nuevos sobre principios, leyes o fenómenos sin buscar una aplicación inmediata. Es esencial para establecer bases teóricas que sustentan los desarrollos posteriores.

**Ejemplo:** Estudio del comportamiento microestructural de la pasta de cemento hidratada con diferentes relaciones agua/cemento, utilizando microscopía electrónica de barrido.

Aunque sus resultados no se apliquen directamente en obras civiles, esta investigación contribuye al entendimiento de propiedades clave de los materiales.

### ***1.4.2 Investigación aplicada***

La investigación aplicada toma como base los conocimientos de la investigación básica y los orienta a resolver necesidades concretas. En Ingeniería Civil, esto puede traducirse en nuevas soluciones constructivas, diseño de elementos estructurales más eficientes, o adaptación de tecnologías a entornos específicos.

**Ejemplo:** Evaluación del desempeño mecánico de bloques de tierra comprimida estabilizados con cal para viviendas en zonas sísmicas.

Este tipo de investigación tiene una utilidad directa y generalmente responde a demandas sociales, técnicas o ambientales del entorno.

### ***1.4.3 Investigación experimental***

Es un subtipo de investigación aplicada en la cual se manipulan deliberadamente variables independientes para observar su efecto sobre variables dependientes, bajo condiciones controladas. Es uno de los enfoques más utilizados en Ingeniería Civil debido a la posibilidad de realizar ensayos en laboratorio o prototipos.

**Ejemplo:** Determinación del efecto del porcentaje de ceniza volante en la resistencia a compresión del concreto a 28 días, siguiendo el estándar ASTM C39/C39M.

Este tipo de estudios requiere planificación rigurosa, control de condiciones experimentales y validez estadística para generalizar resultados.

### ***1.4.4 Investigación tecnológica***

La investigación tecnológica se enfoca en el desarrollo, mejora o adaptación de productos, procesos, herramientas o sistemas con fines prácticos. Va más allá de la comprensión del fenómeno, al proponer una innovación utilizable por el sector profesional, industrial o gubernamental.

**Ejemplo:** Diseño e implementación de un prototipo de sistema de captación de agua de lluvia en zonas rurales altoandinas con materiales de bajo costo y mantenimiento mínimo.

Es un tipo de investigación clave en la Ingeniería Civil, donde la creación de soluciones técnicas útiles forma parte del ejercicio profesional.

## 1.5 Enfoques metodológicos: cuantitativo, cualitativo, mixto

Los enfoques metodológicos definen la lógica general de una investigación y determinan cómo se recopilan, analizan e interpretan los datos. En Ingeniería Civil, la elección del enfoque está estrechamente relacionada con la naturaleza del problema planteado, el tipo de variables involucradas y los objetivos del estudio.

Según Creswell y Plano Clark (2018), existen tres enfoques metodológicos principales: cuantitativo, cualitativo y mixto. Cada uno posee características propias y aplicaciones diferenciadas en el desarrollo de investigaciones técnicas.

### 1.5.1 Enfoque cuantitativo

El enfoque cuantitativo se fundamenta en la medición numérica de variables y en el análisis estadístico para establecer relaciones, probar hipótesis o predecir comportamientos. Utiliza instrumentos estandarizados como ensayos de laboratorio, sensores, cuestionarios estructurados o softwares de simulación.

Es el enfoque predominante en estudios de Ingeniería Civil por su capacidad de generar resultados objetivos, replicables y generalizables (Hernández et al., 2014).

**Ejemplo:** Determinar estadísticamente la variación de la resistencia a compresión del concreto al incorporar diferentes porcentajes de fibras de acero, con base en 30 muestras ensayadas conforme a ASTM C39.

Este enfoque permite controlar variables, establecer comparaciones y validar modelos matemáticos o físicos.

### 1.5.2 Enfoque cualitativo

El enfoque cualitativo se centra en la comprensión profunda de fenómenos sociales, culturales, organizacionales o contextuales. No busca medir ni generalizar, sino explorar significados, percepciones o procesos a través de técnicas como entrevistas, análisis documental, observación participativa o estudios de caso.

Aunque es menos común en Ingeniería Civil, puede ser útil en investigaciones vinculadas a gestión de proyectos, percepción social de infraestructuras, participación comunitaria o conflictos en obras públicas (Taylor, Bogdan & DeVault, 2016).

**Ejemplo:** Estudiar la percepción de pobladores rurales sobre la implementación de módulos sanitarios ecológicos y las barreras culturales para su uso continuo.

Este enfoque permite generar propuestas sensibles al contexto y con mayor viabilidad social.

### ***1.5.3 Enfoque mixto***

El enfoque mixto combina elementos de los enfoques cuantitativo y cualitativo en un mismo estudio. Se utiliza cuando se requiere analizar un fenómeno desde múltiples dimensiones: técnica, social, ambiental o económica. La combinación puede ser secuencial o concurrente, dependiendo de la estrategia de diseño (Creswell & Plano Clark, 2018).

**Ejemplo:** Evaluar el desempeño estructural de viviendas con técnicas tradicionales mediante pruebas de carga (cuantitativo) y analizar la percepción de los constructores locales sobre la seguridad y resistencia de estas viviendas (cualitativo).

Este enfoque es cada vez más relevante en estudios de sostenibilidad, resiliencia urbana, gestión participativa de proyectos y análisis de riesgo.

## **1.6 Ética científica y responsabilidad profesional en la ingeniería**

La ética científica guía la conducta en la producción de conocimiento, asegurando que este sea honesto, riguroso y útil para la sociedad. En disciplinas aplicadas, donde las decisiones impactan directamente en la vida de las personas y el entorno, la ética se vincula estrechamente con la responsabilidad profesional.

Resnik (2020) define la ética en la ciencia como el conjunto de principios que regulan la investigación responsable, entre ellos la integridad, la objetivi-

dad, la transparencia, el respeto por los participantes, y la rendición de cuentas. A ello se suma la responsabilidad de aplicar ese conocimiento de manera segura, eficiente y justa.

### ***1.6.1 Principios fundamentales de la ética científica***

Toda investigación debe orientarse por principios éticos fundamentales:

- **Veracidad:** Reportar datos y hallazgos tal como se obtienen, sin manipulación.
- **Integridad:** Mantener coherencia entre los fines del estudio, los métodos y la forma de presentar los resultados.
- **Reconocimiento:** Citar adecuadamente las fuentes utilizadas y reconocer la participación de colaboradores.
- **Responsabilidad social:** Asegurar que el conocimiento generado contribuya a resolver necesidades reales y no cause perjuicio.

**Ejemplo:** Si se desarrolla un nuevo aditivo para concreto con residuos agroindustriales, debe verificarse que no implique riesgos tóxicos a futuro, ni falsificar resultados para demostrar propiedades que no posee.

### ***1.6.2 Conducta ética en la práctica profesional***

La ética profesional va más allá de evitar el error técnico; implica actuar con compromiso hacia el bien común. Según el ASCE Code of Ethics (2020), los profesionales deben priorizar la seguridad pública, actuar con imparcialidad, declarar conflictos de interés y mantener confidencialidad cuando sea necesario.

Se espera que cada decisión técnica esté respaldada por criterios objetivos, sin presiones externas ni intereses personales que comprometan la calidad de una obra o el proceso de toma de decisiones.

**Ejemplo:** Ante una licitación para una estructura de contención, se debe recomendar el diseño más seguro y viable, no el más económico si este compromete la estabilidad.

### ***1.6.3 Buenas prácticas en investigación aplicada***

En estudios experimentales, es esencial garantizar que los datos obtenidos sean auténticos, que los procedimientos sigan protocolos normativos, y que no se oculten fallos ni se desechen arbitrariamente resultados que contradigan la hipótesis inicial.

También se espera un uso racional de los recursos y una justificación técnica para cada actividad planteada, en especial cuando el trabajo es financiado por entidades públicas o académicas.

**Ejemplo:** Evaluar la resistencia de una mezcla asfáltica con aditivos naturales requiere aplicar normas como la ASTM D6927, y reportar tanto los valores esperados como los atípicos, si los hubiera.

### ***1.6.4 Formación ética desde la etapa de formación***

La ética no se improvisa en el ejercicio profesional; debe integrarse desde la formación inicial. Martin y Schinzinger (2005) señalan que los dilemas éticos en las ingenierías deben abordarse desde la educación, a través del análisis de casos reales, simulaciones de toma de decisiones y el estudio de códigos de conducta.

Además, toda institución que promueve investigación debe contar con un comité de ética o una instancia evaluadora que supervise la pertinencia y legitimidad de los proyectos presentados.

### ***1.6.5 Implicancias éticas en la divulgación del conocimiento***

La publicación de resultados exige también una conducta ética. Esto incluye:

- Evitar el plagio o la autoría ficticia.
- No enviar el mismo artículo a múltiples revistas sin declarar.
- Declarar conflictos de interés.
- Aceptar y responder con evidencia las observaciones de revisores.

La transparencia en los resultados, incluso si no confirman la hipótesis planteada, es parte del compromiso con la verdad científica.

## II. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA Y SELECCIÓN DEL TEMA

### 2.1 Criterios para elegir un tema relevante y viable

Elegir adecuadamente un tema de investigación es el primer paso para desarrollar un estudio significativo, pertinente y ejecutable. Esta elección debe responder a una combinación equilibrada entre interés personal, relevancia técnica y factibilidad operativa.

#### *2.1.1 Relevancia técnica y científica*

El tema debe abordar una necesidad, deficiencia o interrogante que tenga implicancias concretas. La relevancia se puede expresar a través de su impacto en la seguridad, eficiencia, sostenibilidad, normatividad o innovación.

**Ejemplo:** Proponer un diseño estructural sismorresistente alternativo para edificaciones escolares de adobe en zonas rurales expuestas a eventos sísmicos frecuentes.

#### *2.1.2 Contextualización del entorno*

El tema debe responder a las condiciones específicas del entorno físico, social, normativo o constructivo donde se desarrollará. Esto permite evitar generalizaciones inadecuadas y aportar soluciones aplicables.

**Ejemplo:** Analizar el comportamiento hidráulico de canales sin revestir en zonas altoandinas con fuertes pendientes y su relación con la erosión de taludes laterales.

#### *2.1.3 Viabilidad técnica y metodológica*

La viabilidad implica que el tema pueda ser desarrollado con los recursos disponibles, dentro del tiempo previsto y con un diseño metodológico factible.

Esto incluye el acceso a datos, materiales, equipos, software, normas técnicas y asesoría especializada.

**Ejemplo:** Estudiar el desempeño térmico de bloques elaborados con residuos agroindustriales locales, si se cuenta con laboratorio y materiales accesibles.

#### ***2.1.4 Contribución al conocimiento aplicado***

Un tema es viable si puede generar conocimiento útil, replicable o transferible. No se requiere una innovación absoluta, sino una mejora, adaptación, validación o comparación que represente un aporte.

**Ejemplo:** Comparar dos métodos de estabilización de suelos con aditivos naturales para vías vecinales, validando su resistencia mecánica en condiciones húmedas.

#### ***2.1.5 Afinidad personal y disponibilidad de tiempo***

Aunque menos técnico, el interés personal y la motivación por el tema son factores clave para la constancia en el desarrollo. También es importante considerar la duración del estudio y su compatibilidad con las obligaciones académicas o laborales.

**Ejemplo:** Un estudiante que trabaja en gestión de agua potable podría desarrollar un tema sobre eficiencia en redes de distribución usando datos reales.

## **2.2 Detección de problemas en campo, laboratorio, normativa y modelación**

La identificación de un problema de investigación parte del reconocimiento de una situación real que requiere explicación, solución o mejora. En disciplinas técnicas, esta detección puede surgir desde diversos frentes: la observación directa en obra, resultados de ensayos, limitaciones normativas o inconsistencias en modelos predictivos.

### ***2.2.1 Problemas en campo***

Los problemas detectados en el entorno físico o constructivo suelen estar vinculados al desempeño estructural, hidráulico, geotécnico o funcional de obras civiles. Estos pueden evidenciarse mediante inspecciones, monitoreo, informes técnicos o experiencia profesional.

**Ejemplo:** Fallas prematuras en el pavimento de una vía afirmada pese a cumplir con el espesor proyectado, lo que indica posibles deficiencias en la compactación o estabilización del suelo.

### ***2.2.2 Problemas en laboratorio***

En estudios experimentales, los problemas surgen cuando los resultados no se ajustan a los estándares esperados o revelan limitaciones en los materiales, procesos o protocolos. Esto permite identificar variables no controladas, nuevos factores influyentes o posibles innovaciones.

**Ejemplo:** Un concreto con adición de ceniza vegetal presenta buena resistencia a compresión pero baja durabilidad frente a ciclos de humedad-sequedad, lo que sugiere investigar su comportamiento a largo plazo.

### ***2.2.3 Problemas normativos***

Las normas técnicas pueden presentar vacíos, restricciones o criterios genéricos que no se adaptan a realidades locales. Detectar estas limitaciones permite plantear estudios que validen o propongan modificaciones.

**Ejemplo:** La norma de diseño sísmico no contempla edificaciones de adobe reforzado con geomallas, pese a su creciente aplicación en zonas rurales. Se puede plantear un estudio para validar su comportamiento estructural.

### ***2.2.4 Problemas en modelación y simulación***

Los modelos computacionales pueden evidenciar discrepancias entre los resultados teóricos y los datos empíricos. Estos problemas no solo indican errores, sino también oportunidades para mejorar el modelo o ajustar supuestos.

**Ejemplo:** Un modelo hidráulico de flujo en canales con geometría irregular sobrestima los caudales máximos observados en campo, lo que evidencia la necesidad de ajustar coeficientes de rugosidad o geometría del cauce.

Detectar correctamente un problema permite definir una ruta metodológica clara, pertinente y con posibilidad de aporte. Esta etapa requiere actitud crítica, observación rigurosa y diálogo entre teoría y práctica.

## 2.3 Formulación del problema general y específicos

Una investigación científica parte de un problema claro y bien delimitado. La formulación precisa del problema permite guiar la lógica de la investigación y determinar qué se quiere comprender, explicar o resolver. En proyectos de Ingeniería Civil, este problema debe estar alineado con necesidades técnicas, deficiencias detectadas o brechas de conocimiento aplicable.

### 2.3.1 Características del problema de investigación

Un problema de investigación debe cumplir con las siguientes características:

- **Claridad:** Se expresa en lenguaje técnico, sin ambigüedades ni vaguedades.
- **Delimitación:** Está definido en tiempo, espacio, técnica y población/material específico.
- **Relevancia:** Tiene implicancias concretas para el entorno o la disciplina.
- **Investigabilidad:** Puede ser abordado con metodología científica, recursos disponibles y evidencias verificables.

### 2.3.2 El problema general

Es la pregunta central que expresa la situación que se desea investigar. Normalmente se formula en forma interrogativa, abarcando la relación entre variables o componentes clave del estudio.

**Ejemplo:** ¿Cómo influye la adición de fibras de polipropileno en la resistencia a tracción de concretos reciclados utilizados en pavimentos urbanos?

Este tipo de redacción permite proyectar la dirección de los objetivos, la hipótesis (si aplica), las variables y la metodología.

### ***2.3.3 Problemas específicos***

Son derivaciones del problema general. Desglosan sus aspectos principales y orientan la investigación hacia tareas más concretas, usualmente alineadas con los objetivos específicos.

#### **Ejemplos:**

- ¿Cuál es el porcentaje óptimo de adición de fibras de polipropileno que mejora la resistencia a tracción del concreto reciclado?
- ¿Qué impacto tiene la incorporación de fibras en la trabajabilidad y asentamiento del concreto?
- ¿Cómo varía la resistencia a tracción del concreto reciclado con y sin fibras tras 28 días de curado?

Estos problemas guían la obtención de datos, la validación de resultados y la organización del análisis técnico.

### ***2.3.4 Redacción recomendada***

Evita enunciados subjetivos, opiniones o juicios de valor. La redacción debe centrarse en fenómenos observables y medibles. Se recomienda empezar con interrogantes como:

**¿Qué...?, ¿Cómo...?, ¿Cuánto...?, ¿Cuál es el efecto de...?**

## **2.4 Delimitación espacial, temporal, técnica y conceptual**

Delimitar una investigación significa establecer con precisión sus alcances y límites. Esta etapa previene ambigüedades, enfoca el estudio en un entorno definido y mejora la claridad metodológica. Una investigación delimitada es más viable, eficiente y rigurosa.

### ***2.4.1 Delimitación espacial***

Especifica el lugar o ámbito geográfico donde se desarrolla el estudio. Puede tratarse de una localidad, región, zona urbana o rural, o incluso una obra específica. Esta delimitación es clave para contextualizar los datos y definir las condiciones del entorno.

**Ejemplo:** La evaluación se realiza en la urbanización San Cristóbal, distrito de Andrés Avelino Cáceres, provincia de Huamanga, donde se ejecutó una red de pavimentación con concreto rígido durante el 2023.

### ***2.4.2 Delimitación temporal***

Define el periodo de tiempo que abarca la investigación. Puede referirse al ciclo constructivo, el tiempo de recolección de datos, el análisis de un periodo histórico o la duración del experimento.

**Ejemplo:** El estudio comprende el análisis del comportamiento mecánico del concreto durante los 28 días posteriores a su fabricación.

### ***2.4.3 Delimitación técnica***

Precisa el enfoque, método, variables o materiales que serán objeto del estudio. Esto permite acotar el campo de análisis y evitar generalizaciones innecesarias.

**Ejemplo:** Se analizará únicamente la resistencia a tracción indirecta de cilindros de concreto de 150 mm × 300 mm, elaborados con agregados reciclados y aditivos plastificantes.

### ***2.4.4 Delimitación conceptual***

Abarca los conceptos, definiciones y teorías que se adoptarán para el análisis. Se elige una perspectiva específica (teórica, normativa o técnica) para interpretar los fenómenos del estudio.

**Ejemplo:** Se entenderá por durabilidad del concreto a su capacidad para resistir agentes agresivos del medio, según lo establecido por la norma ACI 201.2R-16.

Una buena delimitación garantiza que la investigación sea pertinente, controlada y técnicamente defendible. Además, permite una mejor lectura de sus resultados y su aplicabilidad práctica.

## 2.5 Estructuración progresiva del título de investigación

El título es la primera representación formal del estudio y debe reflejar su contenido esencial de forma clara, precisa y técnica. En investigaciones aplicadas, la construcción del título se realiza de forma progresiva a medida que se define el problema, los objetivos, las variables y la metodología.

### 2.5.1 Requisitos de un buen título

Un título técnico debe cumplir con las siguientes características:

- **Claridad:** Debe ser comprensible y evitar ambigüedades.
- **Precisión:** Debe describir el objeto de estudio, el enfoque y los elementos principales.
- **Delimitación:** Debe sugerir el espacio, material, fenómeno o componente evaluado.
- **Coherencia:** Debe relacionarse directamente con el problema, los objetivos y la metodología.

### 2.5.2 Componentes comunes en los títulos técnicos

En Ingeniería Civil, los títulos suelen incluir:

- La **acción o propósito** del estudio (evaluación, análisis, influencia, determinación, comparación, etc.).
- El **material, fenómeno o sistema** estudiado.
- La **variable técnica** analizada (resistencia, durabilidad, capacidad portante, infiltración, etc.).
- El **elemento estructural o aplicación** (pavimentos, columnas, concreto, canales, suelos, etc.).
- El **ámbito de aplicación o localización** (opcional, si agrega valor contextual).

### 2.5.3 Ejemplo de estructuración progresiva

**a) Título genérico:**

- “Análisis de concreto con aditivos”

**b) Título con precisión técnica:**

- “Análisis de la resistencia a compresión de concretos con adición de ceniza de cáscara de haba”

**c) Título completo y delimitado:**

- “Análisis de la resistencia a compresión del concreto con adición de ceniza de cáscara de haba en elementos estructurales para viviendas sociales en Ayacucho”

Este último ejemplo delimita el tipo de resistencia, el aditivo, el uso estructural y el contexto local.

### 2.5.4 Errores comunes a evitar

- Títulos demasiado extensos o generalistas.
- Uso de términos vagos como “importancia”, “impacto”, “consecuencias” sin precisión técnica.
- Mezclar objetivos, hipótesis o resultados en el título.
- Incluir juicios de valor.

La construcción del título debe revisarse constantemente a medida que se avanza en la investigación. Un buen título no solo orienta al lector, también delimita el enfoque técnico del investigador.

## 2.6 Unidad de análisis y análisis preliminar de factibilidad

La unidad de análisis y la factibilidad son elementos clave para asegurar la viabilidad técnica, operativa y científica de un proyecto. Permiten definir *qué* se va a estudiar exactamente, y *si es posible* llevarlo a cabo con los recursos y condiciones disponibles.

### 2.6.1 Unidad de análisis

La unidad de análisis es el objeto concreto que se estudia, mide, ensaya u observa. Puede tratarse de un elemento físico (como una viga, una mezcla de concreto, una muestra de suelo), un proceso (como el flujo en un canal) o una estructura más compleja.

Tipos comunes en Ingeniería Civil:

- **Muestras físicas:** Probetas de concreto, bloques, ladrillos, suelos, etc.
- **Componentes estructurales:** Columnas, losas, muros, vigas.
- **Sistemas constructivos o hidráulicos:** Redes de alcantarillado, sistemas de drenaje, estructuras de contención.
- **Modelos computacionales o simulados:** Elementos modelados en software (ETABS, HEC-RAS, SAP2000, etc.).

**Ejemplo:** En un estudio sobre el refuerzo con fibras de acero, la unidad de análisis podría ser *cilindros de concreto  $f'c=210 \text{ kg/cm}^2$  con diferentes porcentajes de fibra.*

### 2.6.2 Análisis preliminar de factibilidad

Antes de iniciar una investigación, es indispensable evaluar si esta es factible desde cuatro dimensiones:

#### a) Factibilidad técnica

¿Se cuenta con los materiales, equipos, software o herramientas necesarias?

*Ejemplo:* ¿Está disponible el equipo para el ensayo de resistencia a flexión en el laboratorio de estructuras?

#### b) Factibilidad operativa

¿Existen condiciones logísticas y organizativas para ejecutar el estudio? Esto incluye permisos, accesibilidad, tiempos y cronograma.

*Ejemplo:* ¿Es posible recolectar las muestras de suelos in situ durante la temporada seca?

**c) Factibilidad económica**

¿Se dispone del presupuesto para insumos, transporte, uso de laboratorio, software, impresión, etc.?

*Ejemplo:* ¿El costo del aditivo químico a evaluar es asumible dentro del financiamiento asignado?

**d) Factibilidad ética y normativa**

¿El estudio cumple con normativas, códigos técnicos y principios éticos?

*Ejemplo:* ¿La prueba destruye un componente de una obra pública en funcionamiento? ¿Está permitido?

**2.6.3 Importancia de esta etapa**

La claridad en la unidad de análisis y la factibilidad evita improvisaciones, pérdidas de recursos y problemas metodológicos. Además, es un criterio evaluado al momento de la aprobación de planes o proyectos de titulación.

### III. REVISIÓN DE LITERATURA Y CONSTRUCCIÓN DEL MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Importancia de la revisión crítica de literatura técnica y científica

La revisión de literatura es el punto de partida para fundamentar técnicamente una investigación. Permite identificar el estado del conocimiento, evitar duplicaciones y definir con claridad los aportes del estudio. No se trata solo de recopilar información, sino de **analizar críticamente** lo existente para argumentar con base científica.

Según Hart (1998), una revisión adecuada “es una descripción coherente y crítica de las publicaciones más relevantes para el tema de investigación”. En ingeniería, esto incluye normas técnicas, manuales de diseño, investigaciones previas, tesis de grado, artículos científicos, reportes técnicos y publicaciones institucionales.

**Ejemplo:** En un estudio sobre la capacidad de infiltración de pavimentos permeables, la revisión de literatura permitiría conocer los rangos esperados, métodos de prueba y materiales ya evaluados en otros contextos.

Una revisión bien realizada contribuye a:

- Construir el marco teórico y normativo del estudio.
- Sustentar la elección de variables, métodos y materiales.
- Identificar vacíos o contradicciones en la literatura.
- Delimitar adecuadamente el enfoque del proyecto.

#### 3.2 Búsqueda avanzada en bases de datos: Scopus, Web of Science, SciELO, Google Scholar

La búsqueda bibliográfica avanzada es una etapa clave en toda investigación. En el campo ingenieril, es necesario acceder a fuentes confiables y actualizadas que incluyan artículos científicos, normas técnicas, tesis, informes de congresos y patentes.

### 3.2.1 Bases de datos recomendadas

- **Scopus y Web of Science (WoS):** Bases de datos multidisciplinarias con amplio reconocimiento académico. Permiten búsquedas refinadas por autor, institución, palabras clave, año, tipo de documento, etc. Ideales para identificar investigaciones recientes y altamente citadas en ingeniería.
- **SciELO:** Base de datos con acceso abierto a revistas científicas de América Latina y el Caribe. Es útil para obtener estudios en español o contextualizados a la región.
- **Google Scholar:** Motor de búsqueda de literatura académica, con amplia cobertura. Aunque es menos preciso, permite acceder a múltiples fuentes, incluidas tesis, presentaciones y artículos de congresos.

### 3.2.2 Estrategias de búsqueda

- Usar **operadores booleanos:** AND, OR, NOT para combinar términos.  
Ejemplo: *concrete AND “fly ash” AND (resistance OR strength)*
- Aplicar **filtros por año**, idioma, tipo de publicación, área temática.  
Utilizar **palabras clave técnicas** y sus sinónimos: “shear strength”, “resistance to compression”, “stabilized soil”, etc.

### 3.2.3 Criterios de selección de fuentes

- Relevancia temática.
- Actualidad (últimos 5 a 10 años, salvo documentos normativos).
- Rigor metodológico y evidencia empírica.
- Pertinencia geográfica (si aplica).
- Nivel de citación (en Scopus o WoS).

**Ejemplo:** Para una investigación sobre el uso de residuos de construcción como agregados reciclados, sería ideal revisar artículos de Scopus publicados entre 2015 y 2025 que comparen propiedades mecánicas con agregados tradicionales.

Una búsqueda bibliográfica efectiva garantiza una base sólida y justificada para la formulación del problema, el marco teórico y la selección metodológica.

### **3.3 Organización de antecedentes: fichas, matrices y síntesis comparativa**

Una vez recopiladas las fuentes relevantes, es fundamental organizarlas de forma sistemática para facilitar el análisis crítico y su posterior uso en el desarrollo del marco teórico. La gestión adecuada de la información mejora la claridad conceptual, evita repeticiones y permite identificar con precisión los aportes de cada autor.

#### ***3.3.1 Fichas bibliográficas***

Las fichas son resúmenes estructurados de cada fuente consultada. Contienen datos como: autor, título, año, tipo de estudio, objetivo, metodología, hallazgos principales y observaciones.

##### **Ejemplo de ficha técnica:**

- **Autor:** Silva et al. (2020)
- **Tema:** Uso de puzolanas naturales en concreto
- **Metodología:** Ensayo de compresión en probetas de 7, 14 y 28 días
- **Conclusión:** La ceniza volcánica mostró mejoras en la durabilidad
- **Observación:** No incluye análisis de costos

#### ***3.3.2 Matrices comparativas***

Una matriz comparativa permite contrastar diversos antecedentes según criterios comunes: autores, variables, métodos, conclusiones y limitaciones. Es muy útil para visualizar tendencias, vacíos de conocimiento o enfoques divergentes.

**Tabla 1. Ejemplo (fragmento de matriz):**

| <b>Autor</b> | <b>Variable principal</b>     | <b>Método</b>      | <b>Resultado clave</b>                        | <b>Vacíos observados</b>                |
|--------------|-------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| López (2021) | Resistencia del concreto      | Ensayo mecánico    | Mejora del 15% con ceniza de cáscara de arroz | No analiza comportamiento a largo plazo |
| Pérez (2019) | Durabilidad del suelo-cemento | Pruebas de erosión | Aumento del 10% en resistencia superficial    | No incluye simulación hidráulica        |

*Nota.* Elaboración Propia

### 3.3.3 Síntesis comparativa

A partir de las fichas y matrices, se elabora una síntesis narrativa, donde se analizan los aportes más relevantes, se contrastan enfoques y se identifican tendencias, consensos o vacíos técnicos. Esta síntesis debe ser crítica, no solo descriptiva.

**Ejemplo:** “Diversos autores coinciden en que la incorporación de residuos orgánicos como adición al cemento mejora la resistencia a compresión (López, 2021; Silva, 2020). Sin embargo, persisten vacíos respecto a su comportamiento en ambientes agresivos o su compatibilidad con aditivos comerciales”.

Esta etapa permite construir el marco teórico con sustento y coherencia técnica, al integrar y contrastar el conocimiento existente.

## 3.4 Identificación de vacíos científicos, normativos o técnicos

Detectar vacíos en la literatura es una de las funciones clave de la revisión teórica. Estos vacíos justifican la realización del estudio, ya que evidencian aspectos que no han sido suficientemente abordados o cuya información es limitada, contradictoria o desactualizada.

### 3.4.1 Tipos de vacíos frecuentes

- **Vacíos científicos:** cuando no existen investigaciones previas sobre una tecnología, material, método o fenómeno específico.

*Ejemplo:* No se han evaluado los efectos de aditivos naturales en la estabilización de suelos arcillosos con fines viales en zonas andinas.

- **Vacíos técnicos:** cuando existe información teórica pero no se han realizado validaciones prácticas, ensayos de campo o simulaciones que respalden su implementación.

*Ejemplo:* Existen estudios sobre el modelamiento de flujos en canales trapezoidales, pero pocos han aplicado modelos CFD en cauces erosionables de alta pendiente.

- **Vacíos normativos:** cuando la normativa vigente no considera determinadas condiciones locales, materiales innovadores o metodologías emergentes.

*Ejemplo:* Las normas nacionales no contemplan aún la incorporación de fibras recicladas en elementos prefabricados, pese a su uso creciente en el extranjero.

### 3.4.2 Estrategia para identificarlos

- Contrastar diversos enfoques y resultados en la literatura.
- Evaluar la actualidad de las publicaciones revisadas.
- Analizar si los estudios previos abordan contextos o materiales locales.
- Revisar si las normativas técnicas se ajustan a las prácticas más recientes.

Detectar y fundamentar un vacío permite delimitar con claridad el aporte del proyecto y fortalecer su justificación académica y técnica. Este análisis crítico debe plasmarse en la introducción y el marco teórico, conectando antecedentes con el planteamiento del problema.

## 3.5 Construcción del marco teórico y sustento normativo

El marco teórico constituye el eje conceptual del proyecto, ya que integra y fundamenta científicamente el fenómeno que se desea investigar. En estudios de ingeniería, no solo debe incluir teorías y modelos, sino también normas técnicas vigentes que regulan el diseño, ejecución y evaluación de obras o materiales.

### ***3.5.1 Componentes del marco teórico***

#### **1. Conceptos clave y definiciones operativas**

Se presentan los términos centrales del estudio con base en autores reconocidos y documentos técnicos. Es crucial adaptar estas definiciones al enfoque y alcance del proyecto.

*Ejemplo:* El módulo de elasticidad del concreto es una propiedad mecánica que relaciona la tensión con la deformación unitaria, y su valor puede estimarse con base en la resistencia a compresión, según el ACI 318-19.

#### **2. Modelos o teorías relevantes**

Se explican principios teóricos que permiten comprender el comportamiento del fenómeno bajo estudio. Puede incluir mecánica de materiales, hidráulica, transporte de calor, teoría del flujo, entre otros.

*Ejemplo:* Para modelar la infiltración del agua en suelos, se aplica la ecuación de Richard (1931), la cual describe el flujo no saturado a través de un medio poroso.

#### **3. Resultados previos en investigaciones similares**

Se incorporan hallazgos de estudios recientes que aborden variables, métodos o contextos similares. Esto permite construir un marco referencial coherente.

### ***3.5.2 Inclusión del sustento normativo***

La incorporación de normas técnicas nacionales o internacionales garantiza la validez y aplicabilidad de los criterios adoptados.

- **Normas peruanas (NTP):** emitidas por INACAL, son obligatorias para proyectos de ingeniería en Perú.

- **Normas internacionales:** ACI, ASTM, AASHTO, ISO, entre otras, se utilizan como referencia técnica.

*Ejemplo:* La norma ASTM C618 establece los requisitos químicos y físicos de las puzolanas para uso en concreto, lo cual resulta fundamental en estudios que buscan sustituir parte del cemento con cenizas de origen vegetal.

### ***3.5.3 Estructura del marco teórico***

Aunque no existe un formato rígido, es recomendable organizar el contenido de manera progresiva:

- Fundamentos generales del fenómeno.
- Teorías o principios aplicables.
- Estudios previos seleccionados.
- Marco normativo relacionado.
- Articulación crítica del estado del conocimiento.

Este capítulo debe cerrar identificando las limitaciones del conocimiento actual y estableciendo la necesidad del estudio, lo cual se conectará directamente con el planteamiento del problema.

## **3.6 Elaboración del marco conceptual y definiciones operativas**

El marco conceptual complementa el marco teórico al delimitar con precisión los conceptos clave que serán utilizados en la investigación. En la ingeniería, su desarrollo es esencial para evitar ambigüedades y asegurar una medición técnica válida de las variables involucradas.

### ***3.6.1 Propósito del marco conceptual***

- Clarificar el significado específico de cada término o variable en el contexto del estudio.
- Evitar interpretaciones erróneas o excesivamente generales.
- Establecer una base para la construcción de instrumentos de medición o ensayo.

### ***3.6.2 Definiciones operativas***

Una definición operativa describe **cómo se medirá o evaluará un concepto o variable** en el estudio. No basta con una definición de diccionario o enciclopédica; debe traducirse en un procedimiento concreto y observable.

### **Ejemplo 1:**

- **Concepto:** Asentamiento del concreto

• **Definición operativa:** Se medirá en centímetros utilizando el Cono de Abrams conforme a la norma ASTM C143, registrando la diferencia entre la altura original del cono y la altura del concreto tras su asentamiento.

### **Ejemplo 2:**

- **Concepto:** Capacidad portante del suelo

• **Definición operativa:** Se determinará mediante ensayos de penetración estándar (SPT), siguiendo la norma NTP 339.133, y será expresada en kg/cm<sup>2</sup>.

### **3.6.3 Representaciones gráficas del marco conceptual**

Es recomendable representar las variables y sus relaciones mediante esquemas, diagramas o mapas conceptuales. Esto ayuda a visualizar con claridad:

- La variable independiente
- La variable dependiente
- Las dimensiones o indicadores
- Factores intervinientes

### **Ejemplo (relación gráfica):**

*Incorporación de ceniza de cáscara de haba (VI) → Resistencia a compresión del concreto (VD)*

Dimensiones: Dosificación, granulometría, calcinación → Medida: Ensayo ASTM C39 a los 7, 14 y 28 días

### **3.6.4 Recomendaciones para construir el marco conceptual**

- Redactar de manera concisa, precisa y técnica.
- Utilizar vocabulario normativo o estandarizado en ingeniería.
- Referenciar normas, manuales técnicos o estudios válidos.
- Validar las definiciones con especialistas del área o jurado asesor.

## IV. OBJETIVOS, HIPÓTESIS, VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN

### 4.1 Redacción de objetivos generales y específicos con estructura lógica

Los objetivos son las guías directrices de toda investigación. Indican **qué se quiere lograr** al finalizar el estudio, y se formulan a partir del problema identificado y el marco teórico desarrollado.

#### 4.1.1 *Objetivo general*

El objetivo general expresa el propósito principal del estudio, de forma clara, concreta y orientada al resultado esperado. Debe contener:

- **Verbo en infinitivo** (determinar, evaluar, analizar, diseñar, etc.)
- **Objeto de estudio** (fenómeno, material, proceso)
- **Población, muestra o sistema bajo estudio**
- **Contexto espacial y temporal (si aplica)**

#### **Ejemplo:**

Evaluar el efecto de la incorporación de fibras de PET reciclado en la resistencia a flexión del concreto en condiciones de curado húmedo.

#### 4.1.2 *Objetivos específicos*

Desglosan el objetivo general en acciones concretas, secuenciales y medibles. Deben guardar coherencia lógica con el objetivo general y cubrir todas las etapas necesarias para cumplirlo.

#### **Requisitos:**

- Iniciar con un verbo en infinitivo.
- Ser formulados de manera clara y sin ambigüedad.
- Ser viables dentro del tiempo y recursos disponibles.

### **Ejemplo de objetivos específicos:**

1. Diseñar mezclas de concreto con diferentes proporciones de fibras de PET reciclado.
2. Realizar ensayos de resistencia a flexión a los 7, 14 y 28 días.
3. Comparar los resultados obtenidos con una mezcla patrón sin aditivos.

#### ***4.1.3 Recomendaciones para su redacción***

- Evitar verbos genéricos como “conocer”, “estudiar”, “ver”.
- Usar términos técnicos precisos, propios del área.
- No redactar hipótesis como objetivos (evitar condicionales o predicciones).

Verbos recomendados por nivel de investigación:

- Exploratorio: identificar, recopilar, describir, clasificar.
- Correlacional: relacionar, analizar, asociar, comparar.
- Experimental: determinar, evaluar, comprobar, optimizar.

## **4.2 Hipótesis generales y específicas: formulación y función predictiva**

La hipótesis es una **proposición lógica** que plantea una **relación entre variables**, susceptible de verificación empírica. En investigaciones aplicadas en ingeniería, cumple una función predictiva y orienta la contrastación mediante ensayos, simulaciones o mediciones.

### ***4.2.1 ¿Qué es una hipótesis?***

Es una **afirmación anticipada** sobre el posible comportamiento de un fenómeno técnico, formulada a partir de antecedentes teóricos y observaciones previas. Sirve como punto de partida para probar relaciones de causa-efecto, correlación o diferencia significativa entre variables.

### ***4.2.2 Tipos de hipótesis***

- **Hipótesis general:** expresa la relación principal entre la variable independiente (VI) y la dependiente (VD).

- **Hipótesis específica:** descompone la hipótesis general en afirmaciones más detalladas, de acuerdo a las dimensiones de las variables.

**Ejemplo de hipótesis general:**

La incorporación de aditivos plastificantes mejora la resistencia a compresión del concreto estructural.

**Ejemplo de hipótesis específica:**

El uso de un 1,0 % de aditivo plastificante reduce el requerimiento de agua sin afectar la trabajabilidad del concreto fresco.

#### ***4.2.3 Función predictiva en ingeniería***

Una hipótesis anticipa lo que ocurrirá bajo determinadas condiciones técnicas. Permite:

- Diseñar ensayos o pruebas controladas.
- Formular criterios de evaluación.
- Validar resultados mediante estadística.

**Ejemplo predictivo:**

Si se incrementa la proporción de ceniza volante en la mezcla, entonces disminuirá la resistencia a compresión a los 7 días, pero mejorará a los 28 días, debido a la reacción puzolánica secundaria.

#### ***4.2.4 Recomendaciones de redacción***

- Utilizar lenguaje técnico y términos medibles.
- Evitar afirmaciones vagas o no comprobables.
- Formular la hipótesis como una afirmación (no como pregunta).
- Asegurar coherencia con los objetivos y las variables.

### **4.3 Definición de variables: dependiente, independiente, intervinientes**

Las variables son elementos fundamentales en toda investigación científica, ya que representan los **atributos o características** que se observan, manipulan o miden. Su correcta identificación y definición garantiza la validez del diseño metodológico.

#### ***4.3.1 Variable independiente (VI)***

Es aquella que el investigador **manipula o controla** para observar sus efectos. Representa la **causa** o condición que se modifica en el experimento o ensayo técnico.

**Ejemplo:** Porcentaje de reemplazo de cemento por ceniza de cáscara de arroz.

#### ***4.3.2 Variable dependiente (VD)***

Es la variable que **se mide o evalúa**, y que responde a los cambios en la variable independiente. Representa el **efecto** o resultado.

**Ejemplo:** Resistencia a compresión del concreto a los 28 días.

#### ***4.3.3 Variables intervinientes o de control***

Son aquellas que **pueden influir indirectamente** en los resultados y que deben mantenerse constantes o controlarse para evitar sesgos.

**Ejemplo:** Humedad ambiente, temperatura de curado, tipo de agregado fino, relación agua/cemento.

#### ***4.3.4 Reglas para definir variables***

- Cada variable debe poder ser **medida o evaluada objetivamente**.
- Se debe identificar **cómo se expresa o cuantifica** (unidades de medida, rangos, escalas).
- Es fundamental que haya una **relación clara** entre las variables y los objetivos.

#### ***4.3.5 Ejemplo aplicado (con VI, VD y control)***

**Título de investigación:**

Evaluación del comportamiento mecánico del concreto con adición de fibras metálicas recicladas.

- **VI:** Proporción de fibras metálicas en la mezcla (% del peso del cemento).
- **VD:** Resistencia a tracción indirecta del concreto (MPa).
- **Variables de control:** Tamaño máximo del agregado, tipo de curado, relación agua/cemento.

Una definición precisa de las variables permite estructurar adecuadamente las hipótesis, seleccionar los instrumentos de medición y diseñar el experimento de manera válida y reproducible.

## 4.4 Dimensiones e indicadores: descomposición conceptual y medición

Toda variable compleja puede descomponerse en **dimensiones**, que representan sus **componentes o aspectos más específicos**. Estas dimensiones, a su vez, se miden a través de **indicadores**, que permiten llevar el concepto al plano operativo, cuantificable y técnico.

### 4.4.1 Dimensiones

Una dimensión es un **eje conceptual** de una variable. Cada variable puede tener una o más dimensiones según su nivel de complejidad.

#### **Ejemplo:**

Variable: *Calidad del concreto fresco*

→ Dimensiones: *Trabajabilidad, segregación, tiempo de fraguado*

### 4.4.2 Indicadores

Los indicadores son las **manifestaciones observables y medibles** de cada dimensión. Permiten operacionalizar el estudio, definir instrumentos y establecer escalas de evaluación.

#### **Ejemplo:**

Dimensión: *Trabajabilidad*

→ Indicador: *Asentamiento (medido con el cono de Abrams, en cm)*

#### 4.4.3 Importancia en ingeniería aplicada

La definición de dimensiones e indicadores:

- Evita ambigüedades en la medición.
- Permite diseñar pruebas específicas (ensayos, simulaciones, observaciones).
- Favorece la interpretación objetiva y técnica de los resultados.

#### 4.4.4 Ejemplo aplicado

**Variable:** *Estabilidad de taludes en suelos cohesivos*

- **Dimensión 1:** Resistencia al corte
  - **Indicador:** Ángulo de fricción interna ( $^{\circ}$ ), cohesión (kPa)
- **Dimensión 2:** Condiciones hidrogeológicas
  - **Indicador:** Nivel freático (m), permeabilidad (m/s)

Esta descomposición conceptual es fundamental para construir la tabla de operacionalización, estructurar los instrumentos de medición y asegurar la fiabilidad del análisis.

### 4.5 Tabla de operacionalización: estructura, ejemplos y validación técnica

La **tabla de operacionalización de variables** es una herramienta metodológica que traduce los conceptos teóricos en elementos observables y medibles. Facilita el diseño experimental, la recolección de datos y la validación de resultados en contextos de ingeniería aplicada.

#### 4.5.1 Estructura de la tabla

Generalmente, incluye las siguientes columnas:

1. Variable
2. Definición conceptual

3. Dimensiones
4. Indicadores
5. Instrumento de medición o técnica
6. Unidad de medida / Escala
7. Nivel de medición

#### 4.5.2 Ejemplo aplicado

**Tabla 2.** *Ejemplo aplicado: Evaluación de la resistencia del concreto con adición de ceniza de bagazo de caña*

| Variable             | Definición conceptual                                      | Dimensión    | Indicador                | Técnica / Instrumento              | Unidad | Nivel de medición |
|----------------------|------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------|------------------------------------|--------|-------------------|
| Resistencia mecánica | Capacidad del concreto para soportar cargas sin deformarse | Compresión   | Resistencia a compresión | Ensayo de compresión (NTP 339.034) | MPa    | Cuantitativo      |
| Proporción de ceniza | Porcentaje de ceniza en sustitución parcial del cemento    | Dosificación | % de reemplazo           | Mezclado dosificado por peso       | %      | Cuantitativo      |

*Nota.* Elaboración Propia

#### 4.5.3 Validación técnica

Antes de aplicar la tabla, se deben cumplir ciertos criterios técnicos:

- **Coherencia lógica** entre variable, dimensión e indicador.
- **Validez:** que el indicador mida efectivamente lo que se quiere estudiar.
- **Fiabilidad:** que el resultado sea repetible bajo las mismas condiciones.
- **Pertinencia técnica:** el indicador debe estar alineado con normas o métodos reconocidos (ej. ASTM, ACI, NTP).

#### 4.5.4 Utilidad en la investigación

La tabla de operacionalización permite:

- Planificar las mediciones desde el inicio del estudio.
- Organizar los datos para su análisis estadístico.
- Sustentar la metodología ante el jurado o comité evaluador.
- Cumplir estándares de rigurosidad técnica.

### 4.6 Relación entre variables, objetivos e hipótesis en ingeniería aplicada

En una investigación técnica, la coherencia entre los **objetivos**, las **variables** y las **hipótesis** es fundamental para asegurar la validez lógica y metodológica del estudio. Estos tres elementos deben mantener una correspondencia directa y estructurada.

#### 4.6.1 Coherencia estructural

- Cada **objetivo específico** debe estar vinculado a una **hipótesis específica**, y esta, a su vez, debe involucrar al menos **una variable independiente y una dependiente**.

- Las **variables** son el puente entre el diseño metodológico y la hipótesis que se pretende confirmar o rechazar.

#### 4.6.2 Esquema de correspondencia

| Elemento               | Ejemplo aplicado                                                                                                                                       |
|------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Objetivo específico    | Evaluar el efecto del reemplazo parcial de cemento por ceniza de cáscara de haba en la resistencia a compresión del concreto                           |
| Hipótesis específica   | Si se reemplaza parcialmente el cemento por ceniza de cáscara de haba, entonces la resistencia a compresión del concreto disminuirá significativamente |
| Variable independiente | Porcentaje de ceniza de cáscara de haba                                                                                                                |
| Variable dependiente   | Resistencia a compresión del concreto                                                                                                                  |

#### ***4.6.3 Utilidad técnica***

Esta alineación permite:

- Delimitar claramente lo que se desea comprobar.
- Diseñar instrumentos específicos de medición.
- Analizar resultados con precisión.
- Redactar conclusiones fundamentadas.

#### ***4.6.4 Consideraciones clave***

- Si los objetivos y las hipótesis no se relacionan con las variables previamente definidas, la investigación carece de dirección.
- Toda investigación en ingeniería aplicada debe buscar explicar, predecir o mejorar un fenómeno técnico medible.

## V. DISEÑO METODOLÓGICO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### 5.1 Enfoques y tipos de diseño metodológico en ingeniería

El diseño metodológico define el camino técnico y lógico que guiará el desarrollo de una investigación. En ingeniería, este diseño debe ser compatible con los estándares científicos, la naturaleza del problema y las condiciones técnicas del estudio.

**Figura 2.** *Enfoques metodológicos*



*Nota.* Elaboración propia

#### 5.1.1 Enfoques metodológicos

- **Cuantitativo:** Predomina en estudios donde se busca medir, comparar o demostrar relaciones entre variables. Requiere datos numéricos y pro-

cedimientos estandarizados. Es el enfoque más usado en investigaciones con ensayos de laboratorio o análisis estructurales.

- **Cualitativo:** Se aplica en estudios exploratorios o diagnósticos técnicos donde interesa comprender fenómenos, prácticas constructivas o percepciones profesionales. Utiliza entrevistas, observaciones y análisis de contenido.
- **Mixto:** Combina ambos enfoques. Es útil, por ejemplo, en investigaciones que evalúan parámetros físicos cuantitativos y, a la vez, la percepción de usuarios o profesionales sobre un material o tecnología.

### *5.1.2 Tipos de diseño según propósito*

- **Descriptivo:** Describe fenómenos sin intervenir sobre ellos. Por ejemplo, caracterizar el tipo de fallas en losas de concreto en una vía urbana.
- **Correlacional:** Busca establecer relaciones estadísticas entre dos o más variables. Por ejemplo, correlacionar el contenido de humedad del suelo con su capacidad de carga.
- **Explicativo:** Pretende demostrar causas o efectos. Requiere hipótesis claras y pruebas empíricas. Es típico en ensayos con materiales modificados.

### *5.1.3 Tipos de diseño según aplicación técnica*

- **Experimental:** Se manipula una variable independiente bajo condiciones controladas para observar su efecto. Ejemplo: evaluar el comportamiento de un concreto con aditivos bajo distintas temperaturas de curado.
- **Cuasiexperimental:** Similar al experimental, pero sin control completo de todas las variables. Se aplica en estudios de campo donde no es posible aislar todos los factores.
- **De simulación:** Emplea modelos computacionales (por ejemplo, software como ETABS, SAP2000 o HEC-RAS) para representar situaciones técnicas. Ideal en análisis hidráulicos o estructurales complejos.

- **Estudio de caso:** Profundiza en una situación técnica específica. Útil en la evaluación de obras civiles existentes o sistemas constructivos aplicados en un contexto delimitado.

## **5.2 Diseños experimentales, cuasiexperimentales, correlacionales, de simulación y estudios de caso**

El tipo de diseño seleccionado depende del objetivo del estudio, la disponibilidad de recursos y la posibilidad de controlar variables. En ingeniería, estas decisiones metodológicas deben alinearse con los estándares técnicos y la reproducibilidad de los resultados.

### ***5.2.1 Diseño experimental***

Es el más riguroso en términos de control de variables. Implica modificar intencionalmente una o más variables independientes para observar su efecto sobre una o más variables dependientes, bajo condiciones controladas de laboratorio o simulación.

#### **Ejemplo:**

Evaluar cómo varía la resistencia a compresión del concreto al reemplazar un 10%, 20% y 30% del cemento por ceniza de bagazo de caña, manteniendo constante la relación agua/cemento y el tipo de agregado.

### ***5.2.2 Diseño cuasiexperimental***

Se parece al experimental, pero no se tiene control total sobre todas las variables o grupos. Es común en estudios de campo, donde se trabaja con estructuras o suelos existentes, sin poder controlar todas las condiciones externas.

#### **Ejemplo:**

Comparar el asentamiento de viviendas construidas con suelos estabilizados con cal versus viviendas construidas con suelos no tratados, en zonas rurales andinas.

### **5.2.3 Diseño correlacional**

No busca demostrar causalidad, sino analizar estadísticamente si existe una relación entre dos o más variables cuantificables. Es útil en estudios exploratorios donde se desea observar tendencias o patrones.

#### **Ejemplo:**

Estudiar si existe correlación entre el índice de CBR de un suelo y su contenido de humedad natural en una muestra regional.

### **5.2.4 Diseño de simulación**

Emplea modelos computacionales o matemáticos para replicar comportamientos físicos o estructurales. Este tipo de diseño es indispensable en ingeniería para optimizar recursos, prever fallas o modelar escenarios complejos.

#### **Ejemplo:**

Simular el comportamiento de un puente ante distintas aceleraciones sísmicas utilizando SAP2000 o ANSYS, según la norma E.030.

### **5.2.5 Estudio de caso**

Se enfoca en el análisis profundo de un fenómeno técnico específico, en un entorno determinado. No busca generalizar, sino comprender la complejidad del caso.

#### **Ejemplo:**

Análisis integral del colapso parcial de una obra hidráulica en la cuenca del río Mantaro, considerando errores de diseño, materiales y mantenimiento.

## **5.3 Definición de población y muestra en contextos técnicos y materiales**

En investigación científica, la población y la muestra representan los elementos sobre los que se recolectará la información. En ingeniería, estos elementos no siempre son personas, sino estructuras, materiales, unidades constructivas, elementos geotécnicos, entre otros.

### **5.3.1 Población**

Se entiende como el conjunto total de unidades que poseen características comunes relacionadas con el problema de investigación. En ingeniería, una población puede estar conformada por elementos materiales (como probetas de concreto), estructuras (puentes, viviendas), suelos, ensayos de laboratorio, etc.

#### **Ejemplo:**

Población conformada por todas las losas de concreto simple construidas en losas de vivienda del distrito de San Juan Bautista entre 2018 y 2023.

### **5.3.2 Muestra**

Es un subconjunto representativo de la población, que se selecciona para realizar los análisis. Su elección debe garantizar que los resultados puedan generalizarse (si corresponde) o, al menos, representar técnicamente el comportamiento del sistema analizado.

#### **Tipos de muestra comunes en ingeniería:**

- **Muestreo probabilístico:** cada unidad tiene igual probabilidad de ser seleccionada. Ideal para obtener datos estadísticamente válidos.

**Ejemplo:** seleccionar aleatoriamente 30 cilindros de concreto, preparados con distintos porcentajes de aditivo para evaluar su resistencia a compresión.

- **Muestreo no probabilístico:** se eligen los elementos por conveniencia, juicio técnico o disponibilidad.

**Ejemplo:** seleccionar 10 pozos de prueba de suelo donde ya se tiene acceso previo y registros geotécnicos.

### **5.3.3 Unidades de análisis**

La unidad de análisis define el tipo de objeto o elemento sobre el cual se medirá o evaluará la variable. Esta unidad debe estar claramente delimitada para asegurar coherencia metodológica.

#### **Ejemplo:**

En un estudio de durabilidad del concreto, la unidad de análisis es cada probeta de concreto expuesta a ciclos de humedad-sequedad.

## 5.4 Criterios de inclusión y exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión son parámetros establecidos para determinar qué elementos formarán parte de la muestra (inclusión) y cuáles no (exclusión). Su definición rigurosa garantiza que los datos obtenidos sean pertinentes, comparables y técnicamente válidos.

### 5.4.1 Criterios de inclusión

Son condiciones que deben cumplir los elementos o unidades de análisis para ser incorporados en el estudio. Estos criterios responden a aspectos técnicos, normativos, espaciales o temporales del objeto de estudio.

#### **Ejemplo:**

Para evaluar la resistencia a compresión del concreto elaborado con adición de ceniza, se incluyen solo aquellas mezclas que cumplan con:

- Edad de curado de 28 días, según NTP 339.034.
- Tamaño de agregado nominal de 3/4”.
- Relación agua/cemento entre 0.45 y 0.55.

### 5.4.2 Criterios de exclusión

Son condiciones que justifican retirar o no considerar ciertos elementos, aun si pertenecen a la población. Esto previene sesgos, errores de medición o interferencias en los resultados.

#### **Ejemplo:**

Se excluyen:

- Probetas con fisuras visibles previas al ensayo.
- Mezclas con asentamiento fuera del rango especificado por la norma ASTM C143.
- Resultados de muestras contaminadas o con alteración en su almacenamiento.

#### **Importancia práctica:**

Establecer criterios claros evita ambigüedad en el proceso experimental, mejora la reproducibilidad y fortalece la validez interna del estudio. En

investigaciones aplicadas, estos criterios también permiten justificar la selección de materiales, obras, zonas de estudio o métodos de medición.

## **5.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos: ensayos, medición, observación, entrevistas, simulaciones**

En una investigación aplicada, la recolección de datos se realiza a través de técnicas e instrumentos que deben ser precisos, estandarizados y pertinentes con el objetivo planteado. La validez y confiabilidad de los resultados dependen directamente de la rigurosidad con la que se realice este proceso.

### **5.5.1 Ensayos**

Son pruebas realizadas en laboratorio o en campo para medir propiedades físicas, mecánicas o químicas de materiales o sistemas. En ingeniería civil, se aplican normas técnicas (como NTP, ASTM o AASHTO) para garantizar estandarización.

#### **Ejemplo:**

Ensayo de resistencia a la compresión del concreto conforme a la norma ASTM C39.

### **5.5.2 Medición**

Consiste en registrar magnitudes mediante instrumentos calibrados. Es común en estudios de deformaciones, desplazamientos, niveles freáticos, velocidades de flujo, entre otros.

#### **Ejemplo:**

Medición del asentamiento diferencial de una cimentación con niveles ópticos de precisión.

### **5.5.3 Observación**

Técnica que permite identificar visual o instrumentalmente comportamientos, fenómenos o procesos. Puede ser directa o mediante registros fotográficos, videos, o sensores.

**Ejemplo:**

Observación del patrón de fisuración en muros de albañilería durante una prueba de carga lateral.

**5.5.4 Entrevistas técnicas**

En estudios de tipo exploratorio, diagnóstico o normativo, se pueden realizar entrevistas estructuradas o semiestructuradas a expertos, operadores de obra, residentes o especialistas.

**Ejemplo:**

Entrevistas a ingenieros residentes sobre el desempeño de pavimentos con asfalto modificado.

**5.5.5 Simulaciones**

Consisten en reproducir el comportamiento de sistemas mediante modelos computacionales o físicos. Permiten analizar escenarios complejos o costosos de replicar en campo.

**Ejemplo:**

Simulación de la escorrentía superficial mediante el software SWMM en un sistema urbano de drenaje pluvial.

La selección de las técnicas e instrumentos debe estar alineada con las variables definidas, los objetivos específicos y el enfoque metodológico. Además, deben validarse previamente para garantizar su aplicabilidad en el contexto de estudio.

**5.6 Equipamiento, insumos y estándares técnicos (NTP, ASTM, AASHTO)**

El diseño metodológico en ingeniería exige especificar claramente el **equipamiento**, los **insumos** y las **normas técnicas** que rigen los procedimientos. Esto permite garantizar la **validez, reproducibilidad y estandarización** de los datos obtenidos, alineando la investigación con prácticas profesionales reconocidas internacionalmente.

### **5.6.1 Equipamiento**

Se refiere a los instrumentos, herramientas o equipos utilizados para recolectar datos o realizar ensayos técnicos. Deben ser calibrados y cumplir con los requerimientos del tipo de investigación.

#### **Ejemplo:**

Para medir la resistencia a la compresión del concreto se utiliza una prensa hidráulica de 2000 kN, conforme a la norma ASTM C39.

Otros ejemplos de equipamiento:

- Tamices estandarizados (ASTM E11)
- Cono de Abrams (ASTM C143)
- Cámara triaxial para suelos (ASTM D2850)
- Estación total para levantamientos topográficos

### **5.6.2 Insumos**

Incluyen los materiales, reactivos, aditivos o componentes necesarios para realizar los procedimientos experimentales. Su calidad debe estar controlada y, de preferencia, deben contar con fichas técnicas.

#### **Ejemplo:**

Ceniza de cáscara de arroz calcinada a 650 °C, utilizada como adición puzolánica en reemplazo parcial del cemento.

Otros insumos típicos:

- Cemento Portland tipo I (NTP 334.009)
- Agregado fino y grueso (ASTM C33)
- Agua potable conforme a NTP ISO 4313

### **5.6.3 Estándares técnicos**

Son normas nacionales e internacionales que establecen procedimientos para ensayos, diseño, muestreo, análisis y seguridad. Su aplicación asegura que los resultados sean comparables y aceptables dentro del campo de la ingeniería.

### **Normas más utilizadas:**

- **NTP** (Normas Técnicas Peruanas – INACAL)
- **ASTM** (American Society for Testing and Materials)
- **AASHTO** (American Association of State Highway and Transportation Officials)

### **Ejemplo:**

La granulometría del agregado se determina según ASTM C136, lo que permite caracterizar adecuadamente el material utilizado en la mezcla.

### **Importancia práctica:**

La especificación técnica detallada permite reproducir el estudio, garantiza la validez de los datos y favorece la transferencia de resultados a la práctica profesional y normativa.

## **5.7 Procedimientos experimentales paso a paso**

El procedimiento experimental es el conjunto detallado de acciones, condiciones y secuencias que se deben seguir rigurosamente para aplicar una técnica de investigación. Su claridad y sistematicidad permiten la **reproducibilidad, validación técnica** y una adecuada interpretación de resultados. En el contexto de la ingeniería, estos procedimientos suelen alinearse con normas técnicas (como ASTM, NTP o AASHTO) y protocolos de laboratorio.

### ***5.7.1 Estructura del procedimiento experimental***

Un procedimiento bien redactado debe incluir:

- Nombre del ensayo o actividad
- Norma técnica aplicada (si corresponde)
- Equipos e insumos utilizados
- Condiciones del entorno (temperatura, humedad, carga, tiempo, etc.)
- Pasos cronológicos detallados
- Forma de registro de datos

Ejemplo de procedimiento experimental: Ensayo de asentamiento del concreto (slump test)

- **Norma aplicada:** ASTM C143 / NTP 339.151
- **Objetivo:** Determinar la consistencia del concreto fresco.
- **Equipos e insumos:** Cono de Abrams, varilla de compactación, placa metálica, cinta métrica.
- **Condiciones:** Temperatura ambiente entre 18 °C y 25 °C.
- **Pasos:**
  1. Humedecer el cono y la placa.
  2. Llenar el molde en tres capas iguales.
  3. Compactar cada capa con 25 golpes de varilla.
  4. Nivelar la parte superior del concreto.
  5. Retirar el cono en 5 a 10 segundos.
  6. Medir la altura perdida del concreto (asentamiento).
  7. Registrar el resultado en milímetros.

### ***5.7.2 Consideraciones importantes***

- **Repetibilidad:** Realizar tres repeticiones por muestra para asegurar consistencia.
- **Trazabilidad:** Registrar la fecha, operador, materiales y condiciones ambientales.
- **Seguridad:** Usar elementos de protección personal (EPP) durante la ejecución.

La aplicación rigurosa de procedimientos experimentales es clave para obtener resultados confiables, comparables y técnicamente válidos. Además, permite detectar errores sistemáticos o fallas en materiales o equipos.

## **5.8 Validación, confiabilidad, control de calidad y consideraciones éticas**

Este apartado cierra el diseño metodológico asegurando que los datos recolectados sean técnicamente válidos, confiables y obtenidos bajo principios éticos. La investigación en ingeniería no solo requiere rigor en la ejecución, sino también transparencia, integridad y respeto por los principios que rigen la profesión.

### ***5.8.1 Validación técnica del procedimiento***

Implica verificar que el procedimiento aplicado mide lo que se propone. En estudios experimentales, se basa en:

- **Normas técnicas reconocidas (ASTM, NTP, AASHTO)**
- **Calibración de equipos**
- **Uso de materiales certificados**

#### **Ejemplo:**

La resistencia a compresión de un concreto se valida aplicando la norma ASTM C39, con probetas cilíndricas moldeadas y curadas adecuadamente.

### ***5.8.2 Confiabilidad de los datos***

La confiabilidad se refiere a la **consistencia** de los resultados bajo condiciones similares. Se evalúa mediante:

- Repetición de ensayos
- Control de condiciones ambientales
- Promedios, desviación estándar y coeficientes de variación

#### **Ejemplo:**

Se ensayan tres cilindros de concreto por dosificación. Si la variabilidad entre ellos es mínima, los resultados son confiables.

### ***5.8.3 Control de calidad en la ejecución***

Garantiza que los procedimientos se realicen conforme a lo planificado. Algunas acciones clave:

- Supervisión técnica constante
- Fichas de control diario
- Checklists de laboratorio o campo
- Análisis de resultados atípicos

#### **5.8.4 Consideraciones éticas**

En ingeniería, la ética implica:

- **Veracidad** en los datos y resultados (no manipular ni falsificar)
- **Transparencia** en los métodos y limitaciones del estudio
- **Reconocimiento** de fuentes y trabajos previos
- **Responsabilidad** en la aplicación de los hallazgos, sin causar daños a la infraestructura, la seguridad ni al medio ambiente

#### **Ejemplo:**

No se deben excluir resultados que no se ajustan a lo esperado sin justificación técnica. Tampoco se deben firmar informes sin haber verificado su contenido.

#### **Importancia:**

Este conjunto de acciones asegura que los estudios no solo sean válidos desde el punto de vista técnico, sino también éticamente aceptables y útiles para la profesión.

## VI. PROCESAMIENTO DE DATOS Y CONTRASTE DE HIPÓTESIS

### 6.1 Codificación, organización y limpieza de datos cuantitativos

El procesamiento de datos inicia con la **codificación**, que consiste en transformar la información recolectada (especialmente la cualitativa) en valores numéricos o simbólicos que puedan ser analizados estadísticamente. Esta transformación es esencial para sistematizar la información y permitir su análisis mediante software.

Posteriormente, los datos deben **organizarse** en estructuras claras, generalmente en matrices o bases de datos donde cada fila representa una observación o muestra (por ejemplo, una probeta de concreto, una muestra de suelo, un tramo de canal), y cada columna representa una variable (como resistencia, temperatura, tiempo, humedad, etc.).

La **limpieza de datos** implica revisar errores de digitación, detectar valores atípicos, identificar datos faltantes y verificar consistencias internas. Este paso es crucial para garantizar la calidad y confiabilidad del análisis posterior.

**Ejemplo:** En un estudio sobre la resistencia a la compresión de cilindros de concreto, los investigadores recopilan 30 muestras. Se codifican las variables tipo de mezcla (1 = convencional, 2 = con ceniza vegetal), se ordenan en una hoja de cálculo y se eliminan tres registros con errores de medida por falla del equipo de ensayo.

Una correcta codificación y depuración de datos asegura que los análisis estadísticos reflejen fielmente la realidad técnica evaluada, minimizando el riesgo de conclusiones erróneas por fallas en la calidad de los datos. Además, permite trazar con mayor precisión patrones de comportamiento, variabilidad y tendencias en fenómenos de interés ingenieril.

## 6.2 Herramientas estadísticas en ingeniería: Excel, SPSS, R, Python, MATLAB

El análisis estadístico en la investigación ingenieril requiere herramientas que permitan procesar grandes volúmenes de datos, aplicar pruebas estadísticas, visualizar resultados y generar reportes reproducibles. Las siguientes plataformas son comúnmente utilizadas:

### 6.2.1 *Microsoft Excel*

Es la herramienta más accesible para el análisis básico de datos. Permite:

- Organizar y graficar datos en tablas dinámicas.
- Calcular estadísticos descriptivos (promedios, desviaciones, varianzas).
- Usar funciones para regresión lineal, análisis de correlación, histogramas, entre otros.

**Ejemplo:** Evaluar la variación de la densidad de una mezcla asfáltica con distintas proporciones de ligante y representar el comportamiento mediante un gráfico XY con tendencia lineal.

### 6.2.2 *SPSS (Statistical Package for the Social Sciences)*

Aunque diseñado inicialmente para ciencias sociales, es útil en ingeniería cuando se requiere:

- Pruebas de hipótesis como t de Student, ANOVA y Chi-cuadrado.
- Análisis multivariado (regresiones múltiples, análisis factorial).
- Interfaz amigable para usuarios sin experiencia en programación.

**Ejemplo:** Comparar la resistencia a tracción de barras de acero de tres proveedores distintos mediante ANOVA de un factor.

### 6.2.3 *R*

R es un software libre especializado en estadística y visualización. Ofrece:

- Análisis de datos avanzados (modelos lineales, series temporales).

- Paquetes específicos para análisis experimental.
- Visualización gráfica con gran nivel de personalización (ggplot2).

**Ejemplo:** Modelar la evolución de caudales en una cuenca hidrológica usando regresión no lineal.

#### 6.2.4 *Python (con bibliotecas científicas)*

Python es un lenguaje de programación versátil con bibliotecas científicas como:

- **Pandas** para manejo de datos tabulares.
- **NumPy** para cálculos matemáticos avanzados.
- **SciPy** para estadística inferencial.
- **Matplotlib y Seaborn** para gráficos técnicos.

**Ejemplo:** Automatizar el análisis estadístico de resultados de pruebas de carga de pilotes, generando gráficos y reportes automáticamente.

#### 6.2.5 *MATLAB*

Ampliamente utilizado en modelación numérica y análisis de datos ingenieriles. Útil para:

- Análisis estadístico y procesamiento de señales.
- Modelos de optimización, simulaciones de comportamiento estructural.
- Interfaces gráficas y automatización de informes.

**Ejemplo:** Ajustar una curva de comportamiento no lineal de esfuerzos-deformaciones obtenidas en un ensayo triaxial de suelos.

La elección de la herramienta dependerá del tipo de análisis requerido, la complejidad de los datos, la experiencia del investigador y los recursos disponibles. Dominar al menos una de estas plataformas es fundamental para un análisis técnico riguroso.

## 6.3 Estadística descriptiva: tablas, medidas de tendencia central y dispersión

La estadística descriptiva permite resumir y organizar los datos recopilados durante el trabajo experimental o técnico. Su objetivo no es inferir, sino describir las características principales de un conjunto de datos, lo que facilita la interpretación y la toma de decisiones en proyectos de investigación.

### 6.3.1 *Tablas de frecuencia*

Las tablas de frecuencia agrupan los datos en categorías o intervalos, mostrando cuántas veces ocurre cada valor. Se utilizan tanto para variables cualitativas (tipo de falla estructural) como cuantitativas (resistencia del concreto en MPa).

**Ejemplo:** Una tabla que resume la frecuencia con que distintas muestras de concreto alcanzaron rangos de resistencia a los 28 días.

### 6.3.2 *Medidas de tendencia central*

Indican el punto alrededor del cual se agrupan los datos. Las principales son:

- **Media aritmética:** promedio simple.
- **Mediana:** valor central en una distribución ordenada.
- **Moda:** valor más frecuente.

**Ejemplo:** Calcular la media y mediana de la densidad seca obtenida en ensayos Proctor de compactación.

### 6.3.3 *Medidas de dispersión*

Evalúan el grado de variabilidad de los datos. Las más empleadas son:

- **Rango:** diferencia entre el valor máximo y mínimo.
- **Varianza:** media de las desviaciones al cuadrado respecto a la media.
- **Desviación estándar:** raíz cuadrada de la varianza; indica la dispersión promedio.

- **Coefficiente de variación:** relación entre la desviación estándar y la media, expresado en porcentaje.

**Ejemplo:** Determinar la desviación estándar y el coeficiente de variación en los resultados de módulo de elasticidad del concreto medidos en laboratorio.

#### **6.3.4 Representación gráfica**

La estadística descriptiva también incluye herramientas visuales:

- Histogramas
- Diagramas de caja (boxplot)
- Polígonos de frecuencia
- Gráficos de barras

**Ejemplo:** Representar en un histograma las velocidades de flujo obtenidas en un canal trapezoidal a diferentes pendientes.

Estas herramientas permiten identificar tendencias, valores atípicos o patrones relevantes antes de aplicar análisis estadísticos más complejos.

### **6.4 Estadística inferencial: prueba t de Student, ANOVA, correlación, regresión**

La estadística inferencial permite **extraer conclusiones** sobre una población a partir de una muestra. A diferencia de la estadística descriptiva, no solo resume los datos, sino que permite realizar **comparaciones, establecer relaciones y validar hipótesis** con cierto nivel de confianza. Es una herramienta clave para validar resultados en investigaciones técnicas y experimentales.

#### **6.4.1 Prueba t de Student**

Permite comparar si hay **diferencias significativas entre dos medias** (por ejemplo, entre dos tipos de mezcla de concreto). Se usa en muestras pequeñas ( $n < 30$ ) y se apoya en la hipótesis nula (no hay diferencia).

**Ejemplo:** Comparar si la resistencia promedio del concreto con adición de ceniza de cáscara de haba difiere significativamente del concreto convencional.

### 6.4.2 ANOVA (*Análisis de Varianza*)

El ANOVA permite comparar más de dos grupos simultáneamente. Determina si al menos uno de los grupos presenta una media significativamente diferente.

**Ejemplo:** Evaluar si diferentes proporciones de geotextil en un refuerzo de suelo generan diferencias significativas en la capacidad portante.

### 6.4.3 *Correlación*

Mide la **relación lineal entre dos variables**. El coeficiente de correlación ( $r$ ) varía entre -1 y 1:

- $r > 0$ : relación directa
- $r < 0$ : relación inversa
- $r \approx 0$ : sin relación lineal

**Ejemplo:** Analizar si existe correlación entre la temperatura ambiente y el asentamiento del concreto fresco.

### 6.4.4 *Regresión lineal*

A partir de la correlación, la regresión permite **predecir el valor de una variable en función de otra**. La más simple es la regresión lineal (una variable independiente), aunque también puede ampliarse a regresión múltiple.

**Ejemplo:** Predecir la resistencia a la compresión del concreto en función de la relación agua/cemento y el tiempo de curado.

### 6.4.5 *Consideraciones técnicas*

Estas herramientas estadísticas deben aplicarse cumpliendo supuestos como **normalidad, homogeneidad de varianzas y aleatoriedad**. Su uso debe complementarse con la interpretación ingenieril y el criterio técnico, considerando no solo la significancia estadística, sino también la relevancia práctica.

## 6.5 Contraste de hipótesis: hipótesis nula, valor p, nivel de significancia

El contraste de hipótesis es una técnica fundamental en la estadística inferencial. Permite validar o rechazar supuestos formulados al inicio de una investigación a partir del análisis de los datos obtenidos. Se estructura en torno a dos hipótesis:

- **Hipótesis nula ( $H_0$ ):** afirma que no existe efecto o diferencia significativa.
- **Hipótesis alternativa ( $H_1$ ):** plantea que sí existe efecto o diferencia.

### 6.5.1 Nivel de significancia ( $\alpha$ )

Es la probabilidad máxima de cometer un error tipo I (rechazar  $H_0$  siendo verdadera). Comúnmente se fija en  $\alpha = 0.05$  (5%), lo que significa que se acepta un 5% de probabilidad de error al concluir que hay diferencia.

### 6.5.2 Valor p

Es la probabilidad de obtener un resultado igual o más extremo que el observado, suponiendo que la hipótesis nula es cierta. Si el valor  $p < \alpha$ , se **rechaza  $H_0$** , lo que indica evidencia estadística significativa.

### 6.5.3 Tipos de pruebas

- **Pruebas paramétricas:** como la t de Student, ANOVA o regresión, que requieren supuestos como normalidad y homogeneidad.

- **Pruebas no paramétricas:** como la prueba de Mann-Whitney o Kruskal-Wallis, utilizadas cuando los datos no cumplen esos supuestos.

#### **Ejemplo:**

En una investigación se formula la hipótesis:

**$H_0$ :** No hay diferencia en la resistencia a compresión entre concreto convencional y concreto con adición de fibra de coco.

**$H_1$ :** Sí hay diferencia.

Al realizar la prueba t, se obtiene un valor  $p = 0.03$ . Como  $p < 0.05$ , se **rechaza**

**H<sub>0</sub>**, lo que sugiere que la adición de fibra influye significativamente.

El contraste de hipótesis aporta rigor científico, ya que permite tomar decisiones basadas en evidencia cuantitativa, minimizando el sesgo personal. Sin embargo, su interpretación debe ir siempre acompañada de análisis técnico y criterio ingenieril.

## 6.6 Interpretación técnica de resultados aplicados

Una vez realizados los análisis estadísticos, la **interpretación técnica** de los resultados es el paso que otorga verdadero valor al trabajo de investigación. Consiste en **traducir los hallazgos numéricos en significados concretos para la ingeniería**, vinculándolos con el comportamiento físico, estructural o constructivo del fenómeno estudiado.

No basta con reportar valores estadísticos como el promedio o el valor *p*; es necesario **analizar su implicancia práctica**, compararlos con normas técnicas vigentes (como el ACI, AASHTO, NTP) y con estudios previos, y evaluar su relevancia para el diseño, construcción o mantenimiento de obras civiles.

### 6.6.1 Enlace con los objetivos e hipótesis

Los resultados deben discutirse a la luz de los objetivos planteados y de las hipótesis formuladas. Esto permite verificar si las metas fueron alcanzadas y si las suposiciones iniciales fueron confirmadas o refutadas, siempre dentro del contexto técnico específico.

### 6.6.2 Consideraciones constructivas y operativas

Además del análisis técnico y normativo, deben considerarse factores como la viabilidad constructiva, los costos, la durabilidad o el impacto ambiental. La interpretación técnica aporta así una mirada integral sobre la aplicabilidad real de los hallazgos.

#### **Ejemplo:**

Un estudio determina que el uso de ceniza de cáscara de haba reduce la resistencia del concreto en un 8% respecto al patrón convencional, pero tam-

bién mejora la trabajabilidad y reduce el costo por metro cúbico. A pesar de no superar al concreto patrón en resistencia, el hallazgo puede interpretarse favorablemente para elementos no estructurales o aplicaciones con bajo requerimiento de carga.

La interpretación técnica debe evitar exageraciones y basarse siempre en datos sólidos, contrastes válidos y una comprensión profunda del fenómeno físico. Su propósito final es **generar conocimiento útil para la práctica ingenieril** y fundamentar decisiones técnicas confiables.

## **6.7 Presentación adecuada de resultados: gráficos, figuras y análisis técnico**

La presentación de resultados constituye una fase crucial para la comunicación efectiva de los hallazgos. En ingeniería, debe combinar claridad visual, precisión técnica y adecuación a los estándares científicos.

### ***6.7.1 Formatos de presentación recomendados***

Los resultados pueden presentarse en **tablas, gráficos, diagramas, planos o fotografías técnicas**, según el tipo de dato y el objetivo de análisis. Deben estar correctamente titulados, numerados y con leyendas explicativas.

- **Gráficos de barras o líneas:** Para comparar series de datos, como resistencia en distintas proporciones de mezcla.
- **Diagramas de dispersión:** Para explorar relaciones entre variables, como carga vs. asentamiento.
- **Histogramas:** Para observar distribuciones, como el porcentaje de vacíos en muestras de suelo.
- **Figuras técnicas:** Para ilustrar ensayos, dispositivos experimentales o procesos constructivos.

### ***6.7.2 Claridad y precisión técnica***

Cada elemento presentado debe permitir una lectura directa de las tendencias o comportamientos observados. Se debe evitar sobrecargar las figuras

con información innecesaria y procurar un diseño visual limpio, con unidades, escalas y ejes correctamente definidos.

**Ejemplo:**

En una investigación sobre el efecto del curado en la resistencia del concreto, se presenta un gráfico de barras que compara los promedios de resistencia a los 7, 14 y 28 días, bajo curado húmedo y sin curado. La figura incluye etiquetas con los valores promedio y barras de error (desviación estándar).

***6.7.3 Integración con el análisis técnico***

Las figuras no deben presentarse de forma aislada. Deben acompañarse de un análisis técnico que describa el comportamiento observado, relacione los resultados con los objetivos y, cuando sea posible, los contraste con normas técnicas o literatura científica especializada.

Una presentación adecuada facilita la comprensión del lector, fortalece la argumentación técnica y permite validar la solidez de los resultados obtenidos. En la práctica profesional y académica, la calidad de los recursos visuales es tan importante como la rigurosidad del análisis.

## VII. REDACCIÓN CIENTÍFICA Y TÉCNICA DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### 7.1 Estructura formal de informes y tesis científicas

La estructura de un informe científico debe responder a una lógica secuencial que permita al lector comprender de forma clara y ordenada el desarrollo de la investigación. En los proyectos orientados a la Ingeniería Civil, esta estructura no solo cumple funciones académicas, sino que permite traducir evidencia técnica en propuestas aplicables.

#### 7.1.1 Partes fundamentales

Los componentes más comunes de un informe técnico-científico incluyen:

- **Portada:** Incluye título, autor, institución, carrera, ciudad y año.
- **Resumen y palabras clave:** Breve síntesis del estudio, incluyendo objetivos, metodología, resultados y conclusiones. Máximo 250 palabras.
- **Índice general y de figuras/tablas:** Organización de contenido para navegación del documento.
- **Introducción:** Contexto del problema, justificación, objetivos y delimitaciones.
- **Marco teórico:** Sustento conceptual, técnico y normativo del estudio.
- **Metodología:** Diseño del estudio, técnicas empleadas, materiales y procedimientos.
- **Resultados y análisis:** Presentación técnica de los datos y su interpretación.
- **Discusión:** Contraste con antecedentes, normas o teorías relevantes.
- **Conclusiones y recomendaciones:** Derivaciones técnicas de los hallazgos.
- **Referencias:** Fuentes citadas en estilo APA 7.<sup>a</sup> edición.

- **Anexos:** Información complementaria como planos, fichas técnicas, fotografías, procedimientos de laboratorio, entre otros.

### **Ejemplo:**

Un informe técnico que evalúa la eficiencia de un aditivo mineral en concreto autocompactante presenta, en su capítulo de resultados, gráficos de resistencia a compresión con barras de error, tablas con propiedades reológicas, y un análisis comparativo con valores mínimos requeridos por la norma ASTM C1611.

La estructura debe ser flexible dentro de los márgenes académicos, siempre y cuando mantenga la coherencia metodológica y facilite la comprensión de la contribución del trabajo al campo técnico y profesional.

## **7.2 Redacción académica y técnica: coherencia, precisión, claridad**

La redacción científica y técnica en Ingeniería debe ser clara, objetiva y estructurada. A diferencia de otros estilos discursivos, la escritura en contextos académicos exige exactitud terminológica y argumentación basada en evidencia. Esto cobra especial relevancia en informes de investigación, donde la imprecisión puede llevar a interpretaciones erróneas de resultados que impactan decisiones profesionales o normativas.

### **7.2.1 Principios fundamentales**

- **Coherencia:** El contenido debe seguir un orden lógico, conectando ideas, capítulos y secciones. Los objetivos planteados deben reflejarse en los resultados, y estos a su vez en las conclusiones.
- **Precisión:** Se deben emplear términos técnicos apropiados, evitando ambigüedades. Por ejemplo, no es lo mismo “deformación” que “asentamiento”, aunque ambos impliquen un cambio dimensional.
- **Claridad:** Las oraciones deben ser directas, sin redundancias. Se recomienda evitar excesos de voz pasiva y usar conectores que orienten al lector (por ejemplo: por tanto, en consecuencia, además).

### **7.2.2 Estilo técnico en Ingeniería**

La redacción técnica prioriza la funcionalidad comunicativa sobre la ornamentación. Es habitual utilizar construcciones como:

- “Se realizó un ensayo de compresión axial conforme a la norma ASTM C39...”
- “El módulo de elasticidad se obtuvo a partir de la pendiente de la curva esfuerzo-deformación...”

Evitar generalidades como “se obtuvo un buen resultado” sin especificar cuantitativamente ese “buen” desempeño. En su lugar, se debe expresar: “La resistencia alcanzó 32.5 MPa a los 28 días, superando en 12.3 % al concreto patrón”.

#### **Ejemplo:**

En una investigación sobre la influencia del tamaño máximo del agregado en el diseño de mezclas, la redacción técnica emplea frases como: “La dosificación con agregado de 1” mostró una trabajabilidad inferior, reduciendo el revenimiento de 10 cm a 6.5 cm, según ensayo con cono de Abrams (NTP 339.133).”

## **7.3 Presentación de información: tablas, diagramas, figuras, planos y fotografías técnicas**

Una presentación efectiva de datos y resultados facilita la comprensión técnica del estudio y respalda visualmente las conclusiones. En investigación científica, el uso correcto de elementos gráficos es esencial para comunicar con claridad patrones, procesos constructivos, fenómenos físicos o comparaciones cuantitativas.

### **7.3.1 Tablas**

Las tablas permiten organizar grandes cantidades de datos numéricos o categóricos de forma sistemática. Deben tener:

- **Título claro** (ej. Tabla 1. Resultados del ensayo de compresión simple en muestras con sustitución del 20 % de ceniza).

- **Encabezados precisos**, con unidades (MPa, %, kg/m<sup>3</sup>).
- **Fuente de los datos**, si provienen de otro estudio.

**Recomendación:** No repetir en el texto todo lo que ya está expresado en la tabla, sino destacar lo relevante.

### **7.3.2 Diagramas y gráficos**

Entre los más usados están los de barras, líneas, dispersión y pastel. Son útiles para mostrar:

- Comportamientos comparativos (resistencia vs. tipo de cemento).
- Tendencias (tiempo de fraguado vs. temperatura ambiente).
- Correlaciones (contenido de humedad vs. densidad seca).

Deben incluir:

- Título descriptivo.
- Leyendas.
- Ejes bien etiquetados y con unidades.
- Fuente (si corresponde).

### **7.3.3 Figuras técnicas**

Incluyen esquemas, cortes constructivos, secciones transversales o diagramas de flujo de procedimientos. Permiten visualizar:

- Secuencias de ensayo.
- Montaje de dispositivos.
- Zonificación geotécnica o hidráulica.

Se numeran como “Figura 1”, “Figura 2”, etc., y deben acompañarse de una leyenda explicativa debajo.

### **7.3.4 Planos técnicos**

Deben cumplir con escalas, simbología y normas técnicas (por ejemplo, NTP 399.610 o ACI 315). Pueden incluir:

- Plantas de distribución de muestreo.

- Detalles constructivos de probetas o estructuras modelo.
- Cortes de laboratorio o flujos hidráulicos simulados.

### **7.3.5 Fotografías técnicas**

Son valiosas para evidenciar procesos, fallas, resultados o condiciones de campo. Deben:

- Tener buena resolución.
- Usarse con propósito técnico (no decorativo).
- Ir acompañadas de pie de foto técnico (ej. “Figura 5. Rotura típica de probeta cilíndrica por compresión axial”).

#### **Ejemplo:**

En una investigación sobre estabilización de suelos con cal, se incluyen:

- Tabla 2: Valores de CBR antes y después del tratamiento.
- Figura 3: Esquema del montaje del equipo Proctor modificado.
- Plano 1: Ubicación de las zanjas de muestreo en la subrasante.
- Fotografía 4: Formación de fisuras post-secado en probetas sin aditivo.

## **7.4 Redacción de capítulos: introducción, marco teórico, metodología, resultados y discusión**

La estructura lógica y técnica de un documento de investigación garantiza que los hallazgos puedan ser comprendidos, reproducidos y evaluados. Cada capítulo cumple una función específica y debe desarrollarse con rigor académico y claridad.

### **7.4.1 Introducción**

Expone el **problema identificado**, su **contexto** y **justificación técnica o científica**. Presenta los **objetivos**, el enfoque metodológico general y la relevancia de la investigación. Debe ser concisa, pero suficientemente informativa para que el lector entienda la necesidad del estudio.

*Ejemplo:* En un estudio sobre el efecto de aditivos plastificantes en concreto para zonas de gran altitud, la introducción explica las condiciones climáticas adversas que justifican la mejora en trabajabilidad sin perder resistencia.

#### **7.4.2 Marco teórico**

Recoge la **base científica y técnica** del estudio, mediante el análisis de literatura relevante y actual. Integra teorías, modelos, normas técnicas (como el ACI, ASTM o NTP) y antecedentes relevantes. El objetivo es sustentar las decisiones metodológicas y orientar la interpretación de resultados.

*Ejemplo:* Para analizar el comportamiento mecánico de suelos reforzados con geotextiles, el marco teórico incluye la teoría de la capacidad portante de Terzaghi, criterios de resistencia al corte y experiencias previas reportadas en Scopus y SciELO.

#### **7.4.3 Metodología**

Detalla el diseño de investigación, la población o materiales utilizados, el tipo de análisis, los instrumentos, equipos y el procedimiento técnico. Debe permitir que otro profesional pueda replicar el estudio.

*Ejemplo:* En una investigación experimental sobre absorción de agua en ladrillos artesanales, se describe el proceso de fabricación, el ensayo bajo norma NTP 399.613 y la frecuencia de muestreo.

#### **7.4.4 Resultados**

Presenta de forma ordenada y visual los hallazgos mediante **tablas, gráficos y análisis estadísticos**. Se deben incluir valores promedio, desviaciones estándar, porcentajes de mejora, curvas de comportamiento, etc., según corresponda.

*Ejemplo:* Un estudio de durabilidad del concreto con adición de fibras de acero incluye gráficos que muestran la evolución de la resistencia a compresión a 7, 14 y 28 días en diferentes dosificaciones.

### **7.4.5 Discusión**

Interpreta los resultados en función de los objetivos, teorías y antecedentes. Compara los hallazgos con estudios similares, explica diferencias o coincidencias y analiza sus implicancias técnicas o profesionales. Es un espacio crítico donde se demuestra el aporte real del trabajo.

*Ejemplo:* Tras hallar que un tipo de ceniza volcánica mejora la resistencia a flexión del concreto, se compara con estudios realizados en Ecuador y México, discutiendo la influencia de la granulometría y composición química.

## **7.5 Citación académica: aplicación de normas APA 7.<sup>a</sup> edición a contextos ingenieriles**

El uso correcto de las citas y referencias bibliográficas es fundamental para sostener académicamente cualquier investigación, dar crédito a los autores originales y evitar el plagio. En ingeniería, esto cobra especial importancia, ya que se citan tanto fuentes científicas como normativas técnicas, manuales, reglamentos y estándares.

### **7.5.1 Principios generales de citación en APA 7**

La **American Psychological Association (APA)**, en su 7.<sup>a</sup> edición (2020), establece un conjunto de reglas claras para:

- Citar en el texto de manera directa o parafraseada.
- Elaborar la lista de referencias finales.
- Usar correctamente puntuación, cursivas, mayúsculas y sangrías.

En ingeniería, el estilo APA permite mantener uniformidad incluso al citar documentos técnicos no tradicionales.

### **7.5.2 Tipos de citas en el texto**

#### **Cita textual corta (menos de 40 palabras):**

Incluye comillas y número de página.

“La resistencia del concreto puede verse afectada por el tipo de curado” (Neville, 2011, p. 143).

**Cita parafraseada (reelaborada con tus palabras):**

No requiere comillas, pero sí el autor y año.

Según Neville (2011), el proceso de curado influye directamente en la resistencia final del concreto.

**Cita de norma o reglamento técnico:**

Se adapta el formato según la entidad emisora.

(American Concrete Institute [ACI], 2014)

**7.5.3 Reglas para referencias técnicas en APA 7**

A continuación, algunos ejemplos aplicados al contexto ingenieril:

• **Libro técnico:**

Neville, A. M. (2011). *Propiedades del concreto* (5.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.

• **Artículo científico:**

Alva, G., & Villanueva, J. (2021). Influencia del aditivo plastificante en la trabajabilidad del concreto. *Revista de Ingeniería Civil y Ambiente*, 17(2), 45–56. <https://doi.org/10.1234/rica.v17i2.789>

• **Norma técnica peruana (NTP):**

Instituto Nacional de Calidad (INACAL). (2019). *NTP 399.601:2019. Concreto. Método de ensayo de asentamiento (cono de Abrams)*.

• **Reglamento técnico nacional:**

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). *Reglamento Nacional de Edificaciones del Perú (RNE)*. Dirección General de Normas Técnicas.

• **Documento de congreso técnico:**

Palomino, R. (2019). Evaluación del refuerzo con geomallas en suelos blandos. En *Memorias del Congreso Nacional de Geotecnia 2019* (pp. 56–62). Colegio de Ingenieros del Perú.

#### **7.5.4 Citas de gráficos, figuras y planos**

Todo gráfico o figura debe tener su fuente. Si es de elaboración propia, debe indicarse así:

*Fuente: Elaboración propia, 2025.*

Si se adapta de otro autor:

*Fuente: Adaptado de Neville (2011, p. 142).*

### **7.6 Gestión de referencias con gestores bibliográficos**

La gestión adecuada de las referencias bibliográficas es clave para garantizar precisión, uniformidad y trazabilidad en cualquier trabajo académico o técnico. Dado que los proyectos de investigación en ingeniería civil suelen involucrar múltiples fuentes —libros técnicos, normas, artículos científicos, tesis previas, informes, reglamentos—, resulta fundamental utilizar herramientas que faciliten su organización y citación conforme a la norma APA 7.<sup>a</sup> edición.

#### **7.6.1 ¿Qué es un gestor bibliográfico?**

Un gestor bibliográfico es un software o aplicación web que permite almacenar, clasificar y citar fuentes bibliográficas de manera automatizada. Entre sus funciones principales están:

- Importar referencias desde bases de datos académicas.
- Organizar fuentes por carpetas o etiquetas temáticas.
- Insertar citas automáticas en documentos Word o LaTeX.
- Generar listas de referencias completas y formateadas.

#### **7.6.2 Principales gestores recomendados**

##### **1. Mendeley**

Muy utilizado en ingeniería por su integración con bases como ScienceDirect y Scopus. Permite guardar artículos en PDF, etiquetarlos y anotar directamente. Es gratuito y tiene extensión para Word.

## 2. Zotero

De código abierto. Excelente para organizar bibliografía web y técnica. Su plugin permite citar automáticamente en Word y LibreOffice.

## 3. EndNote

Gestor profesional con funcionalidades avanzadas de colaboración. Ampliamente usado en investigaciones de alto impacto.

## 4. RefWorks

Enfocado al ámbito universitario. Disponible en muchas bibliotecas académicas con suscripción institucional.

### 7.6.3 Aplicación en proyectos de ingeniería

El uso de un gestor permite, por ejemplo, citar adecuadamente una norma técnica peruana, un artículo de *Revista de Ingeniería Civil del Perú* y un manual de diseño estructural, todo en un mismo documento sin errores de formato.

Ejemplo de cita automática en Word (APA 7):

(Neville, 2011)

(Ministerio de Vivienda, 2021)

(INACAL, 2019)

Al final, el gestor genera la sección **Referencias** sin necesidad de escribirla manualmente.

### 7.6.4 Recomendaciones para su uso eficiente

- Usar etiquetas temáticas (ej. “concreto”, “normas”, “aditivos”) para clasificar referencias.
- Verificar que las entradas importadas estén completas (autor, año, título, editorial).
- Sincronizar con la nube para evitar pérdida de datos.
- Mantener respaldo en formato RIS o BibTeX si se trabaja en LaTeX.

## 7.7 Revisión y edición del manuscrito: estilo, ortografía técnica, estructura lógica

Una investigación técnica rigurosa no solo se mide por la calidad de sus datos o la robustez de su metodología, sino también por la claridad y corrección con la que se comunica. La etapa final de redacción debe incluir una revisión exhaustiva orientada a asegurar un estilo técnico coherente, una ortografía precisa y una estructura lógica del documento.

### 7.7.1 Importancia de la revisión técnica

La revisión permite corregir errores que afectan la comprensión del texto, como ambigüedades, repeticiones innecesarias, incongruencias en tablas o gráficos, uso incorrecto de unidades o notaciones técnicas, entre otros. Además, previene observaciones del jurado por aspectos meramente formales.

*Ejemplo:*

En lugar de escribir: *“El resultado fue bastante bueno en la muestra 3”*, se recomienda: *“La muestra 3 presentó una resistencia a la compresión de 21.3 MPa, superando el mínimo especificado por la NTP 339.034.”*

### 7.7.2 Estilo académico y técnico

El estilo en ingeniería debe ser:

- **Objetivo:** Evitar juicios subjetivos (evitar “se considera muy bueno...”).
- **Preciso:** Usar términos técnicos específicos (no decir “material pesado”, sino “densidad de 2500 kg/m<sup>3</sup>”).
- **Consistente:** Mantener uniformidad en tiempos verbales, nombres de variables, símbolos, unidades (SI), uso de abreviaturas y formato de tablas y figuras.

### 7.7.3 Ortografía técnica y convenciones

Además de una ortografía y gramática correctas, es necesario aplicar normas técnicas de redacción, por ejemplo:

- Usar punto decimal (3.25) y no coma (3,25), según normas internacionales.
- No pluralizar unidades: se escribe “10 m” y no “10 ms”.
- Las unidades deben ir separadas del valor por un espacio (ej. “50 kg”).

Recurso útil: el “Manual de estilo de publicaciones de la APA (7.<sup>a</sup> ed.)” y las Normas Técnicas Peruanas (INACAL) proporcionan ejemplos y pautas claras para ello.

#### ***7.7.4 Coherencia estructural del documento***

La estructura lógica se evalúa tanto a nivel macro (capítulos y secciones bien conectadas) como micro (párrafos cohesionados, transición fluida entre ideas). Algunas sugerencias:

- Verificar que los objetivos planteados tengan correspondencia directa con los resultados, conclusiones y recomendaciones.
- Evitar fragmentar excesivamente el contenido (capítulos con muchas subsecciones sin desarrollo).
- Revisar títulos, subtítulos y numeración coherente.

#### ***7.7.5 Herramientas de apoyo***

- **Grammarly** (para revisión general de redacción en inglés).
- **LanguageTool** o corrector de Word (para ortografía y gramática).
- **Antidote** (especializado en textos científicos).
- **Herramientas de revisión de estilo académico** como Ref-N-Write (para mejorar redacción técnica).

## **VIII. DISCUSIÓN, CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y PROYECCIÓN**

### **8.1 Discusión de resultados con base científica y normativa**

La discusión de resultados constituye una de las secciones más analíticas del informe de investigación. Su finalidad es interpretar los hallazgos, contrastarlos con la teoría existente y fundamentarlos con base en normas técnicas, investigaciones previas y conocimientos consolidados del área.

#### ***8.1.1 Enfoque de análisis en ingeniería***

En lugar de limitarse a describir los valores obtenidos, la discusión debe:

- Comparar los resultados con estudios similares publicados en revistas o congresos especializados.
- Evaluar la conformidad con estándares normativos (por ejemplo, NTP, RNE, ACI, ASTM).
- Analizar posibles causas de desviaciones y limitaciones observadas.

Ejemplo:

Si la resistencia a compresión de un concreto con adición de fibras recicladas fue menor al convencional, se puede discutir el impacto del porcentaje de adición y compararlo con lo estipulado en ACI 544.1R o con investigaciones similares (p. ej., Banthia & Gupta, 2006).

#### ***8.1.2 Soporte en normas técnicas***

Todo resultado debe contrastarse con lo requerido por normativas vigentes o con las condiciones de diseño:

- **Normas Peruanas (NTP):** Para ensayos de laboratorio.
- **Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE):** Para cumplimiento estructural o hidráulico.

- **Normas internacionales (ASTM, ACI, AASHTO, ISO):** Como referencia adicional válida.

Esto no solo refuerza la validez técnica de los resultados, sino que permite detectar brechas entre la realidad local y los estándares, lo cual puede alimentar futuras propuestas de mejora normativa.

### **8.1.3 Coherencia con el objetivo de investigación**

La discusión debe mantenerse dentro del alcance planteado. No debe incluir interpretaciones que no se deriven de los datos obtenidos ni generalizar más allá de la muestra.

Buen ejemplo:

*Los resultados obtenidos muestran que la permeabilidad del suelo mejorado con ceniza de bagazo de caña se reduce en un 38 %, lo que representa una mejora respecto al suelo natural. Estos valores coinciden con los reportados por López & Ramos (2019), quienes utilizaron estabilización con residuos agroindustriales.*

### **8.1.4 Inclusión de análisis crítico**

La discusión debe evidenciar pensamiento ingenieril crítico:

- ¿Por qué ocurrió ese comportamiento?
- ¿Cómo se relaciona con los mecanismos físicos involucrados?
- ¿Qué implicancias tendría para la construcción o diseño real?

Este tipo de análisis, articulado con bibliografía y normativa, convierte la investigación en un aporte técnico concreto.

## **8.2 Relación entre hipótesis, resultados, antecedentes y teoría**

Establecer la relación entre hipótesis, resultados obtenidos, antecedentes revisados y fundamentos teóricos es fundamental para validar o refutar lo planteado en la investigación. Esta integración permite determinar si los hallazgos tienen sustento empírico y teórico, fortaleciendo su aporte al conocimiento técnico.

### **8.2.1 Coherencia entre hipótesis y resultados**

La hipótesis plantea una posible relación entre variables. Por tanto, los resultados deben contrastarse directamente con lo que la hipótesis propone. Si se demuestra o refuta, debe argumentarse con base en los datos obtenidos y su comportamiento cuantitativo o cualitativo.

Ejemplo:

*La hipótesis sugería que la adición del 10 % de ceniza de cáscara de haba aumentaría la resistencia a compresión del concreto. Los resultados muestran un incremento del 12 % respecto al diseño patrón, lo que confirma la hipótesis planteada.*

### **8.2.2 Articulación con antecedentes técnicos y científicos**

Los antecedentes revisados sirven como marco de referencia para contextualizar los hallazgos. Por tanto, deben citarse explícitamente aquellos estudios cuyos resultados coincidan o difieran, explicando posibles causas.

Ejemplo:

*A diferencia del estudio de Zamora et al. (2021), donde el uso de fibras sintéticas mostró reducciones en el módulo de elasticidad, en este caso se observó un ligero incremento, posiblemente asociado al tipo de curado aplicado.*

### **8.2.3 Vinculación con la teoría científica**

Todo fenómeno observado debe ser interpretado a partir de principios físicos, químicos o mecánicos. La relación con la teoría permite entender el comportamiento del material, sistema o proceso evaluado.

Ejemplo:

*El aumento de resistencia a tracción indirecta en suelos estabilizados puede explicarse por la formación de nuevos compuestos cementantes (ettringita y C-S-H) al reaccionar el óxido de calcio de la ceniza con el agua y las arcillas, tal como se sustenta en la teoría de la reacción puzolánica (Taylor, 1997).*

#### **8.2.4 Revisión crítica de resultados divergentes**

Cuando los resultados contradicen lo esperado o lo reportado por otros autores, es necesario asumir una postura crítica: analizar posibles causas técnicas (condiciones de ensayo, propiedades del material, errores sistemáticos) y proponer explicaciones razonables.

Esta integración rigurosa entre hipótesis, resultados, antecedentes y teoría permite validar la investigación y establecer su aporte real al conocimiento aplicado.

### **8.3 Elaboración de conclusiones sustentadas y alineadas con los objetivos**

Las conclusiones son una síntesis lógica y técnica de los hallazgos más relevantes de la investigación. Deben estar directamente relacionadas con los objetivos planteados, sustentarse en los resultados obtenidos y presentarse con claridad, precisión y criterio técnico.

#### **8.3.1 Relación directa con los objetivos**

Cada conclusión debe corresponder a un objetivo específico. No se debe incluir información nueva ni generalidades, sino interpretar de forma concreta lo logrado mediante la investigación.

Ejemplo:

*Respecto al objetivo específico de evaluar la capacidad portante del suelo mejorado con cal, se concluye que la resistencia a la compresión no confinada aumentó en un 25 % respecto al suelo natural, demostrando su viabilidad técnica para cimentaciones superficiales.*

#### **8.3.2 Sustento técnico en los resultados**

Toda conclusión debe estar respaldada por datos obtenidos de los ensayos, simulaciones o mediciones realizadas. Se debe evitar emitir juicios sin evidencia empírica.

Ejemplo:

*La incorporación del 8 % de vidrio molido como reemplazo de cemento permitió una reducción del 12 % en la huella de carbono, sin comprometer la resistencia estructural del concreto ( $f'c \geq 210 \text{ kg/cm}^2$ ), según los ensayos realizados.*

### **8.3.3 Claridad y redacción objetiva**

Las conclusiones deben evitar adjetivos subjetivos y estar redactadas con un lenguaje técnico. Se recomienda que estén numeradas y redactadas en forma afirmativa y concisa.

Ejemplo:

*1. El uso de geomallas incrementó la resistencia al esfuerzo cortante en un 35 %, mejorando el comportamiento del suelo en tramos críticos de la vía.*

### **8.3.4 Evitar repeticiones innecesarias**

No se deben repetir los resultados textualmente ni copiar fragmentos del análisis. La conclusión debe sintetizar y dar valor técnico a lo observado.

### **8.3.5 Orden lógico de presentación**

Se sugiere presentar primero las conclusiones más importantes (general), seguidas de las específicas por variables, fases del estudio o métodos utilizados, dependiendo de la estructura del trabajo.

La calidad de las conclusiones es un reflejo de la profundidad del análisis, del rigor técnico y del cumplimiento de los objetivos. Constituyen, además, un insumo fundamental para la formulación de recomendaciones y proyecciones futuras.

## **8.4 Formulación de recomendaciones aplicadas a la práctica profesional, normativa o técnica**

Las recomendaciones son propuestas técnicas que derivan directamente de las conclusiones. Deben orientarse a mejorar procesos, optimizar recursos, modificar prácticas constructivas o incluso motivar la actualización normativa, siempre con base en la evidencia obtenida durante la investigación.

### **8.4.1 Coherencia con los hallazgos**

Una recomendación válida debe sustentarse en una conclusión previa. No se deben emitir sugerencias desvinculadas de los resultados obtenidos.

Ejemplo:

*Dado que la estabilización con ceniza volcánica mejoró significativamente la resistencia del suelo arcilloso, se recomienda su aplicación en zonas rurales con disponibilidad local de este residuo, como técnica de bajo costo para mejoramiento vial.*

### **8.4.2 Enfoque práctico o normativo**

Pueden orientarse a:

- la implementación directa de una técnica o material en obra,
- la mejora de procesos de diseño o construcción,
- la incorporación de criterios técnicos en normativa,
- o recomendaciones para futuras investigaciones.

Ejemplo técnico:

*Se recomienda limitar el uso de concreto reciclado al 30 % del volumen total de agregados gruesos, a fin de mantener la resistencia mínima estructural según E.060.*

Ejemplo normativo:

*Se sugiere incorporar parámetros de permeabilidad vertical en la evaluación de infiltración para diseño de SUDS, lo cual no está contemplado en la actual Norma Técnica E.050.*

### 8.4.3 Claridad, viabilidad y relevancia

Las recomendaciones deben ser:

- **Claros:** sin ambigüedades.
- **Viables:** dentro de las condiciones técnicas y económicas del contexto.
- **Relevantes:** deben generar valor, eficiencia o sostenibilidad.

Ejemplo:

*Considerar la implementación de drenaje perimetral con geotextiles en cimentaciones expuestas a saturación temporal, a fin de preservar la capacidad portante.*

### 8.4.4 Priorizar según impacto

Se recomienda establecer un orden de prioridad en función del beneficio técnico, económico o ambiental que pueda aportar la recomendación.

Ejemplo:

\*1. Sustituir el 20 % del cemento por puzolana natural en zonas andinas para reducir costos y emisiones.

2. Capacitar al personal técnico en dosificación y curado del concreto con cenizas.

Las recomendaciones deben reflejar un pensamiento crítico, aplicado y éticamente responsable. Son la oportunidad para que el conocimiento científico tenga un efecto transformador en la ingeniería práctica.

## 8.5 Aportes a la ciencia, tecnología o gestión de la infraestructura

Toda investigación bien formulada debe generar aportes concretos que trasciendan la solución de un problema puntual. Estos aportes pueden materializarse en tres dimensiones: científica, tecnológica y de gestión, dependiendo de la naturaleza del proyecto desarrollado.

### **8.5.1 Aporte científico**

Se refiere al desarrollo o validación de nuevos conocimientos, teorías, métodos o relaciones entre variables. En el contexto de la ingeniería civil, puede incluir:

- Nuevas correlaciones entre propiedades del suelo y su capacidad portante.
- Modelos de comportamiento estructural en condiciones específicas.
- Resultados experimentales que permiten reinterpretar criterios de diseño.

Ejemplo:

*Se validó experimentalmente que la relación entre contenido de humedad óptimo y resistencia no drenada en suelos limosos compactados sigue un comportamiento cuasi parabólico, lo cual constituye un aporte al análisis geotécnico en climas húmedos.*

### **8.5.2 Aporte tecnológico**

Se refiere a la aplicación innovadora de técnicas, materiales o procesos que mejoren la eficiencia, sostenibilidad o seguridad en la ingeniería.

Esto puede incluir:

- Uso de residuos industriales o agroindustriales como materiales de construcción.
- Diseño de sistemas de drenaje más eficientes con materiales alternativos.
- Innovaciones en simulación numérica o modelamiento.

Ejemplo:

*El empleo de fibras de PET reciclado mejoró la tenacidad de las losas de concreto sin afectar significativamente la resistencia a compresión, lo cual representa una alternativa tecnológica sustentable para pisos industriales.*

### **8.5.3 Aporte a la gestión de la infraestructura**

Incluye propuestas que optimicen la toma de decisiones en el diseño, ejecución, operación o mantenimiento de obras civiles, tales como:

- Nuevas metodologías para evaluar vulnerabilidad estructural.
- Herramientas para priorizar inversiones en infraestructura vial.
- Propuestas para incluir criterios de sostenibilidad en licitaciones.

Ejemplo:

*Se diseñó un índice técnico-económico para jerarquizar intervenciones de mantenimiento en vías no pavimentadas, considerando transitabilidad, clima y disponibilidad presupuestal.*

#### **8.5.4 Relación con la práctica profesional**

Los aportes deben poder ser asimilados por la comunidad profesional o técnica. Por ello, es recomendable presentar los resultados de manera comprensible, con posibles aplicaciones o proyecciones reales.

Ejemplo:

*El procedimiento propuesto puede ser incorporado como anexo técnico en los manuales de diseño de estabilización vial en zonas de altura.*

### **8.6 Propuesta de líneas de investigación futura**

Al concluir un proyecto de investigación, es fundamental identificar oportunidades para nuevas investigaciones que complementen, profundicen o expandan los hallazgos obtenidos. Estas líneas futuras deben surgir de las limitaciones del estudio, de los vacíos identificados en la literatura o de nuevos interrogantes planteados por los resultados.

#### **8.6.1 Continuidad técnica del estudio**

Una de las formas más directas de proponer nuevas líneas es extender el alcance del estudio realizado, ya sea en escala, ubicación o condiciones específicas.

Ejemplo:

*Ampliar la evaluación del concreto con ceniza de bagazo de caña a elementos estructurales sometidos a flexión, para complementar los ensayos en compresión realizados en esta investigación.*

### **8.6.2 Comparación de materiales, métodos o tecnologías**

Cuando el estudio se centra en un material o método, puede proponerse su comparación con alternativas existentes, bajo criterios de eficiencia, sostenibilidad o costo.

Ejemplo:

*Comparar el desempeño hidráulico de geotextiles reciclados frente a geotextiles sintéticos comerciales en sistemas de drenaje superficial.*

### **8.6.3 Profundización en variables no abordadas**

A menudo, el diseño metodológico limita el número de variables estudiadas. Las futuras investigaciones pueden abordar aquellas dimensiones que quedaron fuera.

Ejemplo:

*Evaluar el comportamiento a largo plazo del concreto permeable frente a ciclos de congelamiento y descongelamiento, lo cual no fue considerado en la presente investigación.*

### **8.6.4 Estudios de validación en contextos distintos**

Una línea frecuente consiste en replicar el estudio en otras regiones, tipos de suelo, climas o contextos constructivos, para verificar la generalización de los hallazgos.

Ejemplo:

*Aplicar el modelo de predicción de asentamientos en suelos arcillosos propuesto, en otras zonas sísmicas del país, para validar su aplicabilidad nacional.*

### **8.6.5 Integración con otras disciplinas o enfoques**

También es recomendable abrir líneas interdisciplinarias, integrando la ingeniería con enfoques ambientales, económicos o sociales.

Ejemplo:

*Estudiar la percepción de riesgo de comunidades rurales frente a estructuras hidráulicas menores y su impacto en la sostenibilidad del proyecto.*

#### **8.6.6 Desarrollo de nuevas herramientas o metodologías**

El diseño o mejora de procedimientos, softwares, manuales o guías técnicas constituye otra línea de investigación valiosa.

Ejemplo:

*Diseñar un software de simulación de flujos en canales trapezoidales con sedimentación variable, adaptado a las condiciones andinas.*

## **IX. SUSTENTACIÓN Y CIERRE DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN**

### **9.1 Preparación estratégica para la defensa oral: estructura y planificación**

La defensa oral representa el momento culminante del proceso investigativo, en el que el autor expone su trabajo ante un jurado evaluador. Su preparación debe ser técnica, estratégica y comunicativa, con dominio tanto del contenido como de la estructura de la presentación.

#### ***9.1.1 Objetivos de la defensa***

- Demostrar conocimiento profundo del problema estudiado y del enfoque metodológico adoptado.
- Argumentar con evidencia la validez de los resultados obtenidos.
- Mostrar la aplicabilidad y relevancia del estudio dentro del campo profesional.

#### ***9.1.2 Estructura recomendada de la exposición***

Aunque puede adaptarse a las exigencias institucionales, una estructura básica incluye:

##### **1. Introducción**

- Justificación del estudio
- Objetivo general y específicos
- Alcances y limitaciones

##### **2. Marco teórico y antecedentes**

- Breve sustento conceptual
- Revisión de estudios clave

### **3. Metodología**

- Tipo de investigación
- Técnicas e instrumentos utilizados
- Proceso experimental

### **4. Resultados y análisis**

- Presentación de datos relevantes
- Interpretación técnica

### **5. Conclusiones y recomendaciones**

- Vinculadas a los objetivos
- Aplicabilidad práctica o normativa

#### ***9.1.3 Estrategias de planificación***

- Ensayar la exposición en voz alta, midiendo el tiempo (15–20 minutos es lo más común).
- Preparar un guion o esquema visual de apoyo (no memorizar palabra por palabra).
- Anticipar preguntas técnicas y preparar respuestas basadas en datos.
- Coordinar previamente la operatividad de los equipos audiovisuales.

#### **Ejemplo aplicado:**

En una investigación sobre el uso de ceniza de cáscara de haba como sustituto del cemento, el estudiante debe exponer los fundamentos químicos de la ceniza, el diseño experimental y la mejora observada en la resistencia a compresión, justificando con tablas comparativas y normas técnicas (ASTM C109, NTP 339.034).

## **9.2 Diseño y elaboración de presentaciones técnicas**

Una presentación técnica bien diseñada es clave para comunicar los hallazgos del estudio de forma clara, lógica y profesional. En el contexto de la Ingeniería Civil, debe resaltar aspectos técnicos, normativos y aplicados del proyecto investigativo.

### ***9.2.1 Principios de diseño técnico***

Una buena presentación debe cumplir con los principios de:

- **Claridad visual:** uso moderado de texto, tipografía legible y contraste adecuado.
- **Jerarquía informativa:** títulos, subtítulos y viñetas que guíen la exposición.
- **Coherencia visual:** uniformidad en colores, estilo de gráficos y diseño de diapositivas.
- **Pertinencia técnica:** incluir diagramas, planos, esquemas constructivos o ensayos relevantes.

### ***9.2.2 Contenido sugerido para las diapositivas***

Se recomienda distribuir las diapositivas de la siguiente manera (para una exposición de 15–20 minutos):

1. **Portada:** título del proyecto, nombre del autor, fecha.
2. **Justificación y objetivos** (1–2 diapositivas).
3. **Antecedentes y marco teórico** (1 diapositiva).
4. **Metodología** (2–3 diapositivas): diseño experimental, instrumentos y materiales.
5. **Resultados** (3–4 diapositivas): tablas, figuras, fotos de laboratorio o simulación.
6. **Conclusiones y recomendaciones** (1–2 diapositivas).
7. **Bibliografía técnica** (1 diapositiva, en formato APA 7).
8. **Diapositiva final:** agradecimiento y apertura a preguntas.

### ***9.2.3 Recursos visuales comunes en Ingeniería Civil***

- Diagramas de flujo de procesos constructivos.
- Cortes transversales de estructuras.
- Fotografías de ensayos de materiales (ej. prueba de asentamiento, ensayo de compresión).

- Gráficos de correlación resistencia–tiempo o asentamiento–resistencia.
- Modelos numéricos o simulaciones (AutoCAD, SAP2000, HEC-RAS, etc.).

### **Ejemplo:**

En una investigación sobre la influencia del tipo de curado en la resistencia del concreto, el estudiante presenta una gráfica comparativa de la resistencia a compresión a 7 y 28 días, según los distintos métodos de curado utilizados. Incluye imágenes de los especímenes ensayados y destaca el cumplimiento de la norma ASTM C511.

## **9.3 Dominio escénico, argumentación y lenguaje técnico oral**

Durante la defensa oral, no solo se evalúa el contenido del trabajo, sino también la capacidad del expositor para comunicar sus ideas con seguridad, claridad y propiedad técnica. El dominio escénico y la argumentación fundamentada son esenciales para transmitir confianza y dominio del tema.

### ***9.3.1 Postura y expresión corporal***

- Mantener una postura erguida y segura.
- Establecer contacto visual con el jurado.
- Controlar gestos y movimientos para que no distraigan.
- Evitar leer constantemente las diapositivas o el guion.

### ***9.3.2 Lenguaje técnico y claridad***

- Usar términos propios de la ingeniería de forma precisa (asentamiento, módulo de elasticidad, coeficiente de permeabilidad, etc.).
- Evitar jergas coloquiales o expresiones vagas.
- Explicar brevemente los términos técnicos complejos si el contexto lo requiere.

### ***9.3.3 Argumentación con evidencia***

- Responder las preguntas del jurado con base en los resultados obtenidos, tablas, normas técnicas o bibliografía consultada.
- Evitar respuestas evasivas como “eso no lo vimos” o “no recuerdo”; en su lugar, reconocer los límites del estudio o proponer que podría ser parte de investigaciones futuras.
- Si se presenta una crítica válida, agradecerla y reflexionar sobre su utilidad.

### ***9.3.4 Gestión del tiempo y ritmo de exposición***

- Hablar a un ritmo pausado pero fluido, sin extenderse demasiado en una sola diapositiva.
- Controlar el tiempo total para no sobrepasar los 20 minutos estándar.
- Usar conectores lógicos (primero, luego, por otro lado, finalmente) para mantener una línea de exposición coherente.

#### **Ejemplo aplicado:**

Ante una pregunta sobre la variación de la resistencia a flexión en losas con adición de fibras recicladas, el estudiante responde señalando: “Según los ensayos realizados bajo norma ASTM C1609, se evidenció una mejora del 18.5 % en la tenacidad del concreto reforzado con 1 % de fibras PET, en comparación con el concreto convencional. Este comportamiento coincide con lo reportado por García et al. (2022) en condiciones similares.”

## **9.4 Preguntas frecuentes del jurado y recomendaciones para responder con evidencia**

Durante la sustentación oral, el jurado busca evaluar la solidez técnica, metodológica y argumentativa del trabajo. Las preguntas suelen enfocarse en aclarar decisiones del diseño metodológico, interpretar resultados, contrastar con la teoría o cuestionar la aplicabilidad del estudio. Anticiparse a estos interrogantes permite responder con precisión y seguridad.

### ***9.4.1 Tipos comunes de preguntas del jurado***

#### **1. Sobre la justificación o relevancia del tema**

- ¿Por qué eligió este problema?
- ¿Qué aporte concreto hace a la ingeniería?

#### **2. Sobre metodología o diseño experimental**

- ¿Por qué eligió este tipo de diseño?
- ¿Cómo validó sus instrumentos o pruebas?

#### **3. Sobre interpretación de resultados**

- ¿A qué se debe esta diferencia entre grupos?
- ¿Cómo explica este comportamiento observado?

#### **4. Sobre la relación con la teoría o normativa**

- ¿Qué norma técnica respalda este procedimiento?
- ¿Qué autores sostienen lo que usted plantea?

#### **5. Sobre limitaciones o aspectos no abordados**

- ¿Por qué no se consideró la variable X?
- ¿Qué haría diferente si repitiera el estudio?

#### **6. Sobre aplicabilidad o recomendaciones**

- ¿Cómo se aplicaría esto en una obra real?
- ¿Cuál es el beneficio técnico o económico?

### ***9.4.2 Estrategias para responder eficazmente***

- **Citar datos y evidencias concretas:** “Según los ensayos realizados bajo la norma ASTM C39...”.
- **Hacer referencia a autores o estudios consultados:** “Como señala Neville (2012), la hidratación del cemento está directamente vinculada al tipo de curado”.
- **Reconocer limitaciones con criterio técnico:** “No se consideró la humedad relativa del ambiente, lo cual podría influir en la velocidad de fraguado. Esto será abordado en futuros trabajos”.

- **Evitar confrontaciones:** agradecer las observaciones, tomar nota y responder con apertura.
- **No improvisar sin respaldo:** si no se cuenta con la información precisa, es preferible responder: “Es un aspecto importante que merece un análisis más detallado; tomaremos nota para futuras investigaciones”.

**Ejemplo aplicado:**

Pregunta del jurado: *¿Por qué utilizó 15% de adición de ceniza y no otro porcentaje?*

Respuesta:

“Se seleccionó el 15 % porque estudios previos, como el de Flores y Muñoz (2021), reportaron mejoras significativas en resistencia a compresión y durabilidad con ese porcentaje. Además, nuestras pruebas piloto mostraron buen desempeño en trabajabilidad y fraguado.”

## X. PUBLICACIÓN CIENTÍFICA EN INGENIERÍA CIVIL

### 10.1 Fundamentos y beneficios de publicar resultados de investigación

La publicación científica es el mecanismo principal para compartir el conocimiento generado a través de la investigación. Publicar los hallazgos obtenidos no solo permite contribuir al avance de la ciencia y la ingeniería, sino también legitimar el trabajo realizado mediante la evaluación por pares y su difusión en comunidades académicas.

#### *10.1.1 ¿Por qué publicar en ingeniería?*

- **Socialización del conocimiento:** Una investigación que no se publica pierde alcance. A través de la publicación, los avances en materiales, estructuras, hidráulica o geotecnia pueden ser utilizados por otros profesionales, mejorando obras reales.
- **Reconocimiento académico y profesional:** Publicar en revistas científicas, especialmente indexadas, refuerza el perfil del autor como profesional investigador. En muchos casos, también es un requisito para acceder a posgrados, concursos académicos o fondos de financiamiento.
- **Retroalimentación científica:** El proceso de revisión por pares permite recibir observaciones técnicas que fortalecen el contenido del artículo, asegurando calidad y rigurosidad metodológica.
- **Aplicación práctica:** En ingeniería civil, los resultados pueden contribuir directamente al diseño de obras más eficientes, sostenibles o seguras. Por ejemplo, investigaciones sobre nuevos aditivos en concreto pueden ser aplicadas en pavimentos, puentes o edificaciones.

### ***10.1.2 Impacto académico y profesional***

- Las publicaciones son medibles a través de indicadores como citas, índice H o factor de impacto.
- Aumentan la visibilidad del investigador en bases como Scopus o Google Scholar.
- Permiten establecer redes académicas y participar en comunidades científicas temáticas.

**Ejemplo:** Un trabajo experimental sobre el uso de ceniza de cáscara de arroz como sustituto parcial del cemento Portland se convierte en un artículo publicado en *Revista de la Construcción* (SciELO), siendo citado por otros autores interesados en materiales sostenibles.

## **10.2 Tipos de publicaciones científicas: artículos originales, revisiones, estudios de caso**

En el ámbito académico y técnico de la ingeniería, existen diferentes tipos de publicaciones científicas. Cada una cumple un objetivo distinto y requiere una estructura y nivel de profundidad particulares. Conocer estas tipologías permite elegir el formato más adecuado para difundir los hallazgos de un proyecto.

### ***10.2.1 Artículo original (o artículo de investigación)***

Es el tipo más común y valorado. Presenta resultados inéditos obtenidos mediante un proceso metodológico riguroso. Describe claramente el problema, objetivos, metodología, análisis de datos, resultados, discusión y conclusiones. Sigue generalmente la estructura IMRyD (Introducción, Métodos, Resultados y Discusión).

**Ejemplo:** Un artículo que reporta el comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto con adición de fibra de cabuya, en base a ensayos de laboratorio.

### ***10.2.2 Artículo de revisión (literature review)***

Analiza, organiza y sintetiza críticamente la información publicada previamente sobre un tema específico. No presenta datos nuevos, sino que evalúa el estado del arte, identifica vacíos de conocimiento o propone líneas de investigación futuras. Es útil para fundamentar proyectos de investigación o actualizarse en un campo técnico.

**Ejemplo:** Revisión sistemática sobre el uso de geopolímeros como material alternativo en elementos estructurales.

### ***10.2.3 Estudio de caso (case study)***

Describe y analiza a profundidad una situación técnica particular (obra, proceso, fenómeno, patología constructiva, etc.) en un contexto real. Aunque no pretende generalizar resultados, aporta evidencia empírica relevante para la práctica profesional y puede inspirar nuevas investigaciones.

**Ejemplo:** Análisis del colapso de un muro de contención durante la temporada de lluvias en una zona urbana de altura, con revisión de causas, soluciones adoptadas y lecciones aprendidas.

### ***10.2.4 Otros tipos comunes***

- **Nota técnica:** Presenta una mejora, innovación o hallazgo puntual sin desarrollar una investigación completa.
- **Comunicación corta:** Similar a una nota técnica, pero usualmente limitada a dos o tres páginas.
- **Carta al editor:** Comentario crítico o ampliación sobre un artículo previamente publicado.
- **Reporte técnico o normativo:** Documento aplicado a una entidad profesional, que puede ser base de un artículo si se ajusta al formato académico.

**Recomendación:** Para estudiantes o egresados, el tipo más adecuado para iniciar en la publicación científica es el artículo original, utilizando como base su trabajo de investigación aplicado.

## 10.3 Adaptación de una tesis a un artículo científico (estructura IMRyD)

Una forma efectiva de iniciar la carrera académica es convertir el trabajo final de investigación en un artículo científico. Para ello, se debe realizar un proceso de síntesis, reorganización y reescritura siguiendo el formato internacionalmente reconocido: **IMRyD** (Introducción, Métodos, Resultados y Discusión).

### 10.3.1 Reducción de contenido

Una tesis suele tener entre 80 y 120 páginas, mientras que un artículo científico estándar debe limitarse entre 3,000 y 7,000 palabras, dependiendo de la revista. Esto obliga a **seleccionar solo la información clave**, omitir anexos extensos, eliminar redundancias y enfocarse en los aspectos más relevantes del estudio.

### 10.3.2 Estructura IMRyD aplicada

- **Introducción:** Plantea el problema, justificación, antecedentes relevantes, brecha de conocimiento y objetivo principal. Debe ser clara, precisa y respaldada con fuentes actualizadas.
- **Métodos:** Resume el diseño metodológico, materiales, procedimientos y técnicas utilizadas para la recolección y análisis de datos. En ingeniería, debe explicarse con lenguaje técnico, unidades y normas aplicadas (ej. ASTM, AASHTO, NTP).
- **Resultados:** Presenta los datos procesados mediante tablas, gráficos o esquemas. Deben ser interpretables de forma autónoma, sin narrativas extensas. No incluir datos brutos o repetitivos.
- **Discusión:** Interpreta los hallazgos, los compara con estudios previos y extrae implicancias técnicas. Esta sección es clave para demostrar la originalidad y aplicabilidad del estudio.
- **Conclusiones** (opcional según la revista): Destaca los principales hallazgos y sus aportes técnicos. Se sugiere redactarlas de forma breve, alineadas con los objetivos.

### 10.3.3 Consideraciones adicionales

- **Título del artículo:** Debe ser más conciso, técnico y orientado a resultados. Evitar títulos largos o muy generales.
- **Resumen (abstract):** Escrito en tiempo pasado, resume objetivo, metodología, resultados y conclusiones en no más de 250 palabras. Usualmente en inglés y español.
- **Palabras clave (keywords):** Entre 3 y 6 términos técnicos específicos, que ayuden a indexar el artículo en bases de datos científicas.
- **Referencias:** Solo incluir las citas realmente usadas en el texto. Seguir estrictamente el estilo de citación requerido por la revista (frecuentemente APA 7 o IEEE).

#### **Ejemplo:**

Una investigación sobre el diseño experimental de un concreto permeable para zonas urbanas fue adaptada exitosamente a un artículo siguiendo la estructura IMRyD. En la versión final, el autor enfocó la introducción en la problemática de drenaje urbano, resumió los ensayos de laboratorio más significativos y discutió sus ventajas comparativas frente al concreto tradicional.

## 10.4 Selección de revistas científicas nacionales e indexadas (Scopus, SciELO, DOAJ)

La elección de la revista adecuada es un paso estratégico en la publicación científica. No solo determina la visibilidad del artículo, sino también su impacto en la comunidad académica y profesional. Existen revistas de alcance local, regional e internacional, con criterios de calidad distintos y enfoques editoriales específicos.

### 10.4.1 Clasificación de revistas según indexación

- **Revistas indexadas en Scopus y Web of Science:** Son las más prestigiosas a nivel internacional. Exigen alta calidad científica, revisión por pares rigurosa y publicaciones en inglés. Suelen tener métricas como el *CiteScore* o el *Journal Impact Factor*.

- **Revistas en SciELO y RedALyC:** Enfocadas en América Latina y el Caribe, combinan calidad académica con pertinencia local. Publican en español y portugués, y son accesibles para investigadores que inician en la publicación científica.
- **Revistas en DOAJ (Directory of Open Access Journals):** Se centran en acceso abierto y transparencia editorial. Muchas están bien posicionadas sin tener restricciones comerciales.

#### ***10.4.2 Factores para elegir una revista adecuada***

- **Afinidad temática:** Revisar artículos recientes para asegurarse de que el enfoque técnico coincida con el tema abordado (materiales, estructuras, hidráulica, geotecnia, etc.).
- **Alcance geográfico:** Algunas revistas priorizan investigaciones con aplicación local, otras buscan estudios comparativos o con impacto global.
- **Tipo de artículo aceptado:** No todas las revistas aceptan artículos de caso o revisiones. Verificar las secciones disponibles: investigación original, comunicaciones cortas, revisiones, notas técnicas.
- **Idioma de publicación:** Considerar si el artículo debe enviarse en español, portugués o inglés. Las revistas internacionales exigen casi siempre inglés técnico.
- **Tiempo de respuesta:** Algunas revistas tienen procesos ágiles (3 a 6 meses), mientras que otras pueden tardar un año o más. Es útil revisar estadísticas editoriales si están disponibles.
- **Costo de publicación:** Existen revistas gratuitas (especialmente en SciELO y DOAJ), pero otras pueden exigir un *Article Processing Charge* (APC) para publicar en acceso abierto.

#### ***10.4.3 Ejemplos de revistas recomendadas***

- **Revistas nacionales (Perú):**
  - *Ingeniería Civil* (Colegio de Ingenieros del Perú)
  - *Revista de la Facultad de Ingeniería Civil – UNI*
  - *Ciencia e Ingeniería* (Universidad de Piura)

- **Revistas latinoamericanas indexadas:**

- *Revista de la Construcción* (Chile, SciELO)
- *Ingeniería e Investigación* (Colombia, Scopus)
- *DYNA* (Colombia, Scopus)

- **Revistas internacionales de ingeniería:**

- *Construction and Building Materials* (Elsevier, Scopus)
- *Journal of Civil Engineering and Management* (Taylor & Francis, Scopus)
- *Materials* (MDPI, Scopus – acceso abierto)

**Consejo práctico:** Antes de enviar el artículo, leer cuidadosamente las “Instrucciones para autores” y seguir al pie de la letra el formato exigido por la revista. Adaptar el manuscrito desde el inicio ahorra tiempo y reduce rechazos editoriales.

## **10.5 Proceso editorial: envío, revisión por pares, observaciones, aprobación**

Publicar los resultados de una investigación implica atravesar un proceso editorial que garantiza la calidad científica y la transparencia del contenido. Este proceso, si bien puede variar entre revistas, generalmente sigue una secuencia estructurada que todo investigador debe conocer y respetar.

### ***10.5.1 Envío del manuscrito***

El proceso comienza con el envío del manuscrito a través del sistema de gestión editorial de la revista, como *Editorial Manager*, *OJS* o *ScholarOne*. Es imprescindible que el documento cumpla estrictamente con las “**Instrucciones para autores**”, incluyendo:

- Formato estructural (IMRyD en artículos originales).
- Extensión máxima permitida.
- Tipo de archivo (generalmente .docx y PDF).
- Formato de figuras y tablas.

- Estilo de citación (por ejemplo, APA 7.<sup>a</sup> edición o Vancouver).
- Carta de presentación (*cover letter*) y declaración de originalidad.

**Ejemplo:** Un investigador en estructuras somete un artículo sobre el análisis no lineal de pórticos de concreto reforzado, asegurando que el manuscrito tenga todas las secciones y figuras según lo requerido por la revista *Construction and Building Materials*.

### ***10.5.2 Revisión editorial preliminar***

Una vez recibido el manuscrito, el editor de sección realiza una revisión inicial para comprobar:

- Pertinencia temática.
- Cumplimiento de normas de formato.
- Ausencia de plagio (utilizando software como Turnitin o iThenticate).

Si el artículo no pasa esta etapa, puede ser rechazado sin revisión por pares (*desk rejection*).

### ***10.5.3 Revisión por pares (peer review)***

El manuscrito es enviado a uno o más revisores expertos en la temática. Este proceso puede ser:

- **Doble ciego:** ni autores ni revisores conocen sus identidades.
- **Simple ciego:** los revisores conocen a los autores.
- **Abierto:** ambas partes conocen sus identidades (menos común).

Los revisores evalúan aspectos como:

- Originalidad del estudio.
- Rigor metodológico.
- Coherencia y solidez de los resultados.
- Actualidad y relevancia de las referencias.
- Claridad en la redacción científica.

Las decisiones posibles son:

- a) Aceptado sin cambios,
- b) Aceptado con correcciones menores,
- c) Aceptado con correcciones mayores,
- d) Rechazado.

**Ejemplo:** Un artículo sobre modelamiento de escorrentía urbana mediante SWMM recibe observaciones técnicas sobre el periodo de calibración de lluvias. El autor responde con justificación técnica y gráficos actualizados.

#### ***10.5.4 Corrección de observaciones***

El autor debe atender cuidadosamente los comentarios y enviar una versión corregida en el plazo indicado (usualmente entre 1 y 4 semanas). Debe incluir una **carta de respuesta** explicando los cambios realizados punto por punto.

Una actitud respetuosa y argumentada en esta fase aumenta las probabilidades de aceptación.

#### ***10.5.5 Aprobación y publicación***

Una vez aprobada la versión final, el artículo pasa a edición de estilo, diagramación y publicación (en línea o impresa). En revistas de acceso abierto, se asigna un DOI (Digital Object Identifier) y se publica en la plataforma web de la revista.

**Ejemplo:** Tras varios meses, un artículo sobre la durabilidad de pavimentos reciclados en climas cálidos es aceptado y publicado en *Revista de la Construcción (Chile)*, obteniendo visibilidad académica y profesional.

El conocimiento de este proceso permite a los ingenieros planificar su publicación con tiempos realistas, fortalecer la calidad de sus escritos y aumentar el impacto de su trabajo en la comunidad científica.

## 10.6 Ética de la publicación: autoría, plagio, originalidad y conflictos de interés

La ética en la publicación científica es esencial para preservar la integridad académica. El Comité de Ética en Publicaciones (COPE) establece principios como: la autoría debe reflejar contribuciones reales, está prohibido el plagio, y los autores deben declarar conflictos de interés.

Según Resnik (2011), el plagio técnico no solo implica copiar textos, sino también usar planos estructurales, gráficos o resultados sin citar. Además, en proyectos colaborativos de ingeniería, la asignación injusta de autoría puede generar disputas académicas y éticas.

**Ejemplo:** Un artículo sobre dosificaciones con adición de puzolana natural es retirado al comprobarse que una tabla con proporciones fue copiada de una tesis previa sin referenciar. Esto se consideró plagio técnico, lo que invalida la publicación.

## 10.7 Difusión en congresos, repositorios institucionales y redes académicas

La difusión científica amplía el impacto del conocimiento generado. Presentar en congresos especializados permite retroalimentación técnica y networking profesional. Asimismo, el depósito en repositorios institucionales garantiza acceso abierto a los resultados de investigación.

Plataformas como ResearchGate, Academia.edu o el Repositorio RENATI en Perú permiten visibilidad global de los trabajos científicos. Además, muchas universidades exigen el registro de tesis en sus bibliotecas digitales con DOI y metadatos.

**Ejemplo:** Un egresado presenta su investigación sobre el uso de escoria de alto horno como agregado en concreto permeable en el Congreso Internacional de Ingeniería Civil. Posteriormente, publica un resumen extendido en el repositorio de su universidad y comparte los datos experimentales en Zenodo.

# ANEXOS

## ANEXO 01: Matriz de consistencia

**Tabla 3.** *Matriz de consistencia*

| Componentes                   | Descripción                                                                                        |
|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Problema general</b>       | ¿Cuál es la situación problemática que motiva el estudio?                                          |
| <b>Problemas específicos</b>  | Subproblemas derivados del problema general (2 a 3)                                                |
| <b>Objetivo general</b>       | Qué se busca lograr con la investigación<br>(responde al problema general)                         |
| <b>Objetivos específicos</b>  | Derivan directamente de los problemas específicos.<br>Usan verbos operativos y son medibles.       |
| <b>Hipótesis general</b>      | Proposición tentativa que responde al objetivo general<br>y será contrastada.                      |
| <b>Hipótesis específicas</b>  | Derivan de los objetivos específicos. Se formulan como relaciones<br>entre variables.              |
| <b>Variable independiente</b> | Variable manipulada o analizada como causa.<br>Se descompone en dimensiones e indicadores.         |
| <b>Variable dependiente</b>   | Resultado observado. También con dimensiones e indicadores.                                        |
| <b>Variable de control</b>    | Factores que se mantienen constantes o que pueden influir<br>en los resultados si no se controlan. |
| <b>Diseño metodológico</b>    | Tipo de investigación, nivel, enfoque, diseño, población,<br>muestra, técnicas e instrumentos.     |
| <b>Técnicas de análisis</b>   | Técnicas estadísticas o cualitativas que se emplearán para<br>procesar los datos.                  |

*Nota.* Elaboración propia

## GUÍA EXPLICATIVA DE CADA CAMPO:

### 1. Problema general

- Es una pregunta que resume la incertidumbre central del estudio.
- Ejemplo: *¿Cuál es el efecto del uso de ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto en Ayacucho?*

### 2. Problemas específicos

- Se derivan del problema general. Exploran dimensiones o partes del problema más amplias.
- Ej.: *¿Qué influencia tiene la dosificación de ceniza en la resistencia a la compresión del concreto?*

### 3. Objetivo general

- Es lo que se espera alcanzar en respuesta al problema general.
- Ej.: *Determinar la influencia de la ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto.*

### 4. Objetivos específicos

- Detallan los pasos para lograr el objetivo general.
- Deben ser concretos, claros y medibles.
- Ej.: *Evaluar la resistencia a compresión del concreto con diferentes porcentajes de ceniza.*

### 5. Hipótesis general y específicas

- Son afirmaciones tentativas que relacionan variables.
- Se formulan de manera que puedan ser comprobadas o refutadas.

### 6. Variables (independiente, dependiente, control)

- Se identifican las principales variables del estudio.
- Cada una debe tener sus dimensiones e indicadores definidos en una tabla de operacionalización (ver Anexo 2).

### 7. Diseño metodológico

- Incluye:
  - Tipo: básico/aplicado.
  - Enfoque: cuantitativo/cualitativo/mixto.

- Nivel: descriptivo, correlacional, explicativo, etc.
- Diseño: experimental, cuasiexperimental, no experimental, etc.
- Población y muestra.
- Técnicas e instrumentos de recolección.

## 8. Técnicas de análisis

- Estadísticas descriptivas (media, desviación estándar).
- Inferencia estadística (ANOVA, regresión, correlación).
- Para cualitativos: codificación temática, análisis de contenido, etc.

## ANEXO 2: Tabla de Operacionalización de Variables

**Tabla 4.** *Formato tabla de operacionalización*

| Variable                | Dimensión                  | Indicador                           | Escala de medición       | Técnica de recolección      | Instrumento               |
|-------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| (Nombre de la variable) | (Aspectos que la componen) | (Cómo se va a medir cada dimensión) | (Nominal, ordinal, etc.) | (Observación, ensayo, etc.) | (Ficha, guía, hoja, etc.) |

*Nota.* Elaboración propia

## EJEMPLO APLICADO

**Tabla 5.** *Ejemplo aplicado a un caso real - Tema: Influencia de la ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto*

**Variable independiente: Porcentaje de ceniza de cáscara de haba**

| Variable                                | Dimensión                       | Indicador                               | Escala de medición   | Técnica de recolección | Instrumento               |
|-----------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------------|----------------------|------------------------|---------------------------|
| Porcentaje de ceniza de cáscara de haba | Sustitución parcial del cemento | % en peso de ceniza respecto al cemento | Cuantitativa - razón | Ensayo de dosificación | Protocolo de mezclas      |
|                                         | Tipo de mezcla                  | Mezcla patrón y mezclas modificadas     | Categórica nominal   | Observación técnica    | Hoja de control de diseño |

**Variable dependiente: Propiedades mecánicas del concreto**

| Variable                           | Dimensión                | Indicador                                | Escala de medición   | Técnica de recolección | Instrumento                            |
|------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|----------------------|------------------------|----------------------------------------|
| Propiedades mecánicas del concreto | Resistencia a compresión | kg/cm <sup>2</sup> a los 7, 14 y 28 días | Cuantitativa - razón | Ensayo de compresión   | Prensa hidráulica, protocolo de ensayo |
|                                    | Módulo de elasticidad    | Relación esfuerzo-deformación            | Cuantitativa - razón | Ensayo mecánico        | Curva esfuerzo-deformación             |
|                                    | Densidad del concreto    | kg/m <sup>3</sup>                        | Cuantitativa - razón | Ensayo físico          | Balanza, cilindro de volumen           |

*Nota.* Elaboración propia

## GUÍA DE USO:

- Cada **variable** se descompone en **dimensiones** (aspectos internos o medibles).
- Los **indicadores** traducen las dimensiones a elementos observables o cuantificables.
- La **escala de medición** depende del tipo de dato: nominal, ordinal, intervalo, razón.
- La **técnica** es el procedimiento para obtener los datos (ensayo, encuesta, etc.).
- El **instrumento** es el medio físico o herramienta concreta usada.

## ANEXO 3: Fichas bibliográficas y Matriz de Antecedentes

**Tabla 6.** *Formato práctico: Fichas bibliográficas (para organizar información individual de cada fuente)*

| Campo                             | Contenido                                                                   |
|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>Tipo de fuente</b>             | (Artículo, tesis, libro, norma técnica, informe técnico, etc.)              |
| <b>Referencia en APA 7</b>        | Autor(es). (Año). <i>Título</i> . Editorial / Revista. DOI o URL            |
| <b>Tema abordado</b>              | Tema central del documento                                                  |
| <b>Objetivo del estudio</b>       | Finalidad principal que plantea la fuente                                   |
| <b>Tipo de estudio</b>            | Cuantitativo, cualitativo, experimental, descriptivo, correlacional, etc.   |
| <b>Metodología aplicada</b>       | Diseño, muestra, técnicas, instrumentos, ubicación geográfica si es el caso |
| <b>Resultados clave</b>           | Datos o conclusiones principales                                            |
| <b>Relevancia para el estudio</b> | Cómo se relaciona con tu proyecto o qué aporta metodológica o temáticamente |

*Nota.* Elaboración propia

**Tabla 7.** *Formato práctico: Matriz de antecedentes (compila varias fichas en formato comparativo)*

| Nº | Autor y año            | Título del estudio                           | País / lugar | Tipo de estudio | Variables principales             | Hallazgos clave                            | Aporte al estudio propio                    |
|----|------------------------|----------------------------------------------|--------------|-----------------|-----------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 1  | López & Ramírez (2021) | Sustitución parcial de cemento por ceniza... | Colombia     | Experimental    | % de ceniza / resistencia         | Incremento de resistencia al 28 días       | Soporta el uso de residuos agroindustriales |
| 2  | Zhang et al. (2020)    | Ash-based binders for sustainable concrete   | China        | Cuantitativo    | Relación agua/ceniza, durabilidad | Mayor durabilidad con ceniza activada      | Aporta fundamentos químicos                 |
| 3  | Córdova (2023)         | Ceniza de bagazo en concreto                 | Perú         | Descriptivo     | Densidad, trabajabilidad          | Buena manejabilidad con 10% de sustitución | Justifica uso local de residuos agrícolas   |

*Nota.* Elaboración propia

## ¿Cómo usar estos formatos?

1. **Fichas:** te ayudan a analizar **cada fuente individualmente**, ideal para tener claridad en revisiones sistemáticas o fichaje.
2. **Matriz:** permite **comparar y sintetizar** varios antecedentes en una sola vista, útil para el capítulo 1 (marco teórico/estado del arte).

### Ventajas del uso:

- Aporta **orden y trazabilidad** en la revisión de literatura técnica.
- Facilita detectar **vacíos temáticos** y justificar tu proyecto.
- Útil para tesis, informes técnicos, artículos o sustentaciones.

## ANEXO 4: Plantilla de Plan de Tesis

### ESTRUCTURA FORMAL DEL PLAN DE TESIS

#### 1. TÍTULO DEL PROYECTO

- Claro, específico, incluye variables (si aplica), población, y ubicación.

*Ejemplo:*

Influencia de la ceniza de cáscara de haba en las propiedades mecánicas del concreto en Ayacucho – 2025

#### 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

- **2.1. Descripción del problema**
- **2.2. Formulación del problema** (pregunta general y específicas)
- **2.3. Justificación** (relevancia científica, social, técnica)
- **2.4. Delimitación** (espacial, temporal, temática, poblacional)

#### 3. OBJETIVOS

- **3.1. Objetivo general**
- **3.2. Objetivos específicos**  
(Redactados con verbos operativos, claros y medibles)

## **4. MARCO TEÓRICO**

- **4.1. Antecedentes** (resumen de investigaciones previas relevantes)
- **4.2. Bases teóricas** (conceptos clave y teorías que sustentan el estudio)
- **4.3. Definiciones operacionales de variables**  
(indicar dimensiones, indicadores y forma de medición)
- 

## **5. HIPÓTESIS Y VARIABLES**

- **5.1. Hipótesis general**
- **5.2. Hipótesis específicas**
- **5.3. Variable independiente y dependiente**
- **5.4. Variables de control o intervinientes**
- 

## **6. METODOLOGÍA**

- **6.1. Tipo y nivel de investigación**
- **6.2. Enfoque** (cuantitativo, cualitativo, mixto)
- **6.3. Diseño metodológico**
- **6.4. Población y muestra**
- **6.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**
- **6.6. Técnicas de procesamiento y análisis**
- 

## **7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES**

- (Usar un diagrama de Gantt con fases: revisión, diseño, recolección, análisis, redacción)
- 

## **8. PRESUPUESTO**

- (Lista detallada de recursos materiales, humanos, logísticos; formato en soles o dólares)

## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Normas APA 7ª edición, ordenadas alfabéticamente.

*Ejemplo:*

Neville, A. M. (2012). *Propiedades de los concretos*. McGraw-Hill.

## 10. ANEXOS

- Matriz de consistencia, tabla de operacionalización, fichas, permisos, planos, protocolos, etc.

### ANEXO 5: Cronograma de Actividades y Presupuesto del Proyecto

**Tabla 8.** *Cronograma de actividades (Ejemplo - formato gantt)*

| Actividad                               | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | Mes 4 | Mes 5 | Mes 6 | Responsable      |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|
| 1. Revisión bibliográfica               | ☑     | ☑     |       |       |       |       | Tesista          |
| 2. Formulación del problema y objetivos | ☑     | ☑     |       |       |       |       | Tesista / Asesor |
| 3. Elaboración del marco teórico        |       | ☑     | ☑     |       |       |       | Tesista          |
| 4. Diseño metodológico                  |       |       | ☑     |       |       |       | Tesista          |
| 5. Recolección de datos                 |       |       |       | ☑     | ☑     |       | Tesista          |
| 6. Análisis de resultados               |       |       |       |       | ☑     | ☑     | Tesista          |
| 7. Redacción de resultados y discusión  |       |       |       |       | ☑     | ☑     | Tesista          |
| 8. Presentación final y sustentación    |       |       |       |       |       | ☑     | Tesista / Comité |

*Nota.* Elaboración propia

**Adaptable a cualquier duración** (trimestres, bimestres o meses).

**Tabla 9.** *Presupuesto del proyecto (Ejemplo)*

| Ítem                      | Descripción                           | Unidad | Cantidad | Costo Unitario (S/) | Subtotal (S/)   |
|---------------------------|---------------------------------------|--------|----------|---------------------|-----------------|
| 1. Materiales             | Cemento, ceniza, aditivos             | bolsa  | 10       | 28.00               | 280.00          |
| 2. Ensayos de laboratorio | Compresión, tracción, módulo elástico | ensayo | 6        | 80.00               | 480.00          |
| 3. Transporte             | Traslado a planta/laboratorio         | viaje  | 4        | 50.00               | 200.00          |
| 4. Impresión y empastado  | Tesis final (3 ejemplares)            | unidad | 3        | 30.00               | 90.00           |
| 5. Misceláneos            | USB, papel, lápices, etc.             | lote   | 1        | 50.00               | 50.00           |
| <b>TOTAL</b>              |                                       |        |          |                     | <b>1,100.00</b> |

*Nota.* Elaboración propia

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bernal, C. A. (2010). Metodología de la investigación: para administración, economía, humanidades y ciencias sociales (3.<sup>a</sup> ed.). Pearson Educación.

Bunge, M. (2000). La investigación científica: su estrategia y su filosofía (2.<sup>a</sup> ed.). Siglo XXI Editores.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2021). Metodología de la investigación (7.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Tamayo, M. & Tamayo, M. (2009). El proceso de la investigación científica (5.<sup>a</sup> ed.). Limusa.

American Concrete Institute (ACI). (2019). Building code requirements for structural concrete (ACI 318-19). <https://www.concrete.org>

ASTM International. (2023). Annual Book of ASTM Standards. Volume 04.02 Concrete and Aggregates. <https://www.astm.org>

Neville, A. M. (2012). Propiedades de los concretos (5.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (2022). Fundamentos de investigación: el proceso de la investigación científica (3.<sup>a</sup> ed.). McGraw-Hill.

UNI (Universidad Nacional de Ingeniería). (2021). Reglamento de elaboración de tesis para programas de pregrado y posgrado. Repositorio Institucional UNI. <https://repositorio.uni.edu.pe>

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento – MVCS (Perú). (2020). Reglamento Nacional de Edificaciones. <https://www.gob.pe/mvcs>

INDECOPI. (2022). Normas Técnicas Peruanas – Cemento, Concreto y Agregados. <https://www.indecopi.gob.pe/normas-tecnicas>

INEI. (2023). Guía metodológica para el diseño de investigaciones aplicadas en ingeniería y arquitectura. Instituto Nacional de Estadística e Informática. <https://www.inei.gob.pe>

## **SOBRE LOS AUTORES**

### **Edward León Palacios**

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4305-9582>

email: [edward.leon@unsch.edu.pe](mailto:edward.leon@unsch.edu.pe)

### **Hemerson Lizarbe Alarcón**

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3682-7061>

email: [hemerson.lizarbe@unsch.edu.pe](mailto:hemerson.lizarbe@unsch.edu.pe)

### **Rocky G. Ayala Bizarro**

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4333-9357>

email: [rocky.ayala@unsch.edu.pe](mailto:rocky.ayala@unsch.edu.pe)

### **Marlene León Palacios**

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4573-2136>

email: [marlene.leon@unsch.edu.pe](mailto:marlene.leon@unsch.edu.pe)

### **Oscar Guido Rivera Ynouye**

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9800-8518>

email: [oscar.rivera@unsch.edu.pe](mailto:oscar.rivera@unsch.edu.pe)



# **METODOLOGÍA CIENTÍFICA APLICADA A PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN INGENIERÍA CIVIL**



**www.arcoeditores.com**  
**contato@arcoeditores.com**  
**(55)99723-4952**