

UNIVERSIDAD LATINA DE PANAMÁ

Facultad de Ciencias de la Educación y Desarrollo Humano

Maestría en Docencia Superior

TESIS DE GRADO

Propuesta didáctica fundamentada en metodologías activas de aprendizaje para la enseñanza de HEC-RAS que promueva el desarrollo de competencias técnicas transferibles al ejercicio profesional de la ingeniería civil

Presentado por:

Tatiana Hatke

Cédula: 8-870-769

Arnol Vásquez

Cédula: 8-870-1228

Panamá, 2026

DEDICATORIA

A nuestras familias, por su apoyo incondicional durante este proceso de formación académica.

A los futuros ingenieros civiles de Panamá, con la esperanza de que este trabajo aporte herramientas concretas a su formación profesional.

A todos aquellos que creen en la educación como motor de transformación social.

Tatiana y Arnol

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Latina de Panamá y a la Facultad de Ciencias de la Educación y Desarrollo Humano por la oportunidad de cursar la Maestría en Docencia Superior y por el acompañamiento institucional durante todo el proceso.

A nuestro asesor de tesis, por la orientación y los aportes que enriquecieron este trabajo.

A los profesionales de ingeniería civil y expertos en docencia que colaboraron en la validación de los instrumentos y de la propuesta didáctica.

A la Universidad Tecnológica de Panamá y a los profesionales graduados que respondieron la encuesta y las entrevistas. Sin sus aportes esta investigación no habría sido posible.

A nuestras familias, por la paciencia y el apoyo durante los meses de dedicación a este proyecto.

A todos, quienes contribuyeron directa o indirectamente, a la realización de esta tesis.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA.....	16
1.1. Antecedentes de la Investigación	16
1.2. Planteamiento del Problema	18
1.3. Justificación de la Investigación.....	20
1.3.1. Justificación teórica	20
1.3.2. Justificación práctica	21
1.3.3. Justificación metodológica.....	21
1.3.4. Justificación social	21
1.4. Objetivos	22
1.4.1. Objetivo General	22
1.4.2. Objetivos Específicos	22
1.5. Definición de Términos.....	23
1.6. Limitaciones de la Investigación	24
1.7. Hipótesis	25
1.7.1. Hipótesis General.....	26
1.7.2. Hipótesis Específicas	26
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	28
2.1. Metodologías Activas de Aprendizaje en Educación Superior	28
2.1.1. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)	29

2.1.2. Aprendizaje Basado en Proyectos	30
2.1.3. Aprendizaje Colaborativo y Andamiaje Cognitivo.....	30
2.2. La Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall.....	31
2.3. Fundamentos de Modelación Hidráulica con HEC-RAS.....	32
2.4. Competencias Técnicas en Ingeniería Civil.....	33
2.5. Diseño de Propuestas Didácticas para Software Técnico.....	34
CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO.....	36
3.1. Tipo y Diseño de la Investigación	36
3.2. Población y Muestra	37
3.3. Variables	40
3.4. Descripción de los Instrumentos.....	41
3.4.1. Instrumento N.º 1: Entrevista semiestructurada a expertos.....	41
3.4.2. Instrumento N.º 2: Encuesta estructurada a profesionales.....	42
3.5. Recolección de la Información	42
3.5.1. Fase 1: Validación de instrumentos.....	42
3.5.2. Fase 2: Prueba piloto	43
3.5.3. Fase 3: Aplicación de instrumentos	43
3.6. Tratamiento de la Información.....	43
3.6.1. Datos cuantitativos (encuesta).....	43
3.6.2. Datos cualitativos (entrevistas).....	44

3.6.3. Integración de resultados	44
CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	45
4.1. Análisis del Instrumento N.º 1: Entrevista Semiestructurada a Expertos.....	45
4.1.1. Caracterización de los Expertos Entrevistados.....	46
4.1.2. Análisis de Contenido Temático	47
Categoría 1: Competencias técnicas fundamentales.....	47
Categoría 2: Errores frecuentes en modelación	48
Categoría 3: Prácticas actuales de enseñanza.....	49
Categoría 4: Recomendaciones para la propuesta didáctica	49
Categoría 5: Estructura y modalidad del curso	50
Categoría 6: Proyectos relevantes para Panamá.....	51
4.2. Análisis del Instrumento N.º 2: Encuesta Estructurada a Profesionales.....	51
4.2.1. Caracterización de la Muestra	52
Distribución por género	52
Distribución por rango de edad.....	53
Universidad de egreso	54
Uso de HEC-RAS en la vida profesional.....	55
4.2.2. Sección II: Formación en Modelación Hidráulica.....	56
4.2.3. Sección III: Competencias Técnicas Requeridas	59
4.2.4. Sección IV: Necesidades de Capacitación	62

Interés en capacitación	62
Modalidad preferida	63
Duración preferida.....	65
Proyectos de mayor interés.....	66
4.3. Triangulación de Resultados	67
4.3.1. Puntos de convergencia	67
4.3.2. Puntos de divergencia.....	68
4.3.3. Vacíos identificados.....	68
4.4. Prueba de Hipótesis.....	69
4.4.1. Hipótesis Específica 1	69
4.4.2. Hipótesis Específica 2	70
4.4.3. Hipótesis Específica 3.....	70
4.4.4. Hipótesis Específica 4.....	71
4.4.5. Hipótesis Específica 5.....	71
4.4.6. Hipótesis General.....	71
4.5. Discusión de Resultados.....	72
4.6. Conclusiones del Análisis	74
4.7. Recomendaciones.....	75
CAPÍTULO 5: LA PROPUESTA	77
5.1. Introducción.....	77

5.2. Fundamentación de la Propuesta.....	79
5.2.1. Fundamentación Pedagógica	79
5.2.2. Fundamentación Taxonómica.....	80
5.2.3. Fundamentación Empírica.....	81
5.2.4. Fundamentación Técnica	82
5.3. Justificación de la Propuesta.....	83
5.3.1. Justificación Social.....	83
5.3.2. Justificación Profesional	84
5.3.3. Justificación Pedagógica	84
5.4. Objetivos de la Propuesta.....	85
5.4.1. Objetivo General	85
5.4.2. Objetivos Específicos	86
5.5. Análisis Costo-Beneficio de la Propuesta	87
5.5.1. Beneficios.....	87
5.5.2. Relación Costo-Beneficio.....	88
5.6. Implementación de la Propuesta	89
5.6.1. Ficha Técnica	89
5.6.2. Estructura Modular.....	90
Módulo 1: Fundamentos de Hidráulica y HEC-RAS.....	91
Módulo 2: Modelación de Flujo Permanente	92

Módulo 3: Modelación de Flujo No Permanente.....	93
Módulo 4: Estructuras Hidráulicas y Modelación 2D.....	94
Módulo 5: Proyecto Integrador — Caso Panameño.....	95
5.6.3. Metodología Didáctica.....	96
5.6.4. Sistema de Evaluación.....	97
5.7. Cronograma de Actividades.....	98
5.7.1. Fase de Preparación (8 semanas).....	98
5.7.2. Fase de Ejecución (10 semanas).....	99
5.8. Presupuesto de Implementación.....	99
5.8.1. Inversión Inicial.....	100
5.8.2. Presupuesto de Operación por Cohorte.....	100
5.8.3. Proyección de Sostenibilidad.....	101
5.9. Casos de Estudio Panameños.....	101
5.9.1. Cuenca del Río Chagres.....	102
5.9.2. Cuenca del Río Santa María.....	103
5.9.3. Cuenca del Río Chiriquí Viejo.....	103
5.10. Validación de la Propuesta por Juicio de Expertos.....	104
5.10.1. Perfil de los Expertos Evaluadores.....	105
5.10.2. Instrumento de Validación.....	105
5.10.3. Procedimiento de Aplicación.....	106

5.11. Gestión de Riesgos del Programa	107
5.11.1. Riesgos Técnicos.....	108
5.11.2. Riesgos Pedagógicos	108
5.11.3. Riesgos Financieros	109
5.11.4. Riesgos Operativos	109
5.12. Consideraciones Finales sobre la Propuesta	110
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	112
ANEXO A: GUION DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA A EXPERTOS	116
Datos de Identificación	116
Sección A: Competencias Técnicas en Modelación Hidráulica.....	117
Sección B: Prácticas Actuales de Enseñanza.....	117
Sección C: Diseño de la Propuesta Didáctica.....	118
Sección D: Comentarios Finales	119
ANEXO B: CUESTIONARIO DE ENCUESTA A PROFESIONALES.....	120
Sección I: Datos Sociodemográficos y Profesionales.....	120
Sección II: Experiencia con HEC-RAS	121
Sección III: Percepción sobre la Formación Recibida.....	121
Sección IV: Valoración de Competencias Profesionales.....	122
Sección V: Interés en Capacitación y Modalidades Preferidas	123
ANEXO C: FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.....	125

Información sobre la Investigación.....	125
Naturaleza de la Participación	125
Confidencialidad y Manejo de la Información.....	126
Riesgos y Beneficios	126
Declaración de Consentimiento.....	127
ANEXO D: RÚBRICA DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO INTEGRADOR	128

ÍNDICE DE TABLAS

Caracterización de la muestra de investigación.....	39
Características de la muestra de encuestas.....	40
Variables consideradas en la investigación.....	41
Caracterización de los expertos entrevistados.....	46
Estadísticos descriptivos de la Sección II: Formación en modelación hidráulica.....	56
Ranking de competencias técnicas por importancia percibida.....	59
Ficha técnica del curso de Modelación Hidráulica con HEC-RAS.....	90
Estructura modular del curso y correspondencia taxonómica	91
Sistema de evaluación del curso.....	97
Cronograma de la fase de preparación	98
Cronograma de la fase de ejecución	99
Presupuesto de inversión inicial	100
Presupuesto de operación por cohorte	100
Proyección financiera del programa.....	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Distribución de participantes por género (n=45).....	52
Distribución de participantes por rango de edad (n=45).....	53
Distribución de participantes por universidad de egreso (n=45).....	54
Frecuencia de uso de HEC-RAS en la vida profesional (n=45)	55
Percepción sobre la formación recibida en modelación hidráulica (n=45)	57
Ranking de competencias técnicas por importancia percibida (n=45)	60
Interés en participar en curso con metodologías activas (n=45)	63
Modalidad de capacitación preferida (n=45)	64
Duración preferida del curso de HEC-RAS (n=45).....	65
Proyectos de mayor interés para capacitación (n=45)	66

RESUMEN

Esta investigación tiene como objetivo diseñar una propuesta didáctica fundamentada en metodologías activas de aprendizaje para la enseñanza de HEC-RAS, orientada al desarrollo de competencias técnicas transferibles al ejercicio profesional de la ingeniería civil en Panamá. El estudio responde a la necesidad de formar ingenieros civiles competentes en modelación hidráulica, herramienta clave para la gestión del riesgo de inundaciones en un país donde, entre 2016 y 2021, se registraron más de 1,229 viviendas afectadas por eventos de inundación.

La investigación adopta un enfoque mixto, con un diseño no experimental, transversal y de alcance descriptivo-propositivo. La población se compone de profesionales graduados en ingeniería civil de universidades panameñas que ejercen en el campo de la hidráulica, así como de expertos en docencia de ingeniería. Los datos se recolectaron mediante una entrevista semiestructurada aplicada a cuatro expertos vinculados a la Universidad Tecnológica de Panamá y una encuesta estructurada respondida por 45 profesionales.

Los resultados muestran que el 31.1% de los profesionales nunca ha utilizado HEC-RAS, que la enseñanza universitaria del software ha sido predominantemente teórica ($M=3.60$), y que existe interés por capacitarse mediante metodologías activas en el 88.9% de los encuestados. Las competencias mejor valoradas son la definición de la geometría del canal ($M=4.02$) y la interpretación crítica de los resultados ($M=3.91$), por encima del manejo operativo de la interfaz.

A partir de estos hallazgos se formula una propuesta de curso híbrido de 60 horas, estructurado en cinco módulos según la Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall, con casos de estudio basados en cuencas panameñas (Chagres, Santa María, Chiriquí Viejo) y proyectos integradores que reproducen las exigencias del ejercicio profesional. Se incluye un análisis costo-beneficio que demuestra la sostenibilidad financiera del programa.

Palabras clave: HEC-RAS, modelación hidráulica, metodologías activas, aprendizaje basado en problemas, ingeniería civil, taxonomía de Marzano, Panamá.

CAPÍTULO 1: EL PROBLEMA

En este capítulo, se delimita el problema que da origen a la investigación. Se presentan los antecedentes nacionales e internacionales que justifican el estudio, el planteamiento del problema, la justificación desde las perspectivas teórica, práctica, metodológica y social, los objetivos del estudio, la definición de los términos clave, las limitaciones y, finalmente, las hipótesis que orientan el trabajo.

1.1. Antecedentes de la Investigación

La modelación hidráulica es una herramienta de uso habitual en la ingeniería civil contemporánea, especialmente en la gestión de recursos hídricos, el diseño de infraestructura hidráulica y la mitigación del riesgo por inundaciones. El software HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos, es ampliamente utilizado para el análisis hidráulico de sistemas fluviales, la delimitación de zonas inundables y el diseño de estructuras de control de crecidas (U.S. Army Corps of Engineers, 2024). El software permite realizar análisis unidimensionales y bidimensionales del flujo en canales naturales y artificiales, y es empleado por consultoras de ingeniería, instituciones gubernamentales y centros académicos en numerosos países.

A nivel internacional, varias investigaciones han abordado la enseñanza de software especializado en ingeniería desde perspectivas pedagógicas innovadoras. Hernández-de-Menéndez y Morales-Menéndez (2019) realizaron una revisión del aprendizaje activo en educación en ingeniería, analizando prácticas implementadas en instituciones como el Massachusetts Institute of Technology, North Carolina State

University y Aalborg University. Los autores concluyeron que este enfoque favorece el desarrollo de competencias como el trabajo en equipo, la resolución de problemas y el análisis crítico, y reportaron incrementos de hasta 14% en el desempeño de estudiantes en evaluaciones estandarizadas cuando se aplican metodologías activas en lugar de clases magistrales.

En el ámbito específico de la educación en ingeniería civil, Ahern (2010) documentó la implementación del aprendizaje basado en problemas en cursos de ingeniería de transporte en Trinity College Dublin. El estudio mostró que los estudiantes desarrollaron habilidades de pensamiento crítico, capacidad para abordar problemas reales y mayor autonomía en el aprendizaje, y subrayó que los problemas extraídos de la práctica profesional resultan particularmente efectivos para motivar a los estudiantes y facilitar la transferencia del aprendizaje. En la Universidad de São Paulo, Baena et al. (2012) reportaron resultados similares con aprendizaje basado en proyectos en ingeniería civil: los estudiantes que desarrollaron proyectos completos de diseño, planificación y presupuesto adquirieron conceptos académicos al tiempo que ejercitaban habilidades profesionales como la comunicación técnica y el trabajo colaborativo.

Respecto a la enseñanza específica de modelación hidráulica, el Hydrologic Engineering Center cuenta con un programa de capacitación que incluye cursos sobre flujo permanente con HEC-RAS, flujo no permanente, modelación bidimensional, transporte de sedimentos y calidad del agua (U.S. Army Corps of Engineers, 2024). Dichos programas han formado a profesionales en Estados Unidos y en más de quince países, incluidos proyectos en Latinoamérica como la vía navegable Paraguay-Paraná y el río Madeira en Brasil. Sin embargo, están diseñados para profesionales en ejercicio y

no incorporan de manera explícita principios pedagógicos orientados al desarrollo gradual de competencias.

En el contexto latinoamericano, Rieg et al. (2022) implementaron estrategias de aprendizaje activo en programas de ingeniería en instituciones brasileñas. Los autores encontraron que metodologías como el aprendizaje basado en investigación y el think-pair-share mejoran el desarrollo de competencias investigativas, en particular el pensamiento crítico y la comunicación escrita. Estas experiencias resultan relevantes para Panamá, donde la formación en herramientas computacionales especializadas requiere enfoques pedagógicos que vayan más allá de la instrucción técnica.

En Panamá, la vulnerabilidad ante eventos de inundación es alta. Según datos del Ministerio de Ambiente, entre 2016 y 2021 se registraron más de 1,229 viviendas afectadas por eventos de inundación en el territorio nacional, con las provincias de Panamá y Chiriquí concentrando la mayor recurrencia. Esa realidad evidencia la necesidad de formar ingenieros civiles con competencias sólidas en modelación hidráulica para apoyar la gestión del riesgo en el país.

A pesar de la relevancia del tema, no se identificaron investigaciones previas en Panamá que aborden específicamente el diseño de propuestas didácticas para la enseñanza de HEC-RAS fundamentadas en metodologías activas de aprendizaje. Este vacío representa la oportunidad que la presente investigación pretende abordar.

1.2. Planteamiento del Problema

La formación de ingenieros civiles en el siglo XXI enfrenta el reto de preparar profesionales capaces de utilizar herramientas computacionales especializadas para

resolver problemas complejos del mundo real. En el campo de la hidráulica e hidrología, el dominio de software como HEC-RAS es una competencia técnica indispensable para el ejercicio profesional, particularmente en países como Panamá, donde la gestión del riesgo de inundaciones, el diseño de sistemas de drenaje y la planificación de recursos hídricos son prioridades nacionales.

Sin embargo, la enseñanza tradicional de software técnico en ingeniería suele caracterizarse por enfoques centrados en el instructor, donde la transmisión unidireccional de conocimientos mediante clases magistrales y demostraciones paso a paso no resulta efectiva para lograr aprendizajes significativos y duraderos. Este enfoque privilegia la memorización de procedimientos y la reproducción mecánica de pasos, sin promover la comprensión profunda de los principios subyacentes ni el desarrollo de capacidades para aplicar el conocimiento en situaciones nuevas y complejas.

La problemática se agudiza cuando se trata de herramientas como HEC-RAS, que requieren no solo el conocimiento operativo de la interfaz del software, sino también la comprensión de los fundamentos hidráulicos subyacentes: las ecuaciones de Saint-Venant, los métodos numéricos de solución, la interpretación de los parámetros de rugosidad, las condiciones de frontera y la validación de resultados.

Las investigaciones en educación en ingeniería han mostrado de forma consistente que las metodologías activas de aprendizaje producen mejores resultados que los enfoques tradicionales. Lähteenmäki et al. (2019) analizaron 66 estudios empíricos y encontraron que las intervenciones de aprendizaje activo conducen a resultados de aprendizaje mayoritariamente positivos en conocimientos específicos de

la materia, habilidades profesionales de ingeniería, competencias sociales y de comunicación, y metacompetencias relacionadas con el aprendizaje autónomo.

No obstante, persiste una brecha entre el conocimiento generado por la investigación educativa y su aplicación práctica en la enseñanza de software técnico especializado. Los programas de capacitación existentes para HEC-RAS, aunque técnicamente rigurosos, carecen de una fundamentación pedagógica explícita que oriente el diseño de secuencias didácticas para el desarrollo progresivo de competencias profesionales.

Ante esta problemática se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo debe estructurarse una propuesta didáctica fundamentada en metodologías activas de aprendizaje para la enseñanza de HEC-RAS que promueva el desarrollo de competencias técnicas transferibles al ejercicio profesional de la ingeniería civil en Panamá?

1.3. Justificación de la Investigación

La presente investigación se justifica desde cuatro perspectivas que se desarrollan a continuación: teórica, práctica, metodológica y social.

1.3.1. Justificación teórica

Desde el punto de vista teórico, esta investigación contribuye al campo de la didáctica de la ingeniería al proponer un marco conceptual que integra las metodologías activas de aprendizaje con la enseñanza de software técnico especializado. Si bien existe abundante literatura sobre aprendizaje activo en educación superior y sobre el uso de

HEC-RAS en la práctica profesional, son escasos los estudios que articulan ambos campos de conocimiento de manera sistemática. La propuesta didáctica resultante permite generar conocimiento teórico sobre cómo diseñar experiencias de aprendizaje que faciliten la adquisición de competencias técnicas complejas.

1.3.2. Justificación práctica

En términos prácticos, la investigación responde a una necesidad concreta del contexto profesional panameño. La gestión del riesgo de inundaciones, el diseño de sistemas de drenaje urbano, la evaluación de impactos hidráulicos de proyectos de infraestructura y la planificación de recursos hídricos son áreas que demandan profesionales capacitados en el uso de herramientas de modelación hidráulica. Una propuesta didáctica bien fundamentada puede mejorar la calidad de la formación de ingenieros civiles.

1.3.3. Justificación metodológica

Metodológicamente, esta investigación propone un proceso sistemático y replicable para el diseño de propuestas didácticas que puede ser adaptado a la enseñanza de otros softwares especializados en ingeniería, como AutoCAD Civil 3D, SAP2000, EPANET o ArcGIS.

1.3.4. Justificación social

Desde una perspectiva social, la formación de ingenieros civiles competentes en modelación hidráulica tiene implicaciones directas para la seguridad y el bienestar de las comunidades panameñas. La capacidad de modelar y predecir el comportamiento de

sistemas fluviales es importante para el diseño de infraestructuras resilientes y la preparación de planes de emergencia ante eventos extremos.

1.4. Objetivos

Los objetivos de la investigación se formulan considerando la Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall (2007), la cual propone niveles cognitivos que van desde la recuperación de información hasta la metacognición y la autorregulación.

1.4.1. Objetivo General

Diseñar una propuesta didáctica fundamentada en metodologías activas de aprendizaje para la enseñanza de HEC-RAS que promueva el desarrollo de competencias técnicas transferibles al ejercicio profesional de la ingeniería civil en Panamá.

1.4.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del estudio son los siguientes:

- Identificar y categorizar las competencias técnicas en modelación hidráulica que los ingenieros civiles requieren en el contexto profesional panameño (nivel de Recuperación y Comprensión).
- Analizar y comparar las prácticas actuales de enseñanza de modelación hidráulica en programas de ingeniería civil en Panamá (nivel de Análisis).
- Seleccionar y organizar los principios pedagógicos y las metodologías activas más apropiados para fundamentar el diseño de la propuesta didáctica (nivel de Análisis y Aplicación).

- Construir una secuencia didáctica que facilite la progresión del aprendizaje desde conceptos básicos hasta problemas complejos de modelación hidráulica (nivel de Aplicación y Metacognición).
- Evaluar la propuesta didáctica mediante juicio de expertos, valorando su calidad pedagógica, pertinencia técnica y factibilidad de implementación (nivel de Autorregulación).

1.5. Definición de Términos

Para facilitar la lectura del documento, se presentan a continuación los términos clave utilizados en la investigación, ordenados alfabéticamente.

Aprendizaje activo: Enfoque pedagógico centrado en el estudiante que lo involucra directamente en el proceso de aprendizaje mediante la realización de actividades significativas y la reflexión crítica.

Aprendizaje basado en problemas (ABP): Metodología educativa en la cual los estudiantes aprenden mediante la resolución de problemas complejos y auténticos, trabajando en equipos colaborativos bajo la guía de un facilitador.

Coefficiente de Manning: Parámetro empírico que representa la resistencia al flujo ejercida por la rugosidad del lecho y las márgenes de un canal o río. Sus valores varían típicamente entre 0.01 para superficies muy lisas y 0.15 o más para cauces naturales con vegetación densa.

Competencia técnica: Combinación de conocimientos, habilidades y actitudes que capacitan a una persona para desempeñar funciones específicas en un contexto profesional determinado.

Condiciones de frontera: Especificaciones requeridas en los límites del dominio de un modelo hidráulico para resolver las ecuaciones de flujo.

Ecuaciones de Saint-Venant: Sistema de ecuaciones diferenciales parciales que describen el flujo unidimensional no permanente en canales abiertos.

HEC-RAS: Sistema de Análisis de Ríos del Centro de Ingeniería Hidrológica (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), software de dominio público desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos para análisis hidráulico.

Modelación hidráulica: Proceso de representación matemática y computacional del comportamiento del flujo de agua en sistemas naturales o construidos.

Propuesta didáctica: Diseño estructurado y fundamentado de experiencias de aprendizaje que incluye objetivos, contenidos, estrategias metodológicas, recursos didácticos, actividades y criterios de evaluación.

Transferencia del aprendizaje: Capacidad de aplicar conocimientos y habilidades adquiridos en un contexto de aprendizaje a situaciones nuevas o diferentes, particularmente al ámbito profesional.

1.6. Limitaciones de la Investigación

La presente investigación reconoce las siguientes limitaciones:

- Alcance geográfico: El estudio se circunscribe al contexto panameño, por lo que los hallazgos pueden no ser directamente generalizables a otros países de la región.
- Período de vacaciones UTP: La Universidad Tecnológica de Panamá se encuentra en período de vacaciones de verano durante los meses de enero a marzo. Esta circunstancia limita el acceso a estudiantes activos, por lo cual la población se enfoca en profesionales graduados que ejercen activamente en el campo de la hidráulica.
- Tipo de validación: la propuesta didáctica se valida mediante juicio de expertos, lo cual constituye un primer nivel de validación. La implementación piloto requeriría investigaciones posteriores.
- Software específico: La propuesta se enfoca exclusivamente en HEC-RAS.
- Temporalidad tecnológica: El estudio se realiza considerando la versión actual de HEC-RAS (versión 6.x), por lo que futuras actualizaciones podrían requerir ajustes.

1.7. Hipótesis

A continuación, se presentan las hipótesis que orientan la investigación. Se formulan una hipótesis general y cinco hipótesis específicas que se contrastan en el Capítulo 4.

1.7.1. Hipótesis General

Una propuesta didáctica fundamentada en metodologías activas de aprendizaje, que integre el aprendizaje basado en problemas y proyectos con secuencias didácticas progresivas contextualizadas al entorno profesional panameño, promoverá el desarrollo de competencias técnicas en modelación hidráulica con HEC-RAS transferibles al ejercicio profesional de la ingeniería civil.

1.7.2. Hipótesis Específicas

Las hipótesis específicas son las siguientes:

- H1: Las competencias técnicas en modelación hidráulica requeridas en el contexto profesional panameño incluyen tanto habilidades operativas del software como capacidades de nivel superior relacionadas con el análisis crítico de resultados y la toma de decisiones.
- H2: Las prácticas actuales de enseñanza de modelación hidráulica en Panamá presentan limitaciones relacionadas con el predominio de enfoques tradicionales centrados en la instrucción técnica.
- H3: Los principios del aprendizaje basado en problemas y proyectos, combinados con estrategias de andamiaje cognitivo, constituyen una fundamentación pedagógica apropiada para el diseño de propuestas didácticas.
- H4: Una secuencia didáctica que progrese desde problemas estructurados hacia problemas abiertos facilitará la transferencia del aprendizaje al ejercicio profesional.

- H5: La propuesta didáctica diseñada cumplirá con criterios de calidad pedagógica, pertinencia técnica y factibilidad de implementación según la valoración de expertos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

Este capítulo presenta los fundamentos teóricos sobre los que se construye la propuesta didáctica. Se abordan, en primer lugar, las metodologías activas de aprendizaje en educación superior; en segundo lugar, la Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall como modelo cognitivo de referencia; en tercer lugar, los fundamentos técnicos de la modelación hidráulica con HEC-RAS; y, por último, las competencias técnicas en ingeniería civil y los principios para el diseño de propuestas didácticas dirigidas a software especializado.

2.1. Metodologías Activas de Aprendizaje en Educación Superior

Las metodologías activas de aprendizaje son un conjunto de estrategias y técnicas pedagógicas que promueven la participación del estudiante en su proceso de aprendizaje. A diferencia de los métodos tradicionales de transmisión de información, donde el docente es el centro del proceso educativo, las metodologías activas sitúan al estudiante como protagonista de su aprendizaje y requieren que sea el principal actor de su formación (Prince y Felder, 2006).

Hernández-de-Menéndez y Morales-Menéndez (2019) señalan que el aprendizaje activo en educación en ingeniería se fundamenta en teorías constructivistas que sostienen que el conocimiento no se transmite pasivamente, sino que se construye activamente por el aprendiz a través de la experiencia y la reflexión. Los autores identificaron que instituciones como el MIT, Stanford y Aalborg University han implementado metodologías activas con mejoras en el rendimiento académico, las tasas de retención y el desarrollo de competencias profesionales.

Entre las metodologías activas más relevantes para la enseñanza de ingeniería, se encuentran el aprendizaje basado en problemas (ABP), el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje colaborativo, el aula invertida, el aprendizaje basado en casos, la instrucción por pares y el think-pair-share. Cada una comparte el principio de involucrar al estudiante en actividades significativas que promuevan la construcción del conocimiento y el desarrollo de habilidades de pensamiento de orden superior.

2.1.1. Aprendizaje Basado en Problemas (ABP)

El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) es una metodología educativa desarrollada originalmente en la Escuela de Medicina de la Universidad McMaster en Canadá durante la década de 1960, y posteriormente adaptada a diversos campos disciplinares, entre ellos la ingeniería. Según De Graaff y Kolmos (2014), el ABP utiliza problemas complejos y auténticos como punto de partida para el aprendizaje, donde los estudiantes trabajan en equipos colaborativos bajo la guía de un facilitador.

Los principios fundamentales del ABP incluyen: (a) el problema como punto de partida del aprendizaje, (b) el trabajo en equipos colaborativos, (c) el rol del docente como facilitador, (d) el aprendizaje autodirigido, y (e) la integración de conocimientos de diversas disciplinas. El problema no se utiliza para aplicar conocimientos previamente adquiridos, sino como punto de partida que motiva a los estudiantes a identificar qué necesitan aprender para resolverlo.

Ahern (2010) documentó la implementación del ABP en cursos de ingeniería civil en Trinity College Dublin. Los estudiantes desarrollaron habilidades de pensamiento crítico, capacidad para abordar problemas del mundo real y mayor autonomía en el

aprendizaje. La investigación destacó la importancia de diseñar problemas auténticos que reflejen situaciones reales de la práctica profesional.

2.1.2. Aprendizaje Basado en Proyectos

El Aprendizaje Basado en Proyectos (ABPr) es un método de enseñanza sistemático que involucra a los estudiantes en el aprendizaje de conocimientos y habilidades a través de un proceso extendido de investigación, estructurado en torno a preguntas complejas y auténticas y culminando en productos reales. A diferencia del ABP, el énfasis del ABPr está en la creación de un entregable tangible que demuestre el aprendizaje (Baena et al., 2012).

En el contexto de la ingeniería civil, los proyectos pueden incluir el diseño completo de una estructura, la elaboración de un estudio de impacto ambiental, la planificación de una red de drenaje o, como en el caso de esta investigación, el desarrollo de un modelo hidráulico completo con HEC-RAS. El proyecto integrador permite a los estudiantes experimentar el ciclo completo de un trabajo profesional, desde la definición del problema hasta la presentación de resultados.

2.1.3. Aprendizaje Colaborativo y Andamiaje Cognitivo

El aprendizaje colaborativo, fundamentado en la teoría sociocultural de Vygotsky, parte del supuesto de que el conocimiento se construye en la interacción entre pares. Aplicado a la enseñanza de software técnico, el trabajo en equipos heterogéneos permite que los estudiantes con mayor experiencia previa contribuyan al avance de quienes recién se inician, mientras consolidan su propio aprendizaje al explicar conceptos a otros.

El andamiaje cognitivo (scaffolding) es un mecanismo complementario que consiste en proporcionar al estudiante apoyos temporales que se retiran de manera gradual a medida que adquiere autonomía. En la enseñanza de HEC-RAS, el andamiaje puede materializarse en plantillas de modelos preconfigurados, listas de verificación, ejemplos resueltos y guías de interpretación de resultados, que el estudiante deja de utilizar progresivamente conforme desarrolla criterio propio.

2.2. La Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall

La Nueva Taxonomía de los Objetivos Educativos propuesta por Robert Marzano y John Kendall (2007) es una evolución del modelo clásico de Bloom, que incorpora avances de la investigación en psicología cognitiva sobre cómo se lleva a cabo el proceso de aprendizaje. A diferencia de la taxonomía de Bloom, que se centraba principalmente en las habilidades cognitivas, el modelo de Marzano considera también aspectos emocionales, de motivación y de cómo los estudiantes procesan y aplican el conocimiento.

La taxonomía de Marzano se organiza en torno a dos dimensiones principales: los dominios del conocimiento y los niveles de procesamiento. Los dominios del conocimiento hacen referencia al tipo de aprendizaje que un estudiante puede adquirir e incluyen tres categorías: información (datos, hechos, conceptos), procedimientos mentales (habilidades de razonamiento y resolución de problemas) y procedimientos psicomotores (habilidades físicas).

Los niveles de procesamiento de la taxonomía de Marzano incluyen seis niveles organizados jerárquicamente: (1) Recuperación, que implica reconocer y recordar

información; (2) Comprensión, que requiere integrar y simbolizar el conocimiento; (3) Análisis, que involucra la extensión razonada del conocimiento mediante comparación, clasificación y análisis de errores; (4) Utilización del conocimiento, que incluye la toma de decisiones, la resolución de problemas, la experimentación y la investigación; (5) Metacognición, que implica la especificación de metas, el monitoreo del proceso y la claridad y precisión del pensamiento; y (6) Sistema interno (self-system), que abarca las actitudes, creencias y emociones que determinan la motivación para el aprendizaje.

Según Gallardo Córdova (2009), la principal ventaja de esta taxonomía está vinculada con el aprendizaje significativo: propone una forma de aprendizaje en la cual los intereses y habilidades de la persona tienen un papel activo. El modelo facilita el aprendizaje gradual, basado en la adquisición de conocimientos valiosos para el estudiante, lo cual desemboca en la utilización práctica de estos conocimientos.

2.3. Fundamentos de Modelación Hidráulica con HEC-RAS

HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System) es un software de dominio público desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos que permite realizar análisis hidráulicos unidimensionales y bidimensionales de flujo permanente y no permanente, transporte de sedimentos, calidad del agua y análisis de temperatura en sistemas fluviales naturales y canales artificiales (U.S. Army Corps of Engineers, 2024).

Desde su primera versión en 1995, HEC-RAS ha sido adoptado como referencia en la industria de la modelación hidráulica y es utilizado por consultoras de ingeniería, agencias gubernamentales, instituciones académicas y organizaciones internacionales

en más de 150 países. El software resuelve las ecuaciones de flujo gradualmente variado basadas en la ecuación de la energía, así como las ecuaciones completas de Saint-Venant para flujo no permanente.

Los fundamentos hidráulicos necesarios para el uso efectivo de HEC-RAS incluyen: (a) comprensión de los tipos de flujo (permanente vs. no permanente, gradualmente variado vs. rápidamente variado); (b) conocimiento de las ecuaciones gobernantes (ecuación de energía, ecuaciones de Saint-Venant); (c) dominio de parámetros hidráulicos (coeficiente de Manning, pérdidas de energía, condiciones de frontera); (d) interpretación de resultados (perfiles de flujo, mapas de inundación, hidrogramas); y (e) criterios para calibración y validación de modelos.

2.4. Competencias Técnicas en Ingeniería Civil

El concepto de competencia técnica en ingeniería civil ha evolucionado en las últimas décadas, transitando de una visión centrada exclusivamente en conocimientos técnicos hacia una concepción más integral que incluye habilidades, actitudes y valores. Según Yepes et al. (2016), las competencias técnicas en ingeniería comprenden tanto habilidades operativas como capacidades de análisis, interpretación y toma de decisiones.

En el campo específico de la modelación hidráulica, las competencias técnicas requeridas pueden organizarse en tres niveles: (a) competencias básicas, que incluyen el manejo de la interfaz del software, la entrada de datos y la ejecución de simulaciones; (b) competencias intermedias, que comprenden la selección de parámetros, la definición de condiciones de frontera y la interpretación de resultados; y (c) competencias

avanzadas, que involucran la calibración y validación de modelos, el análisis de sensibilidad, la toma de decisiones basadas en resultados y la comunicación efectiva de hallazgos.

La transferencia del aprendizaje, entendida como la capacidad de aplicar conocimientos y habilidades adquiridos en un contexto a situaciones nuevas o diferentes, es un objetivo central en la formación por competencias. Las metodologías activas de aprendizaje, en particular el ABP y el ABPr, han mostrado ser efectivas para facilitar esta transferencia, al proporcionar experiencias auténticas que simulan las condiciones del ejercicio profesional real.

2.5. Diseño de Propuestas Didácticas para Software Técnico

El diseño de propuestas didácticas para la enseñanza de software técnico especializado debe considerar tanto los principios pedagógicos generales como las características específicas del dominio de conocimiento. Una propuesta didáctica efectiva integra objetivos de aprendizaje claros y medibles, contenidos organizados secuencialmente, estrategias metodológicas apropiadas, recursos didácticos pertinentes, actividades de aprendizaje significativas y criterios de evaluación alineados con los objetivos.

En el caso de la enseñanza de HEC-RAS, la propuesta didáctica debe contemplar la progresión desde problemas estructurados con datos completos y soluciones predefinidas, hacia problemas semiestructurados con cierta ambigüedad, y finalmente problemas abiertos representativos del contexto profesional. Esta progresión, fundamentada en principios de andamiaje cognitivo, permite que los estudiantes

desarrollen gradualmente las competencias necesarias para enfrentar la complejidad del ejercicio profesional.

Timbadiya et al. (2023) destacan que la modelación de inundaciones requiere no solo competencias técnicas en el uso del software, sino también capacidades de pensamiento crítico para evaluar la calidad de los datos de entrada, la pertinencia de los supuestos adoptados y la validez de los resultados obtenidos. Estas capacidades de nivel superior son las que las metodologías activas buscan desarrollar.

Según Kolb (1984), el aprendizaje experiencial se desarrolla en un ciclo de cuatro fases: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. Aplicado a la enseñanza de HEC-RAS, este ciclo se traduce en la realización de un ejercicio práctico, la reflexión sobre los resultados obtenidos, la formulación de principios generales sobre el comportamiento del modelo y la aplicación de esos principios a un nuevo problema. La integración de este ciclo en la secuencia didáctica favorece el aprendizaje significativo y la transferencia.

CAPÍTULO 3: MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo, se describe la estrategia metodológica de la investigación. Se especifica el tipo y el diseño del estudio, la población y la muestra, las variables consideradas, los instrumentos utilizados para la recolección de datos, el procedimiento de aplicación y el tratamiento previsto para la información cualitativa y cuantitativa.

3.1. Tipo y Diseño de la Investigación

La presente investigación adopta un enfoque mixto, combinando métodos cualitativos y cuantitativos para obtener una comprensión más amplia y profunda del objeto de estudio (Creswell, 2003). Según Tashakkori y Teddlie (2003), la investigación mixta permite recoger, analizar e integrar tanto datos cualitativos como cuantitativos en un solo estudio, lo cual resulta particularmente útil cuando se requiere comprender fenómenos complejos que no pueden abordarse adecuadamente mediante un solo método.

El diseño de investigación es no experimental de tipo transversal. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), en los diseños no experimentales las inferencias sobre las relaciones entre variables se realizan sin intervención o influencia directa, observando los fenómenos tal como se dan en su contexto natural. Es transversal porque los datos se recolectan en un solo momento, en un tiempo único, con el propósito de describir variables y analizar su incidencia e interrelación.

En cuanto al alcance, la investigación es de tipo descriptivo-propositivo. Es descriptiva porque busca especificar las propiedades, características y perfiles de las prácticas actuales de enseñanza de modelación hidráulica y de las competencias

requeridas en el contexto profesional panameño. Es propositiva porque su objetivo final es el diseño de una propuesta didáctica fundamentada que responda a las necesidades identificadas.

El diseño mixto específico adoptado es el explicativo secuencial (CUAN → cual), donde se comienza con la recolección y análisis de datos cuantitativos (encuesta a profesionales), seguido de la recolección y análisis de datos cualitativos (entrevistas a expertos) que permiten profundizar y explicar los hallazgos cuantitativos. Esta secuencia permite primero obtener un panorama general de la situación y luego profundizar en aspectos específicos mediante la perspectiva de los expertos.

3.2. Población y Muestra

La población de estudio está conformada por dos grupos diferenciados, de acuerdo con los objetivos de la investigación y los instrumentos de recolección de datos.

Población 1 — Para la encuesta: profesionales graduados de Ingeniería Civil de universidades panameñas (principalmente de la Universidad Tecnológica de Panamá, Universidad de Panamá y Universidad Santa María La Antigua) que ejercen activamente en el campo de la hidráulica, recursos hídricos o áreas relacionadas. Se establece este enfoque considerando que la Universidad Tecnológica de Panamá, principal institución formadora de ingenieros civiles en el país se encuentra en período de vacaciones de verano durante los meses de enero a marzo, lo cual limita el acceso a estudiantes activos durante el período de recolección de datos.

Población 2 — Para la entrevista: expertos en docencia de ingeniería civil y/o profesionales con amplia experiencia en modelación hidráulica con HEC-RAS que cumplan con al menos uno de los siguientes criterios:

- Experiencia docente mínima de 5 años en programas de ingeniería civil.
- Experiencia profesional mínima de 5 años en proyectos de modelación hidráulica.
- Participación como instructor en cursos o capacitaciones de HEC-RAS.

Muestra: El muestreo es no probabilístico por conveniencia y bola de nieve. La encuesta fue distribuida a través de redes profesionales (LinkedIn) y contactos institucionales con la Universidad Tecnológica de Panamá. Se obtuvieron 45 respuestas válidas de profesionales que cumplieron con los criterios de inclusión. Para las entrevistas, se seleccionaron 4 expertos vinculados a la Universidad Tecnológica de Panamá, con una experiencia combinada de más de 100 años en docencia e investigación en ingeniería. Esta cantidad permitió alcanzar la saturación teórica en los datos cualitativos, observándose convergencia en las categorías emergentes a partir de la tercera entrevista.

La Tabla 1 presenta la caracterización general de la muestra obtenida con cada instrumento.

Tabla 1. Caracterización de la muestra de investigación

Instrumento	Población objetivo	Meta proyectada	Muestra obtenida
Encuesta	Profesionales de Ing. Civil	40 – 60	45
Entrevista	Expertos en docencia/hidráulica	4 – 12	4

Fuente: Elaboración propia (2026)

Justificación del tamaño muestral: Aunque la muestra de encuestas (n=45) quedó ligeramente por encima del límite inferior proyectado (40), este tamaño resulta estadísticamente suficiente para los análisis descriptivos planteados y permite la identificación de patrones y tendencias relevantes. Según Hernández et al. (2014), en estudios no probabilísticos de naturaleza descriptiva, el tamaño de la muestra depende del acceso a la población objetivo y de la calidad de los datos recolectados más que de criterios de representatividad estadística formal.

Respecto a las entrevistas, los 4 expertos contactados representan perfiles altamente calificados con más de 100 años de experiencia acumulada. Según Guest, Bunce y Johnson (2006), la saturación teórica en investigaciones cualitativas suele alcanzarse entre 6 y 12 entrevistas; sin embargo, cuando los informantes son expertos altamente calificados y existe homogeneidad en el grupo, la saturación puede lograrse con menos participantes. En este estudio, se observó convergencia en las categorías emergentes a partir de la tercera entrevista, confirmando que se alcanzó la saturación teórica con 4 participantes.

La Tabla 2 resume las categorías predominantes obtenidas en la muestra de profesionales encuestados.

Tabla 2. Características de la muestra de encuestas

Variable	Categoría predominante	Porcentaje
Género	Masculino / Femenino	51.1% / 48.9%
Rango de edad	31 – 40 años	55.6%
Universidad de egreso	Universidad Tecnológica de Panamá	88.9%
Años de experiencia	6 – 10 años	53.3%
Sector laboral	Sector privado	66.7%
Uso de HEC-RAS	Nunca	31.1%

Fuente: Elaboración propia (2026)

La muestra presenta una distribución equilibrada por género, con predominio de profesionales en etapa de consolidación profesional (31-40 años), egresados principalmente de la UTP (88.9%), con experiencia intermedia (6-10 años) y vinculación al sector privado (66.7%). Es notable que el 31.1% de los profesionales nunca ha utilizado HEC-RAS, lo que confirma la relevancia de la propuesta didáctica para cerrar esta brecha de formación.

3.3. Variables

Considerando que esta investigación tiene un enfoque predominantemente descriptivo-propositivo, las variables se definen como conceptos o atributos que serán caracterizados para informar el diseño de la propuesta didáctica.

La Tabla 3 presenta las cuatro variables principales del estudio, su definición conceptual y los indicadores asociados.

Tabla 3. Variables consideradas en la investigación

Variable	Definición conceptual	Indicadores
Competencias técnicas en modelación hidráulica	Conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes necesarios para realizar modelación hidráulica profesional con HEC-RAS	Competencias operativas, analíticas, interpretativas, de calibración/validación, de comunicación técnica
Prácticas actuales de enseñanza	Metodologías, estrategias y recursos utilizados actualmente en la formación en modelación hidráulica	Tipo de metodología, recursos utilizados, contextualización, evaluación, fortalezas y limitaciones percibidas
Metodologías activas de aprendizaje	Estrategias pedagógicas centradas en el estudiante que promueven la participación en el aprendizaje.	ABP, ABPr, trabajo colaborativo, secuencias progresivas, andamiaje cognitivo, contextualización
Propuesta didáctica	Diseño estructurado de experiencias de aprendizaje para la enseñanza de HEC-RAS	Objetivos, contenidos, estrategias, recursos, actividades, evaluación, calidad pedagógica, pertinencia técnica, factibilidad

Fuente: Elaboración propia (2026)

3.4. Descripción de los Instrumentos

Para la recolección de datos, se diseñaron dos instrumentos, cada uno orientado a obtener información específica de las poblaciones correspondientes.

3.4.1. Instrumento N.º 1: Entrevista semiestructurada a expertos

La entrevista semiestructurada está dirigida a expertos en docencia de ingeniería civil y profesionales con experiencia en modelación hidráulica con HEC-RAS. El

instrumento se organiza en cuatro secciones temáticas: (A) competencias técnicas en modelación hidráulica, (B) prácticas actuales de enseñanza, (C) diseño de la propuesta didáctica, y (D) comentarios finales. La duración estimada es de 45 a 60 minutos, y puede realizarse de manera presencial o virtual. El instrumento incluye consentimiento informado y autorización para la grabación de audio.

3.4.2. Instrumento N.º 2: Encuesta estructurada a profesionales

La encuesta estructurada está dirigida a profesionales graduados de ingeniería civil que ejercen en el campo de la hidráulica. El instrumento contiene 25 ítems organizados en cinco secciones: (I) datos generales, (II) formación en modelación hidráulica, (III) competencias técnicas requeridas, (IV) necesidades de capacitación, y (V) comentarios adicionales. Las secciones II y III utilizan escala Likert de 5 puntos. El tiempo estimado de aplicación es de 15 a 20 minutos, y puede administrarse en formato digital (Google Forms) o impreso.

3.5. Recolección de la Información

El proceso de recolección de información se desarrolla en tres fases que se describen a continuación.

3.5.1. Fase 1: Validación de instrumentos

Ambos instrumentos se someten a validación de contenido mediante juicio de tres expertos en metodología de investigación y/o educación en ingeniería. Los expertos evalúan la pertinencia, claridad y suficiencia de los ítems. A partir de las observaciones se realizan los ajustes necesarios.

3.5.2. Fase 2: Prueba piloto

Se aplica una prueba piloto de la encuesta a un grupo de 3 profesionales para evaluar la comprensión de las preguntas, el tiempo de aplicación y la funcionalidad del formato digital. Para la entrevista, se realiza una prueba piloto con un experto para ajustar el protocolo y verificar los tiempos.

3.5.3. Fase 3: Aplicación de instrumentos

La encuesta se distribuye a través de redes profesionales (LinkedIn), contactos institucionales y técnica de bola de nieve. Las entrevistas se programan individualmente con cada experto y se graban con su consentimiento para posterior transcripción y análisis.

3.6. Tratamiento de la Información

El tratamiento de la información se realiza de acuerdo con la naturaleza de los datos recolectados, distinguiendo entre datos cuantitativos provenientes de la encuesta y datos cualitativos provenientes de las entrevistas, e integrándolos al final mediante triangulación.

3.6.1. Datos cuantitativos (encuesta)

Los datos de la encuesta se procesan mediante estadística descriptiva, incluyendo distribución de frecuencias, medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y medidas de dispersión (desviación estándar). Los resultados se presentan mediante tablas y gráficos que faciliten la interpretación. Para el análisis, se utiliza software estadístico (SPSS o Excel).

3.6.2. Datos cualitativos (entrevistas)

Las entrevistas se transcriben y analizan mediante análisis de contenido temático. Se identifican categorías y subcategorías emergentes relacionadas con las competencias técnicas, las prácticas de enseñanza y las recomendaciones para la propuesta didáctica. La codificación se realiza de manera inductiva, permitiendo que los temas emerjan de los datos.

3.6.3. Integración de resultados

Siguiendo el diseño mixto explicativo secuencial, los resultados cualitativos se utilizan para profundizar, explicar y contextualizar los hallazgos cuantitativos. La triangulación de fuentes (profesionales y expertos) y métodos (encuesta y entrevista) permite obtener una comprensión más completa del fenómeno estudiado y fundamentar el diseño de la propuesta didáctica.

CAPÍTULO 4: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Este capítulo presenta los resultados obtenidos mediante la aplicación de los dos instrumentos de recolección de datos diseñados para la investigación. Siguiendo el diseño mixto explicativo secuencial descrito en el Capítulo 3, el análisis se organiza presentando primero los resultados del instrumento cualitativo (entrevistas a expertos) y, posteriormente, los resultados del instrumento cuantitativo (encuesta a profesionales). Una vez expuestos ambos cuerpos de evidencia, se realiza la triangulación de hallazgos, la prueba de hipótesis, y finalmente la discusión, las conclusiones y las recomendaciones que se derivan del estudio.

La presentación de los resultados sigue una lógica de mayor a menor abstracción: se inicia con la caracterización de los participantes y se avanza hacia el análisis de las categorías y los ítems específicos, para terminar con la integración de las evidencias y su contraste con las hipótesis del estudio. Las tablas y figuras incluidas facilitan la lectura cuantitativa de los hallazgos, mientras que las citas literales y las paráfrasis de los expertos aportan la riqueza interpretativa propia del componente cualitativo.

4.1. Análisis del Instrumento N.º 1: Entrevista Semiestructurada a Expertos

Este apartado presenta los resultados obtenidos a partir de las cuatro entrevistas semiestructuradas aplicadas a expertos en docencia de ingeniería civil y modelación hidráulica de la Universidad Tecnológica de Panamá. Se inicia con la caracterización de los entrevistados y, a continuación, se presenta el análisis de contenido temático organizado en seis categorías emergentes.

4.1.1. Caracterización de los Expertos Entrevistados

Se realizaron cuatro entrevistas a expertos en docencia de ingeniería civil y modelación hidráulica, todos vinculados a la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP). La Tabla 4 presenta las características principales de los entrevistados, incluyendo su cargo actual, años de experiencia profesional, años de experiencia docente y su nivel de uso de HEC-RAS.

Tabla 4. Caracterización de los expertos entrevistados

Código	Cargo	Exp. Profesional	Exp. Docente	Exp. HEC-RAS
E.V.E.	Profesor Catedrático Titular	+35 años	+40 años	Sí
E.D.	Investigador en hidráulica	+20 años	10 años	Sí
C.V.	Investigador UTP	+15 años	+10 años	Complementario
C.C.G.	Profesor Titular Regular	39 años	39 años	Sí

Fuente: Elaboración propia (2026)

Los cuatro expertos acumulan en conjunto más de 100 años de experiencia docente y profesional, lo cual confiere alta validez a sus opiniones sobre la formación en modelación hidráulica. Todos están vinculados a la UTP, principal institución formadora de ingenieros civiles en Panamá. Esta concentración institucional, lejos de ser una limitación, permite obtener una mirada coherente sobre las prácticas de enseñanza vigentes en la institución que forma a la mayoría de los profesionales del país, como confirma el 88.9% de egresados de la UTP en la muestra de encuestas (sección 4.2.1).

Tres de los cuatro entrevistados (E.V.E., E.D. y C.C.G.) reportan uso directo de HEC-RAS en su trabajo profesional o investigativo, mientras que el cuarto (C.V.) lo usa de forma complementaria a otras herramientas de modelación. Esta combinación de perfiles permite contrastar la mirada de quienes utilizan el software intensivamente con la de quienes lo conocen pero privilegian otras aproximaciones, enriqueciendo el análisis de las prácticas de enseñanza.

4.1.2. Análisis de Contenido Temático

A partir del análisis de las transcripciones de las entrevistas, se identificaron seis categorías emergentes que se desarrollan a continuación. La codificación se realizó de manera inductiva, permitiendo que los temas surgieran de los datos sin imposición de un marco previo. Para garantizar la confiabilidad del análisis, dos investigadores codificaron por separado y posteriormente compararon resultados, ajustando las categorías hasta alcanzar consenso.

Categoría 1: Competencias técnicas fundamentales

Los cuatro expertos coincidieron en que las competencias fundamentales para el uso efectivo de HEC-RAS incluyen: (a) dominio de hidráulica de canales abiertos y mecánica de fluidos, (b) conocimientos de hidrología aplicada para determinación de caudales de diseño, (c) comprensión de las ecuaciones de Saint-Venant y el coeficiente de Manning, (d) capacidad de interpretación crítica de resultados, y (e) manejo de sistemas de información geográfica (SIG). El experto C.C.G. enfatizó que la competencia principal es la conceptualización física del sistema hídrico antes de tocar el software, idea

que reaparece en las entrevistas de E.V.E. y E.D. con diferentes formulaciones, pero con el mismo contenido.

La conceptualización física previa al uso del software es un punto que los cuatro expertos plantean con énfasis. Para C.V., el problema central de quienes recién se inician con HEC-RAS no es operar la interfaz, sino entender qué representa cada parámetro en el sistema físico real. Este planteamiento es coherente con la literatura revisada en el Capítulo 2, donde Timbadiya et al. (2023) destacan que la modelación de inundaciones requiere capacidades de pensamiento crítico para evaluar la calidad de los datos de entrada y la pertinencia de los supuestos adoptados.

Categoría 2: Errores frecuentes en modelación

Los expertos identificaron como errores más comunes los siguientes: la selección incorrecta de coeficientes de rugosidad (Manning) en cauces naturales, la definición inadecuada de condiciones de frontera, la ubicación incorrecta de secciones transversales, la falta de calibración y validación de modelos con datos de campo, y la interpretación superficial de resultados sin considerar las limitaciones del modelo.

E.V.E. señaló que muchos modelos llegan a las consultoras con valores de Manning copiados directamente de tablas genéricas, sin ningún ajuste para las características locales del cauce. C.C.G. añadió que la ubicación de las secciones transversales suele decidirse por comodidad cartográfica antes que por criterios hidráulicos, lo cual genera modelos que reproducen geometrías irreales en zonas críticas como contracciones, expansiones y entradas a estructuras. Estos errores tienen una raíz pedagógica clara: si el aprendizaje se concentra en la operación del software y no en la

comprensión hidráulica, el estudiante no desarrolla criterio para detectar y corregir las decisiones que comprometen la validez del modelo.

Categoría 3: Prácticas actuales de enseñanza

Existe consenso entre los expertos respecto a que la enseñanza de modelación hidráulica en Panamá ha sido predominantemente teórica y magistral, con tendencia reciente hacia la incorporación de software. El experto E.D. indicó que predomina un enfoque teórico con uso limitado de software. El experto C.C.G. complementó señalando que, aunque existe una buena base teórica de la UTP, la limitación principal es el tiempo para desarrollar proyectos completos de modelación que reflejen la complejidad real de las cuencas panameñas.

Esta tensión entre la solidez de los fundamentos teóricos y la insuficiencia del tiempo para la práctica aplicada es una de las observaciones más recurrentes en las entrevistas. Los cuatro expertos coinciden en que la enseñanza tradicional, organizada en clases magistrales semanales de una o dos horas, es incompatible con la naturaleza acumulativa de la modelación hidráulica, donde un proyecto completo requiere semanas de trabajo continuo para construir geometría, calibrar parámetros, ejecutar simulaciones y validar resultados. La consecuencia es que los estudiantes egresan con una comprensión fragmentaria del proceso, capaces de ejecutar pasos aislados ,pero no de articularlos en un flujo de trabajo profesional.

Categoría 4: Recomendaciones para la propuesta didáctica

Los expertos recomendaron las siguientes estrategias para el diseño de la propuesta didáctica: (a) implementar metodologías activas como el aprendizaje basado

en problemas, (b) utilizar casos de estudio contextualizados a la realidad panameña, incluyendo cuencas como el río Chagres o el Santa María, (c) promover el pensamiento crítico y el criterio ingenieril, (d) integrar herramientas SIG y datos geoespaciales, (e) considerar aspectos de cambio climático y sostenibilidad, y (f) vincular la formación con la normativa ambiental panameña (COPANIT, MiAmbiente).

La recomendación de utilizar cuencas panameñas no es solo un asunto de pertinencia geográfica. C.V. argumentó que, cuando los estudiantes trabajan con datos de su entorno, se involucran emocionalmente con el problema y desarrollan una motivación que no aparece cuando el caso de estudio es un río ficticio o uno extranjero del que solo conocen el nombre. Este argumento conecta con el sexto nivel de la taxonomía de Marzano y Kendall (2007), el sistema interno, donde las actitudes y emociones determinan la motivación para el aprendizaje.

Categoría 5: Estructura y modalidad del curso

Los cuatro expertos coincidieron en recomendar una modalidad híbrida, con teoría asincrónica y práctica presencial o sincrónica. Respecto a la duración, las recomendaciones oscilaron entre 40 y 80 horas. En cuanto a la progresión, todos sugirieron iniciar con fundamentos y canales simples, avanzar hacia estructuras hidráulicas (puentes y alcantarillas) y culminar con proyectos integradores aplicados al contexto panameño.

La modalidad híbrida responde a una doble exigencia: por un lado, los profesionales en ejercicio requieren flexibilidad para acceder a los contenidos teóricos en horarios variables; por otro, las prácticas con software complejo se benefician de la interacción sincrónica con el docente, especialmente para resolver dudas de

configuración y depurar errores. Esta recomendación es consistente con la preferencia mostrada por los profesionales encuestados, donde la suma de modalidad virtual asincrónica (33.3%) e híbrida (31.1%) alcanza el 64.4% (sección 4.2.4).

Categoría 6: Proyectos relevantes para Panamá

Los expertos identificaron como proyectos prioritarios los siguientes: estudios de inundabilidad y delimitación de zonas de riesgo, diseño de sistemas de drenaje urbano, evaluación del impacto hidráulico de estructuras de cruce (puentes y alcantarillas), modelación de calidad de agua y análisis de rotura de presas. Estas áreas reflejan tanto la demanda profesional como las prioridades de las instituciones nacionales (MiAmbiente, IMHPA, ATTT) en la gestión del riesgo hídrico.

La mención específica al análisis de rotura de presas merece atención particular. Aunque Panamá no cuenta con un parque hidroeléctrico tan extenso como el de otros países latinoamericanos, las represas existentes (Bayano, Fortuna, Estí, Bonyic, entre otras) y los embalses para abastecimiento (Madden, Gatún) representan estructuras críticas cuya falla tendría consecuencias catastróficas. La modelación de rotura de presas con HEC-RAS es la herramienta estándar internacional para evaluar estos escenarios, y los expertos coinciden en que la formación profesional debe contemplarla.

4.2. Análisis del Instrumento N.º 2: Encuesta Estructurada a Profesionales

Este apartado presenta los resultados de la encuesta aplicada a 45 profesionales graduados de ingeniería civil que ejercen o han ejercido en el campo de la hidráulica en Panamá. La presentación se organiza siguiendo la estructura del instrumento:

caracterización de la muestra, formación recibida en modelación hidráulica, competencias técnicas requeridas y necesidades de capacitación.

4.2.1. Caracterización de la Muestra

La encuesta fue respondida por 45 profesionales que cumplieron con los criterios de inclusión. A continuación, se presentan las características sociodemográficas y profesionales de los participantes, organizadas por variable.

Distribución por género

La distribución por género fue equilibrada, con 23 participantes masculinos (51.1%) y 22 participantes femeninos (48.9%), lo que refleja una creciente participación de mujeres en la ingeniería civil panameña. La Figura 1 muestra la distribución porcentual.

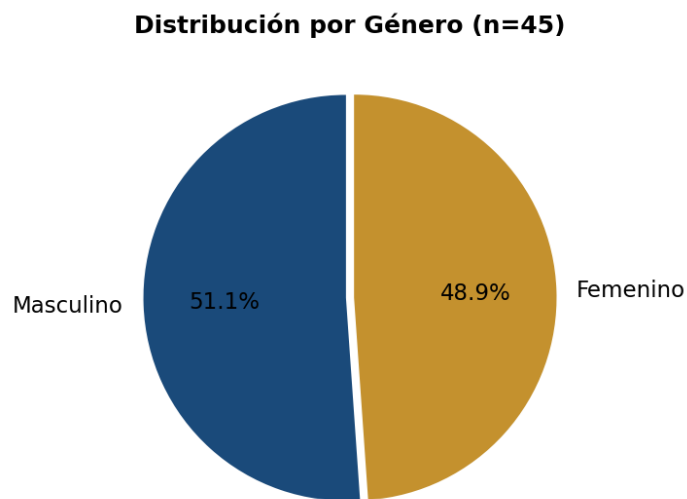


Figura 1. Distribución de participantes por género (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

Esta paridad es relevante en un contexto profesional históricamente masculinizado y sugiere que las nuevas generaciones de profesionales accederán a la modelación hidráulica en condiciones distintas a las de cohortes anteriores. La propuesta didáctica debe contemplar esta realidad con casos de estudio diversos y referencias profesionales que reconozcan el aporte de hombres y mujeres a la disciplina.

Distribución por rango de edad

El 55.6% de los encuestados (n=25) se encuentra en el rango de 31 a 40 años, seguido por el rango de 22 a 30 años con 24.4% (n=11), el rango de 41 a 50 años con 17.8% (n=8), y más de 50 años con 2.2% (n=1). La Figura 2 presenta la distribución completa.

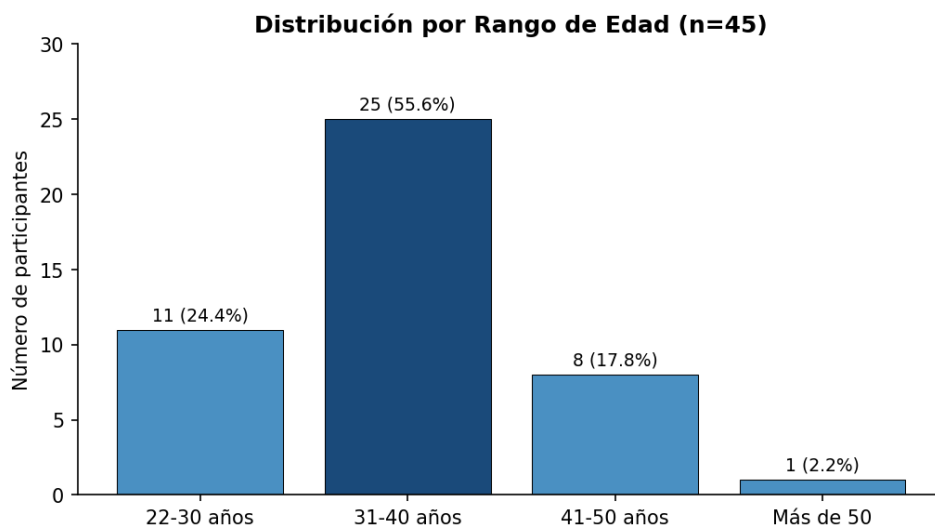


Figura 2. Distribución de participantes por rango de edad (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

Esta distribución indica que la muestra está conformada principalmente por profesionales en etapa de consolidación profesional. Es la cohorte que enfrenta de manera más directa la disyuntiva entre los conocimientos adquiridos en pregrado y las

exigencias actuales del mercado, y es por tanto la que mayor demanda de capacitación continua expresa. La concentración de respuestas en este grupo refuerza la pertinencia de una propuesta de educación continua, en lugar de un curso integrado al pregrado.

Universidad de egreso

El 88.9% de los participantes (n=40) son egresados de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP), el 8.9% (n=4) de la Universidad de Panamá (UP), y el 2.2% (n=1) de la Universidad Santa María La Antigua (USMA). La Figura 3 ilustra esta distribución.

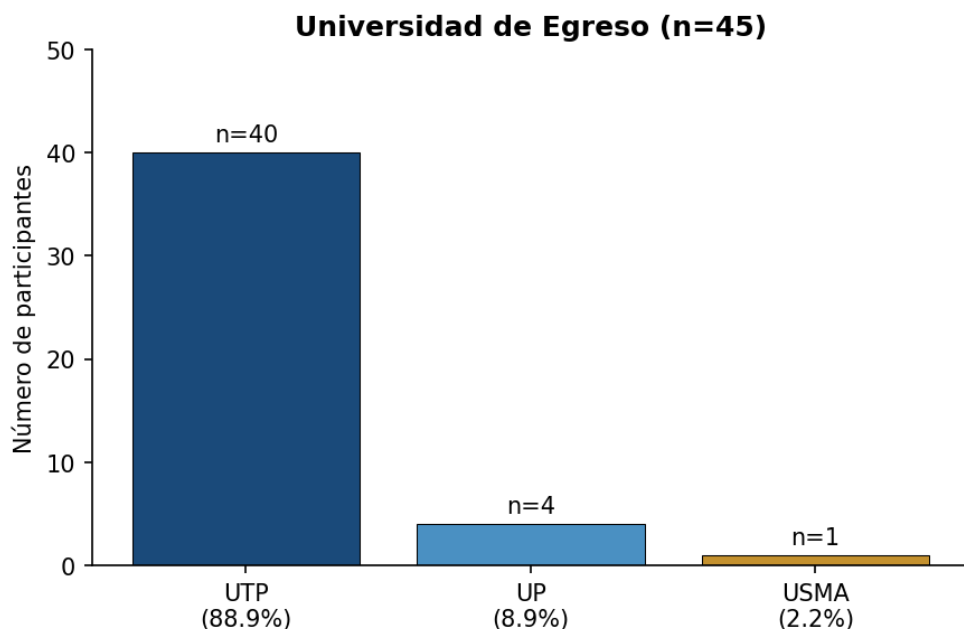


Figura 3. Distribución de participantes por universidad de egreso (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

Esta distribución confirma el rol preponderante de la UTP en la formación de ingenieros civiles en el país. Para efectos de la propuesta didáctica, la coincidencia entre la institución de formación de los profesionales y la institución de procedencia de los expertos entrevistados permite que las conclusiones del estudio se apoyen sobre una

base institucional homogénea, facilitando la identificación de brechas específicas en el plan de estudios actual.

Uso de HEC-RAS en la vida profesional

Respecto al uso de HEC-RAS en la vida profesional, el 31.1% (n=14) indicó que nunca lo ha utilizado, el 24.4% (n=11) lo utiliza ocasionalmente, el 22.2% (n=10) lo utiliza frecuentemente, y el 22.2% (n=10) lo utiliza rara vez. La Figura 4 presenta esta distribución.

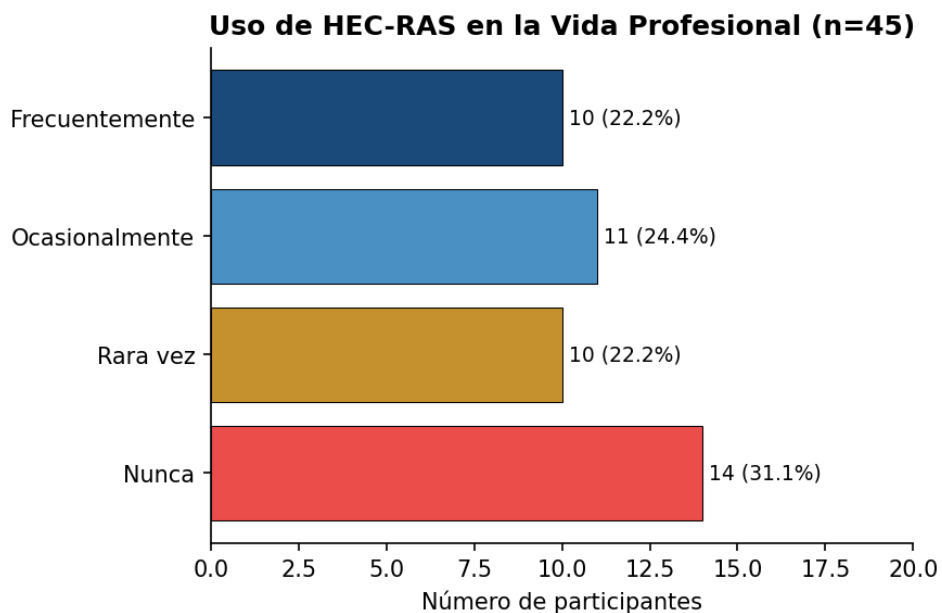


Figura 4. Frecuencia de uso de HEC-RAS en la vida profesional (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

El dato del 31.1% de profesionales que nunca ha utilizado HEC-RAS, pese a ejercer en el campo de la hidráulica, es uno de los hallazgos más relevantes del estudio. Indica que casi un tercio de la muestra reconoce una brecha personal entre la herramienta estándar de la disciplina y su práctica cotidiana. Si se suman quienes lo

utilizan rara vez (22.2%), se obtiene un 53.3% de profesionales con uso nulo o esporádico del software, frente a un 46.7% con uso ocasional o frecuente. La propuesta didáctica está diseñada para atender ambos perfiles: ofrecer una entrada estructurada para quienes nunca lo han utilizado y una profundización en competencias avanzadas para quienes ya lo emplean en su trabajo.

4.2.2. Sección II: Formación en Modelación Hidráulica

Esta sección evaluó la percepción de los profesionales sobre la formación recibida durante sus estudios universitarios, utilizando una escala Likert de 5 puntos (1=Totalmente en desacuerdo, 5=Totalmente de acuerdo). La Tabla 5 presenta los estadísticos descriptivos de los cinco ítems que componen la sección.

Tabla 5. Estadísticos descriptivos de la Sección II: Formación en modelación hidráulica

Ítem	Media	Mediana	Moda	D.E.
7. Recibí capacitación adecuada en modelación hidráulica	3.29	3.0	3	1.12
8. La metodología fue principalmente teórica	3.60	4.0	3	0.99
9. Tuve oportunidades de aplicar software	3.13	3.0	3	1.18
10. Los casos estaban contextualizados a Panamá	3.11	3.0	3	1.15
11. Me prepararon para usar HEC-RAS	3.04	3.0	2	1.24

Nota: Escala Likert 1-5 (1=Totalmente en desacuerdo, 5=Totalmente de acuerdo).

Fuente: Elaboración propia (2026)

La Figura 5 presenta gráficamente la distribución de respuestas para cada ítem, permitiendo apreciar la dispersión y los puntos de acuerdo entre los profesionales encuestados.

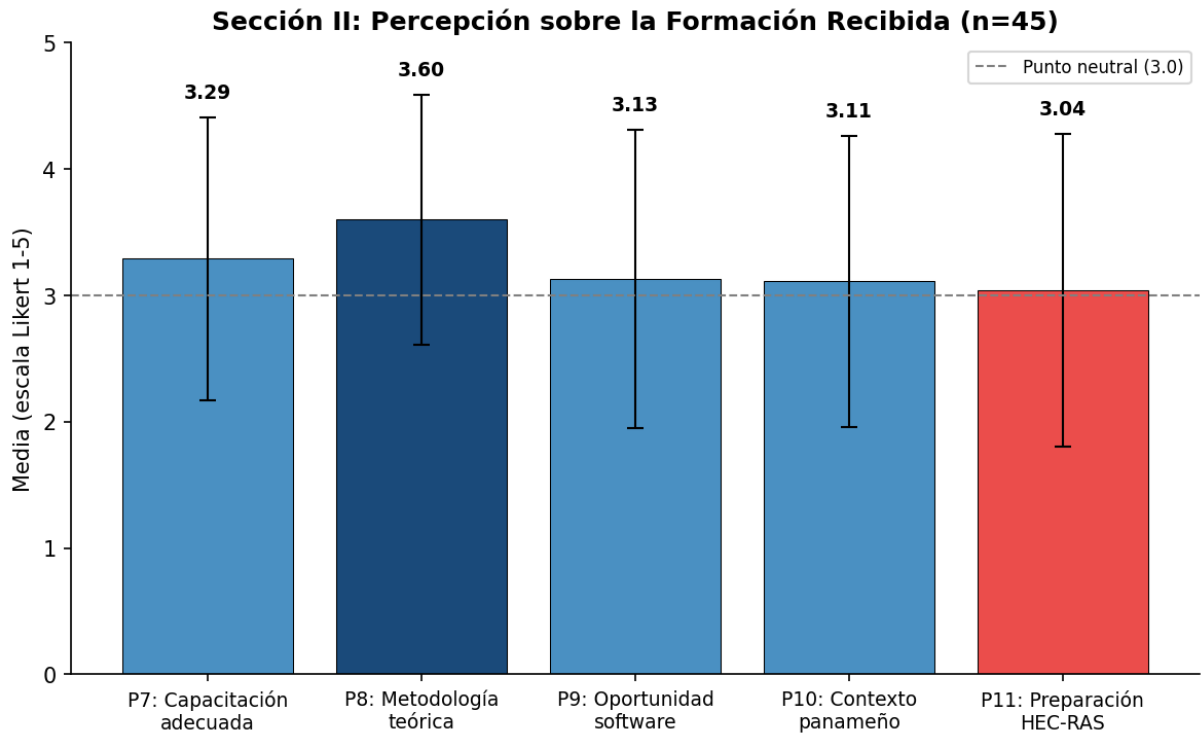


Figura 5. Percepción sobre la formación recibida en modelación hidráulica (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

Los resultados de la Sección II revelan hallazgos importantes sobre la formación universitaria en modelación hidráulica. El ítem 8, referente al predominio de metodología teórica, obtuvo la media más alta ($M=3.60$, $DE=0.99$), confirmando que la enseñanza tradicional basada en clases magistrales es la modalidad predominante. Por otro lado, el ítem 11, sobre la preparación para usar HEC-RAS, obtuvo la media más baja ($M=3.04$, $DE=1.24$), con una moda de 2, lo que indica que la mayoría de los profesionales percibe

que su formación universitaria no los preparó adecuadamente para el uso de este software.

Es interesante notar que el ítem 11 presenta también la mayor desviación estándar de la sección ($DE=1.24$), lo cual indica una alta variabilidad en las respuestas. Esto sugiere que la calidad de la preparación recibida no es homogénea: mientras algunos profesionales reportan haber recibido formación específica en HEC-RAS durante sus estudios, otros indican lo contrario. Esta heterogeneidad probablemente se relaciona con el docente específico que dictó el curso de hidráulica fluvial, con la cohorte de egreso, o con la disponibilidad de licencias y equipos en el momento de la formación.

Otro patrón relevante es la consistencia de las medianas en torno al valor 3.0 en todos los ítems. La mediana 3 indica que, dividida la muestra por la mitad, el 50% de los profesionales se ubica en posiciones de neutralidad o desacuerdo respecto a la calidad de la formación recibida. En términos formativos, la posición neutra rara vez constituye un endoso: significa que el profesional no recuerda haber tenido una experiencia formativa lo suficientemente significativa como para emitir un juicio positivo. Esta lectura conservadora de los datos refuerza la conclusión sobre la insuficiencia de la formación actual.

La comparación entre el ítem 8 (metodología teórica, $M=3.60$) y el ítem 9 (oportunidades de aplicar software, $M=3.13$) ofrece una pista sobre el origen pedagógico de la brecha. La diferencia de 0.47 puntos entre ambos ítems no es trivial: indica que los profesionales recuerdan haber recibido teoría con mayor consistencia que oportunidades prácticas, y que la transición de la teoría a la práctica no se completó durante la formación universitaria. Esta brecha es exactamente la que las metodologías activas buscan cerrar.

4.2.3. Sección III: Competencias Técnicas Requeridas

Esta sección evaluó la importancia percibida de diversas competencias técnicas para el ejercicio profesional de la modelación hidráulica, utilizando una escala Likert de 5 puntos (1=Nada importante, 5=Muy importante). La Tabla 6 presenta los resultados ordenados de mayor a menor importancia.

Tabla 6. Ranking de competencias técnicas por importancia percibida

Rank	Competencia	Media	Moda	D.E.
1	Definir geometría del canal y secciones transversales	4.02	5	0.94
2	Interpretación crítica de resultados de simulación	3.91	5	1.16
3	Selección de coeficientes de rugosidad (Manning)	3.82	4	1.03
4	Calibración y validación de modelos hidráulicos	3.82	4	1.19
5	Manejo de la interfaz y herramientas de HEC-RAS	3.76	5	1.19
6	Dominio de fundamentos de hidráulica fluvial	3.73	4	1.18
7	Definición correcta de condiciones de frontera	3.73	4	1.10
8	Elaboración de informes técnicos	3.64	4	1.00
9	Uso de RAS Mapper para análisis geoespacial	3.56	4	0.99

Fuente: Elaboración propia (2026)

La Figura 6 representa gráficamente las medias del ranking, lo que facilita la comparación visual entre las competencias evaluadas.

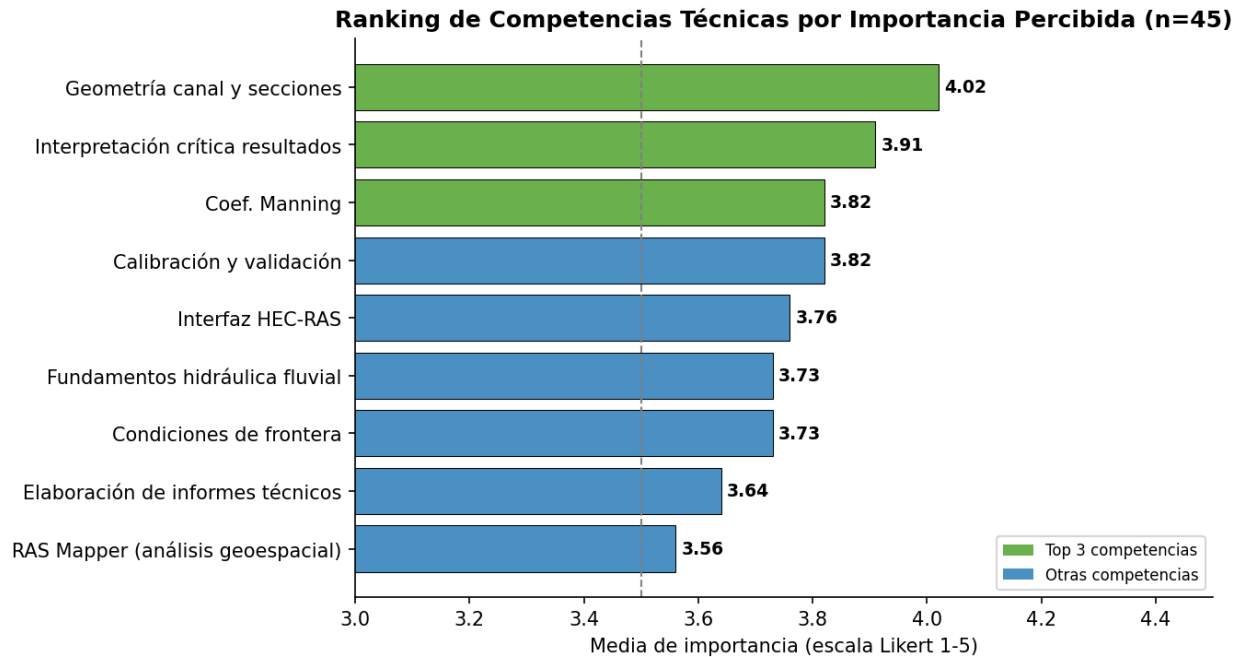


Figura 6. Ranking de competencias técnicas por importancia percibida (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

Los resultados muestran que las tres competencias más valoradas por los profesionales son las siguientes: (1) la capacidad para definir geometría del canal y secciones transversales ($M=4.02$), (2) la interpretación crítica de resultados de simulación ($M=3.91$), y (3) la selección adecuada de coeficientes de rugosidad ($M=3.82$). Es significativo que las dos primeras posiciones correspondan a competencias de nivel superior según la taxonomía de Marzano (análisis e interpretación), mientras que la competencia operativa básica de manejo de interfaz ocupe la quinta posición.

Este ordenamiento contradice una intuición común en el diseño de cursos de software: la creencia de que los profesionales valoran ante todo la operación rápida y eficaz de la interfaz. La evidencia muestra lo contrario. Los profesionales en ejercicio, una vez que han enfrentado las dificultades reales del trabajo, reconocen que el dominio

de la interfaz es una condición necesaria pero claramente insuficiente. Lo que valoran como prioritario son las decisiones técnicas que ningún software puede tomar por el modelador: dónde ubicar las secciones transversales, qué Manning asignar a cada zona del cauce, y cómo interpretar el conjunto de resultados que el software produce.

La interpretación crítica de resultados ($M=3.91$, moda=5) merece atención particular. Una moda de 5 indica que el valor más frecuentemente seleccionado por los encuestados fue el de máxima importancia, lo cual refuerza el peso que esta competencia tiene en la práctica profesional. La interpretación crítica es precisamente la competencia que las clases magistrales tradicionales tienen mayor dificultad para desarrollar, dado que requiere exposición repetida a problemas reales con datos imperfectos, supuestos cuestionables y resultados que demandan juicio profesional. Es una competencia que solo puede formarse mediante práctica deliberada, y este es uno de los argumentos centrales para fundamentar la propuesta en metodologías activas de aprendizaje.

Las competencias relacionadas con calibración y validación ($M=3.82$) y con la definición de condiciones de frontera ($M=3.73$) ocupan posiciones medias-altas del ranking. Estas son las áreas donde, según los expertos entrevistados, se concentran los errores frecuentes de los modeladores con poca experiencia. La coincidencia entre la valoración de los profesionales y los errores señalados por los expertos es un primer indicio de triangulación: ambas fuentes apuntan a las mismas competencias como críticas y, simultáneamente, deficitarias en la formación actual.

La elaboración de informes técnicos ($M=3.64$), aunque ocupa el penúltimo lugar del ranking, recibe una valoración por encima del punto medio de la escala. Este

resultado debe leerse en su justa medida: la posición relativamente baja no significa que la comunicación técnica sea irrelevante, sino que los profesionales encuestados consideran que las competencias propias de la modelación (geometría, parámetros, interpretación) son aún más críticas. La propuesta didáctica conserva la elaboración de informes como componente evaluativo, pero la articula con las competencias técnicas centrales en lugar de tratarla como un anexo.

4.2.4. Sección IV: Necesidades de Capacitación

Esta sección exploró el interés de los profesionales en participar en programas de capacitación en HEC-RAS y sus preferencias respecto a modalidad, duración y contenidos.

Interés en capacitación

El 64.4% de los encuestados (n=29) indicó que «definitivamente sí» le interesaría participar en un curso de HEC-RAS con metodologías activas, el 24.4% (n=11) respondió «probablemente sí», y solo el 11.1% (n=5) indicó «no estoy seguro(a)». Ningún participante seleccionó las opciones negativas. La Figura 7 muestra esta distribución, que representa un interés total del 88.9%.

Interés en Curso con Metodologías Activas (n=45)

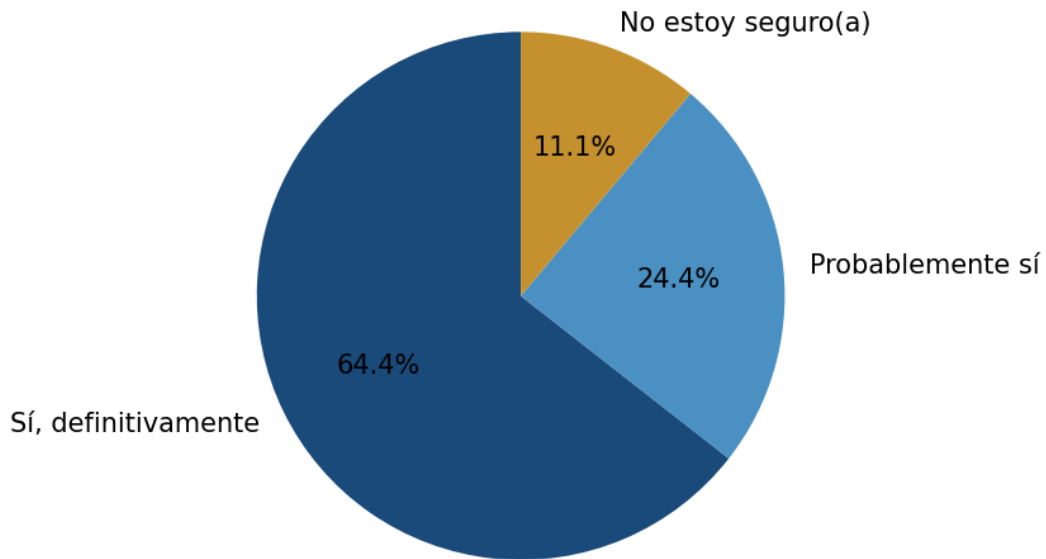


Figura 7. Interés en participar en curso con metodologías activas (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

La magnitud de este resultado es uno de los datos más contundentes del estudio. Que casi nueve de cada diez profesionales encuestados expresen interés en una capacitación con metodologías activas indica que existe una demanda real, sostenida y mayoritaria, no atendida actualmente por la oferta formativa del país. La ausencia total de respuestas negativas (las opciones «probablemente no» y «definitivamente no» quedaron sin selecciones) refuerza esta lectura: no hay un sector visible de profesionales que rechace la propuesta o que perciba la capacitación adicional como innecesaria.

Modalidad preferida

La Figura 8 muestra que el 33.3% (n=15) prefiere modalidad virtual asincrónica, el 31.1% (n=14) modalidad híbrida, el 22.2% (n=10) modalidad presencial, y el 13.3%

(n=6) modalidad virtual sincrónica. La preferencia por modalidades flexibles (virtual asincrónica e híbrida) alcanza el 64.4%, lo cual es consistente con las recomendaciones de los expertos entrevistados.

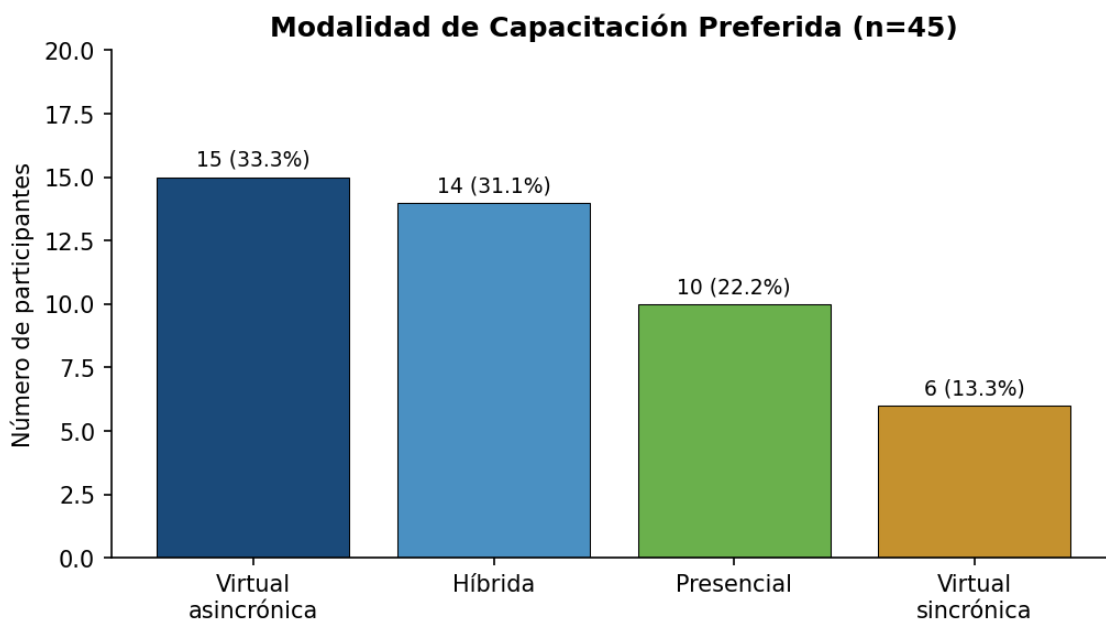


Figura 8. Modalidad de capacitación preferida (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

La preferencia por modalidades flexibles refleja la realidad de profesionales en ejercicio que combinan trabajo, estudio y responsabilidades familiares. La modalidad presencial pura, que sigue siendo la opción dominante en muchos programas universitarios de educación continua, recibe solo el 22.2% de las preferencias. La propuesta didáctica del Capítulo 5 adopta un formato híbrido que combina componentes asincrónicos para los contenidos teóricos y demostraciones operativas con componentes sincrónicos para las prácticas guiadas y la retroalimentación del proyecto integrador, alineándose con las preferencias mayoritarias de los encuestados.

Duración preferida

El 51.1% (n=23) prefiere un curso avanzado de más de 80 horas, el 31.1% (n=14) un curso básico de 20-40 horas, y el 17.8% (n=8) un curso intermedio de 40-80 horas. La Figura 9 presenta esta distribución.

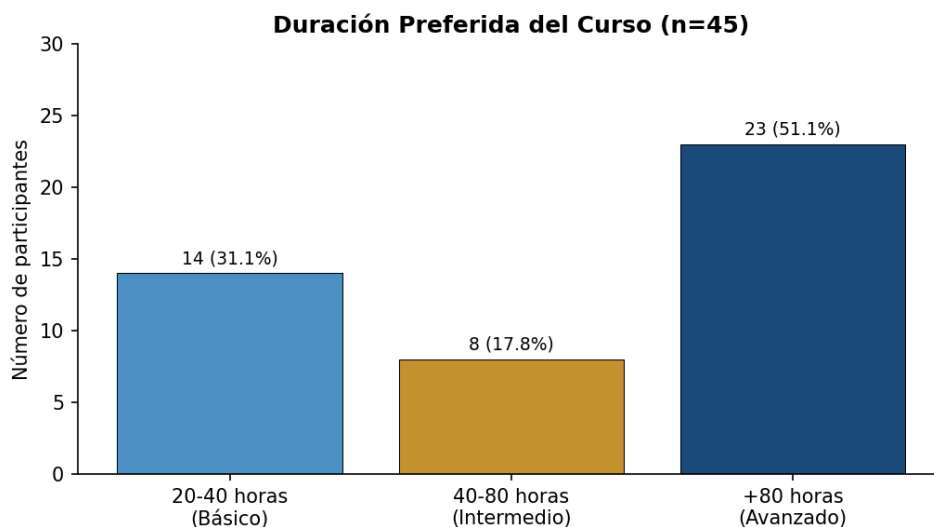


Figura 9. Duración preferida del curso de HEC-RAS (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

La preferencia mayoritaria por una formación extensiva sugiere que los profesionales reconocen la complejidad del software y la necesidad de una capacitación integral. Sin embargo, esta preferencia coexiste con un segundo bloque relevante (31.1%) que prefiere cursos cortos. Esta polarización es interpretable: por un lado, los profesionales con experiencia previa en HEC-RAS desean profundización avanzada; por otro, quienes nunca lo han utilizado buscan una entrada rápida y accesible. La propuesta didáctica del Capítulo 5 se ubica en la zona intermedia con 60 horas, asumiendo que la duración óptima debe equilibrar profundidad de contenido y disposición real de tiempo del público objetivo.

Proyectos de mayor interés

Las temáticas más demandadas fueron las siguientes: análisis de rotura de presas (60.0%, n=27), estudios de inundabilidad y delimitación de zonas de riesgo (57.8%, n=26), diseño de sistemas de drenaje urbano (57.8%, n=26), evaluación de impactos hidráulicos de puentes y alcantarillas (53.3%, n=24), y modelación bidimensional (46.7%, n=21). La Figura 10 muestra el ranking completo.

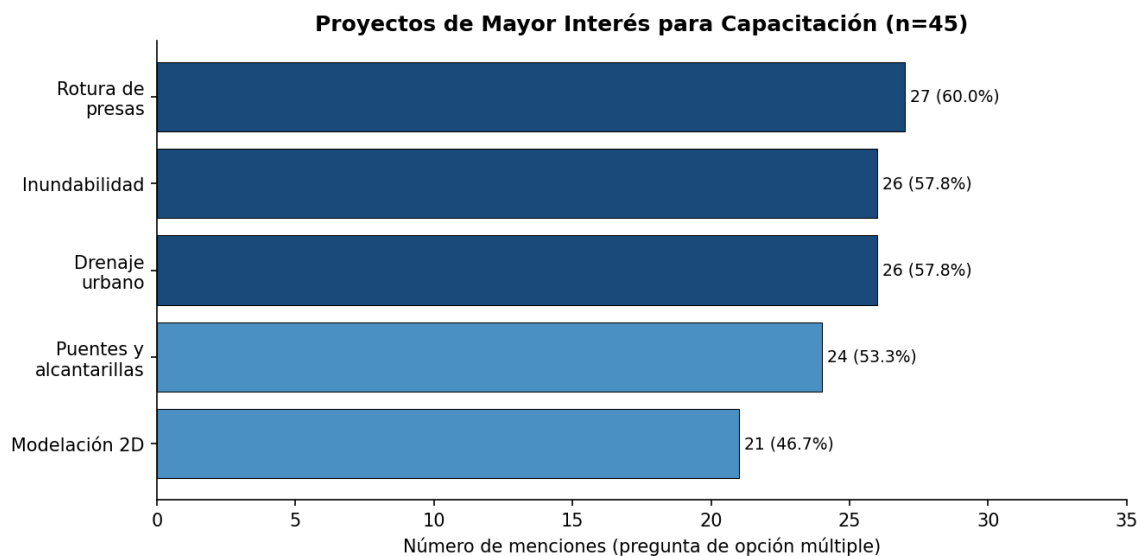


Figura 10. Proyectos de mayor interés para capacitación (n=45)

Fuente: Elaboración propia (2026)

Estas preferencias coinciden con los proyectos identificados como relevantes por los expertos en la categoría 6 del análisis cualitativo. La convergencia entre profesionales y expertos en cuanto a las áreas prioritarias permite definir con precisión los proyectos integradores que deben formar parte de la propuesta didáctica. El análisis de rotura de presas, que encabeza el ranking de los profesionales y aparece destacado en las recomendaciones de los expertos, es una temática que la propuesta debe contemplar de

manera explícita en el módulo final, dada su relevancia para la seguridad de las infraestructuras críticas del país.

4.3. Triangulación de Resultados

La triangulación de resultados consiste en contrastar los hallazgos provenientes de las dos fuentes (expertos y profesionales) para identificar puntos de convergencia, divergencia y vacíos. Este ejercicio fortalece la validez del estudio y orienta el diseño de la propuesta didáctica del Capítulo 5.

4.3.1. Puntos de convergencia

Los principales puntos de convergencia entre ambas fuentes son los siguientes:

- Predominio de enseñanza tradicional teórica. Tanto los expertos (categoría 3) como los profesionales (ítem 8, $M=3.60$) confirman que la enseñanza de modelación hidráulica en Panamá ha sido predominantemente magistral, con limitada práctica aplicada.
- Insuficiencia de la formación específica en HEC-RAS. Los expertos lo señalan al describir el tiempo limitado para desarrollar proyectos completos; los profesionales lo expresan en el ítem 11 ($M=3.04$, moda=2).
- Importancia de la interpretación crítica. Los expertos sitúan esta competencia entre las fundamentales (categoría 1); los profesionales la ubican en el segundo lugar del ranking de competencias ($M=3.91$).
- Pertinencia de las metodologías activas. Los expertos las recomiendan explícitamente (categoría 4); los profesionales expresan su interés con un 88.9%.

- Preferencia por modalidad híbrida o flexible. Tanto expertos (categoría 5) como profesionales (Sección IV) coinciden en este punto.
- Cuencas y proyectos prioritarios. Las áreas señaladas por los expertos (rotura de presas, inundabilidad, drenaje urbano) coinciden con las preferencias de los profesionales encuestados.

4.3.2. Puntos de divergencia

Las divergencias identificadas son sutiles y se relacionan principalmente con el nivel de énfasis más que con desacuerdos sustantivos:

- Énfasis en fundamentos hidráulicos versus operación del software. Los expertos enfatizan el dominio conceptual previo al uso del software; los profesionales, en cambio, tienden a valorar también el manejo de interfaz, aunque en quinta posición. Esta diferencia es coherente con sus respectivas perspectivas: los expertos miran desde el rol formativo, donde los fundamentos son el cimiento; los profesionales miran desde el rol del usuario que enfrenta limitaciones operativas concretas.
- Duración del curso. Mientras los expertos sugieren entre 40 y 80 horas, el 51.1% de los profesionales prefiere más de 80 horas. La propuesta opta por 60 horas como punto intermedio, considerando la viabilidad de mantener la motivación y compromiso de los participantes durante todo el curso.

4.3.3. Vacíos identificados

Algunos aspectos no fueron explorados con la profundidad deseable y constituyen áreas para investigaciones futuras:

- Diferenciación por sector laboral. Aunque la encuesta capturó el sector laboral de los participantes, el análisis no profundizó en posibles diferencias entre las necesidades de formación de profesionales del sector público y privado, lo cual podría informar adaptaciones específicas de la propuesta.
- Articulación con normativa específica. Si bien los expertos mencionaron la importancia de vincular la formación con la normativa ambiental panameña, no se exploraron a profundidad las exigencias particulares de los Estudios de Impacto Ambiental (EIA) que requieren modelación hidráulica.
- Comparación con software alternativo. La investigación se centró en HEC-RAS, sin comparar sistemáticamente con otras herramientas de modelación hidráulica utilizadas en la región (IBER, MIKE 21, Flow-2D). Una comparación de este tipo podría enriquecer la fundamentación de la elección del software.

4.4. Prueba de Hipótesis

A continuación, se presenta la verificación de las hipótesis planteadas en la investigación, contrastando los hallazgos de ambos instrumentos.

4.4.1. Hipótesis Específica 1

«Las competencias técnicas en modelación hidráulica requeridas en el contexto profesional panameño incluyen tanto habilidades operativas del software como capacidades de nivel superior relacionadas con el análisis crítico de resultados y la toma de decisiones».

Resultado: SE CONFIRMA. El ranking de competencias muestra que las capacidades de nivel superior (interpretación crítica M=3.91, definición de geometría M=4.02) son valoradas por encima de las habilidades operativas básicas (manejo de interfaz M=3.76). Los cuatro expertos entrevistados coincidieron en que la interpretación crítica de resultados y el criterio ingenieril son competencias fundamentales.

4.4.2. Hipótesis Específica 2

«Las prácticas actuales de enseñanza de modelación hidráulica en Panamá presentan limitaciones relacionadas con el predominio de enfoques tradicionales centrados en la instrucción técnica».

Resultado: SE CONFIRMA. El ítem 8 de la encuesta (metodología principalmente teórica) obtuvo M=3.60, la más alta de la sección de formación. Los cuatro expertos confirmaron que predomina la enseñanza teórica y magistral, con limitada práctica aplicada.

4.4.3. Hipótesis Específica 3

«Los principios del aprendizaje basado en problemas y proyectos, combinados con estrategias de andamiaje cognitivo, constituyen una fundamentación pedagógica apropiada para el diseño de propuestas didácticas».

Resultado: SE CONFIRMA. El 88.9% de los profesionales encuestados expresó interés en participar en un curso con metodologías activas (ABP y proyectos). El experto C.C.G. indicó que ha aplicado aprendizaje basado en problemas en laboratorios con resultados positivos.

4.4.4. Hipótesis Específica 4

«Una secuencia didáctica que progrese desde problemas estructurados hacia problemas abiertos facilitará la transferencia del aprendizaje al ejercicio profesional».

Resultado: SE CONFIRMA. Los cuatro expertos coincidieron en recomendar una progresión desde fundamentos y canales simples hacia estructuras hidráulicas y proyectos integradores. Esta progresión es consistente con los principios de andamiaje cognitivo.

4.4.5. Hipótesis Específica 5

«La propuesta didáctica diseñada cumplirá con criterios de calidad pedagógica, pertinencia técnica y factibilidad de implementación según la valoración de expertos».

Resultado: PENDIENTE DE VALIDACIÓN. Esta hipótesis se verificará una vez diseñada la propuesta didáctica (Capítulo 5) mediante su validación por juicio de expertos.

4.4.6. Hipótesis General

«Una propuesta didáctica fundamentada en metodologías activas de aprendizaje, que integre el aprendizaje basado en problemas y proyectos con secuencias didácticas progresivas contextualizadas al entorno profesional panameño, promoverá el desarrollo de competencias técnicas en modelación hidráulica con HEC-RAS transferibles al ejercicio profesional de la ingeniería civil».

Resultado: SE CONFIRMA PARCIALMENTE. Los resultados de ambos instrumentos sustentan la viabilidad y pertinencia de la propuesta. La confirmación de las

hipótesis específicas 1-4 proporciona la fundamentación necesaria para el diseño de la propuesta didáctica. La verificación completa de la hipótesis general requerirá la implementación piloto de la propuesta, lo cual constituye una línea de investigación futura.

4.5. Discusión de Resultados

Los resultados obtenidos en este estudio dialogan con la literatura revisada en el Capítulo 2 de manera consistente. La preferencia de los profesionales encuestados por competencias de nivel superior (interpretación crítica, definición de geometría) por encima del manejo operativo de la interfaz coincide con los hallazgos de Yepes et al. (2016), quienes señalaron que las competencias técnicas en ingeniería han evolucionado hacia una concepción integral que incluye análisis, interpretación y toma de decisiones.

La identificación de la enseñanza magistral como modalidad predominante en la formación universitaria panameña en modelación hidráulica replica un patrón documentado por Hernández-de-Menéndez y Morales-Menéndez (2019) en otros contextos: pese a la evidencia disponible sobre la efectividad de las metodologías activas, su adopción en programas de ingeniería sigue siendo limitada. La brecha entre la investigación educativa y la práctica docente, anunciada en el planteamiento del problema (sección 1.2), se confirma empíricamente en este estudio.

El alto interés en la capacitación con metodologías activas (88.9%) supera ampliamente las expectativas iniciales y constituye un aval social para la implementación de la propuesta. Este resultado es coherente con la observación de Lähteenmäki et al. (2019), quienes documentaron el creciente interés de los profesionales de ingeniería por

modelos formativos que articulen teoría y práctica de manera más efectiva. La diferencia con dicho estudio es que el contexto panameño parece presentar una demanda aún más concentrada, posiblemente porque la oferta actual de formación continua en HEC-RAS es escasa y los profesionales perciben con claridad la brecha entre lo que su trabajo les exige y lo que su formación les proveyó.

La convergencia entre las recomendaciones de los expertos (proyectos contextualizados a cuencas panameñas) y las preferencias de los profesionales (rotura de presas, inundabilidad, drenaje urbano) ofrece una orientación clara para la propuesta didáctica. Esta coincidencia no es casual: en un país pequeño como Panamá, la comunidad de profesionales de la hidráulica es reducida, los expertos académicos forman a quienes después ejercerán la profesión, y las problemáticas que ambos identifican como prioritarias responden a un mismo conjunto de necesidades nacionales asociadas a la gestión del riesgo hídrico.

Una observación adicional emerge al cruzar la distribución por edad (55.6% en el rango 31-40 años) con el alto interés en formación extensiva (51.1% prefiere más de 80 horas). Los profesionales en consolidación profesional, ya alejados de los aprendizajes recientes, pero aún sin la posición de quien ha completado su trayectoria, son los que con mayor claridad reconocen la necesidad de actualización. Este perfil es el destinatario natural de programas de educación continua bien diseñados, y la propuesta del Capítulo 5 lo asume explícitamente como su público objetivo principal.

4.6. Conclusiones del Análisis

A partir del análisis de los datos recolectados mediante los instrumentos de investigación se derivan las siguientes conclusiones:

- Las competencias técnicas en modelación hidráulica requeridas en el contexto profesional panameño trascienden el manejo operativo del software. Los profesionales y expertos coinciden en que la interpretación crítica de resultados, la definición adecuada de geometría y condiciones de frontera, y la capacidad de calibración y validación son competencias prioritarias que deben desarrollarse en la propuesta didáctica.
- La formación universitaria actual en modelación hidráulica presenta limitaciones significativas. Se caracteriza por un predominio de metodologías tradicionales teóricas, escasa contextualización a la realidad panameña y preparación insuficiente para el uso profesional de HEC-RAS. El 31.1% de los profesionales nunca ha utilizado el software, lo cual evidencia una brecha entre la formación académica y las demandas del mercado laboral.
- Existe una demanda significativa de capacitación en HEC-RAS con metodologías activas. El 88.9% de los profesionales expresó interés en participar en un curso con este enfoque, prefiriendo modalidades flexibles (híbrida o virtual asincrónica) y duración extensiva (más de 40 horas).
- Los proyectos de mayor interés para los profesionales panameños son los estudios de inundabilidad y delimitación de zonas de riesgo, el diseño de sistemas de drenaje urbano, la evaluación de impactos hidráulicos de infraestructura y el

análisis de rotura de presas. Estos proyectos constituyen el eje de los problemas y proyectos integradores de la propuesta didáctica.

- La propuesta didáctica debe estructurarse con una progresión desde problemas estructurados (canales simples, flujo permanente) hacia problemas abiertos (estudios de inundabilidad de cuencas panameñas), integrando casos contextualizados a la realidad local, herramientas SIG y consideraciones de cambio climático y normativa ambiental.

4.7. Recomendaciones

Con base en los resultados y conclusiones de la investigación se formulan las siguientes recomendaciones:

- A las universidades panameñas: actualizar los planes de estudio de ingeniería civil para incorporar la enseñanza de software de modelación hidráulica con metodologías activas, utilizando casos de estudio contextualizados a cuencas panameñas como el Chagres, el Santa María o el Chiriquí Viejo.
- A los docentes de hidráulica: implementar estrategias de aprendizaje basado en problemas y proyectos, promoviendo el pensamiento crítico y el criterio ingenieril por encima de la mera reproducción de procedimientos técnicos.
- A las instituciones gubernamentales (MiAmbiente, IMHPA): colaborar con las universidades proporcionando datos hidrológicos, topográficos y casos de estudio reales que permitan contextualizar la formación profesional.
- Al sector profesional (Sociedad Panameña de Ingenieros y Arquitectos, consultoras): respaldar programas de educación continua mediante incentivos

como becas, días libres para capacitación y reconocimiento curricular de la formación recibida.

- La propuesta didáctica que se desarrolla en el Capítulo 5 deberá: (a) estructurarse en modalidad híbrida de 40-80 horas, (b) incorporar proyectos de inundabilidad, drenaje urbano y evaluación de estructuras, (c) utilizar casos de ríos panameños, (d) integrar herramientas SIG y análisis geoespacial, y (e) incluir criterios de evaluación alineados con la taxonomía de Marzano.

CAPÍTULO 5: LA PROPUESTA

Este capítulo desarrolla de manera integral la propuesta didáctica que constituye el producto principal de la presente investigación. La propuesta articula los hallazgos empíricos del Capítulo 4 con los referentes teóricos del Capítulo 2, traduciéndolos en un diseño curricular operativo que responde a la pregunta central del estudio: cómo estructurar una experiencia formativa que permita a los profesionales de la ingeniería civil panameña apropiarse del modelo HEC-RAS y, sobre todo, del criterio ingenieril que su uso responsable exige.

La presentación de la propuesta sigue una estructura que va de lo conceptual a lo operativo. Comienza con la introducción y los fundamentos pedagógico, taxonómico, empírico y técnico que sustentan el diseño; continúa con la justificación, los objetivos formulados según los niveles de la Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall, y un análisis costo-beneficio que verifica la sostenibilidad financiera del programa. Posteriormente, se detalla la implementación, con la ficha técnica del curso, la estructura modular y el sistema de evaluación; el cronograma de las fases de preparación y ejecución; y el presupuesto desagregado de inversión inicial y operación. Cierra el capítulo con la descripción de los casos de estudio panameños que vertebran el aprendizaje, los criterios de validación por juicio de expertos, una matriz de gestión de riesgos del programa y las consideraciones finales sobre la transferencia.

5.1. Introducción

El presente capítulo desarrolla la propuesta didáctica fundamentada en metodologías activas de aprendizaje para la enseñanza de HEC-RAS, denominada

Curso de Modelación Hidráulica con HEC-RAS: Un Enfoque Basado en Problemas y Proyectos para el Contexto Panameño. La propuesta responde directamente a los hallazgos descritos en el Capítulo 4, donde el 88.9% de los profesionales encuestados manifestó interés en un programa de capacitación con este enfoque y el 31.1% admitió no haber utilizado nunca la herramienta a pesar de ejercer en áreas vinculadas a la hidráulica.

La propuesta no se concibe como un curso introductorio más a una pieza de software. Su intención formativa apunta a construir, en sesenta horas distribuidas a lo largo de diez semanas, un repertorio de competencias que permitan al participante leer el problema hidráulico antes que el manual, formular hipótesis sobre el comportamiento del sistema, traducir información de campo en parámetros de modelo, y sostener con argumentos técnicos las decisiones que adopte. La pieza de software es, en este diseño, un instrumento al servicio del juicio ingenieril, no su sustituto.

El curso está dirigido a profesionales de ingeniería civil, ambiental y áreas afines que ejercen en el sector público, privado o académico panameño. Se estructura en modalidad híbrida, con cuarenta horas asincrónicas de trabajo individual y veinte horas sincrónicas de trabajo colaborativo, y se organiza en cinco módulos secuenciales que recorren los seis niveles de la Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall. Los casos de estudio que articulan el aprendizaje provienen de cuencas panameñas seleccionadas por su relevancia hidrológica y por la disponibilidad de información secundaria: el río Chagres, el río Santa María y el río Chiriquí Viejo.

El cierre del capítulo retoma la quinta hipótesis específica del estudio, que quedó pendiente de verificación tras el Capítulo 4 y que solo puede contrastarse una vez que la

propuesta exista como objeto evaluable. Se describe el procedimiento de validación por juicio de expertos previsto, así como los criterios de calidad pedagógica, pertinencia técnica y factibilidad de implementación que serán sometidos a evaluación.

5.2. Fundamentación de la Propuesta

La fundamentación de la propuesta se organiza en cuatro pilares interconectados: el pilar pedagógico, que define el modelo de enseñanza-aprendizaje; el pilar taxonómico, que estructura la progresión cognitiva; el pilar empírico, que asegura el anclaje en la evidencia recolectada; y el pilar técnico, que delimita los contenidos disciplinares. Los cuatro operan de manera articulada y permiten que cada decisión de diseño pueda ser trazada hasta su origen conceptual o empírico.

5.2.1. Fundamentación Pedagógica

La fundamentación pedagógica de la propuesta se apoya en el aprendizaje basado en problemas (De Graaff y Kolmos, 2014) y en el aprendizaje basado en proyectos (Baena et al., 2012). Ambas metodologías han demostrado eficacia en la educación de ingeniería al situar al estudiante frente a situaciones que demandan integración de saberes, toma de decisiones bajo incertidumbre y comunicación técnica de los resultados. Estas características se corresponden con las exigencias del ejercicio profesional descrito por los expertos entrevistados, quienes señalaron que en la práctica los problemas hidráulicos rara vez se presentan con datos completos ni con soluciones únicas.

Complementariamente, la propuesta incorpora los principios del aprendizaje experiencial de Kolb (1984), entendido como un ciclo iterativo entre experiencia concreta,

observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa. Cada módulo del curso reproduce este ciclo: parte de un caso o problema real, induce la reflexión sobre lo observado, introduce los conceptos teóricos pertinentes y propone una nueva aplicación práctica. La iteración sostenida del ciclo, antes que su aplicación única, es lo que produce el aprendizaje profundo según Hernández-de-Menéndez y Morales-Menéndez (2019).

La propuesta también recoge los principios del andamiaje cognitivo, entendiendo por tal la asistencia gradual que un mediador experimentado ofrece al aprendiz para que pueda ejecutar tareas que exceden su capacidad inicial, retirándola progresivamente conforme la autonomía se consolida. Este principio se materializa en la secuencia de complejidad de los problemas planteados, que avanzan desde casos cerrados con datos completos y solución única hacia casos abiertos con datos parciales y múltiples soluciones admisibles.

5.2.2. Fundamentación Taxonómica

La estructura cognitiva de la propuesta sigue los seis niveles de procesamiento de la Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall (2007): recuperación, comprensión, análisis, utilización del conocimiento, metacognición y autorregulación. La elección de esta taxonomía sobre la clásica de Bloom obedece a tres razones específicas. Primero, la incorporación explícita de los niveles metacognitivo y de autorregulación, que resultan determinantes en una disciplina como la modelación hidráulica donde el reconocimiento de los propios límites y la verificación crítica de los resultados son indisociables del ejercicio competente.

Segundo, la consideración del sistema de la motivación (self-system) y del sistema metacognitivo en el modelo de Marzano-Kendall permite diseñar actividades que no solo apunten al qué se aprende, sino al cómo se aprende y al porqué importa lo aprendido. Esta dimensión es particularmente relevante para profesionales que cursan capacitación voluntaria en modalidad híbrida, donde la persistencia depende en buena medida del sentido que el participante atribuye al aprendizaje.

Tercero, la articulación de los niveles taxonómicos con tipos específicos de tareas y verbos de desempeño (Gallardo Córdova, 2009) facilita la traducción de los objetivos de aprendizaje en evidencias verificables, lo cual resulta clave para el sistema de evaluación y para la posterior validación de la propuesta por juicio de expertos.

5.2.3. Fundamentación Empírica

La propuesta se ancla en la evidencia recolectada mediante los dos instrumentos del estudio. Las cuatro entrevistas a expertos vinculados a la Universidad Tecnológica de Panamá aportaron una caracterización rica del estado actual de la enseñanza universitaria de modelación hidráulica, las prácticas de los docentes con experiencia en HEC-RAS y las recomendaciones explícitas para una propuesta de capacitación. La encuesta a 45 profesionales graduados aportó la dimensión de demanda: prevalencia de uso, percepción sobre la formación recibida, valoración de competencias prioritarias e interés por modalidades formativas alternativas.

Tres hallazgos resultan particularmente decisivos para el diseño. El predominio de metodologías teóricas en la enseñanza universitaria del software ($M=3.60$) confirma la pertinencia del giro hacia metodologías activas. La jerarquía de competencias

percibidas como prioritarias por los profesionales —con la definición de la geometría del canal ($M=4.02$) y la interpretación crítica de los resultados ($M=3.91$) por encima del manejo operativo de la interfaz— orienta el peso relativo de cada componente del curso. La preferencia por modalidades virtual asincrónica (33.3%) e híbrida (31.1%) determina la modalidad de la propuesta.

5.2.4. Fundamentación Técnica

La fundamentación técnica de los contenidos se apoya en los manuales del U.S. Army Corps of Engineers (USACE, 2024), particularmente en el HEC-RAS River Analysis System User's Manual y en el Hydraulic Reference Manual, que constituyen la documentación oficial del programa y describen las ecuaciones que sustentan el modelo. La revisión de Timbadiya et al. (2023) sobre enfoques de modelación de inundaciones aporta el marco contemporáneo de la disciplina, con énfasis en los avances recientes en modelación bidimensional acoplada a información de teledetección.

La selección de competencias técnicas que el curso pretende desarrollar se apoya, por un lado, en la jerarquía de prioridades reportada por los profesionales encuestados; y, por otro, en el marco de competencias gerenciales y técnicas para egresados de ingeniería propuesto por Yepes et al. (2016), que distingue entre competencias instrumentales, competencias interpersonales y competencias sistémicas. La propuesta aborda las tres dimensiones: el manejo del software representa la competencia instrumental; el trabajo colaborativo en los proyectos integradores activa la dimensión interpersonal; y la lectura crítica del sistema hidráulico desde una perspectiva de cuenca y de gestión del riesgo cubre la dimensión sistémica.

5.3. Justificación de la Propuesta

La justificación de la propuesta se organiza en tres planos complementarios que responden a las distintas dimensiones del problema identificado: la dimensión social, vinculada a la vulnerabilidad ante eventos hidrometeorológicos; la dimensión profesional, vinculada a la brecha entre la formación recibida y las exigencias del mercado; y la dimensión pedagógica, vinculada al modelo de enseñanza prevaleciente.

5.3.1. Justificación Social

Panamá presenta una vulnerabilidad estructural ante los eventos hidrometeorológicos extremos. Entre 2016 y 2021, se registraron más de 1,229 viviendas afectadas por inundaciones en distintas cuencas del país (MiAmbiente, 2022), cifra que no captura la totalidad de los daños indirectos asociados a interrupción de servicios, pérdidas agrícolas y desplazamientos temporales. La gestión adecuada de este riesgo demanda profesionales capaces de modelar con suficiente rigor el comportamiento hidráulico de los cauces, evaluar escenarios de cambio en las condiciones de frontera y delimitar zonas de inundabilidad para la planificación territorial.

La existencia de una oferta formativa contextualizada al territorio panameño, basada en cuencas locales y articulada con la normativa del Ministerio de Ambiente, contribuye directamente a fortalecer las capacidades nacionales en gestión del riesgo. La propuesta no se limita a entregar competencias instrumentales sobre una pieza de software; instala una manera de pensar el problema hidráulico que pone en el centro la consecuencia social de la decisión técnica.

5.3.2. Justificación Profesional

Los datos recolectados muestran que el 31.1% de los profesionales encuestados nunca ha utilizado HEC-RAS, mientras que el 88.9% manifiesta interés en una capacitación con metodologías activas. Esta brecha entre la formación recibida y la demanda del mercado laboral panameño constituye el primer argumento profesional de la propuesta. El segundo argumento es de calidad: aún entre los profesionales que sí utilizan la herramienta, la valoración predominante señala una formación universitaria centrada en aspectos operativos y débil en la interpretación crítica de los resultados, dimensión que es precisamente la que distingue al ingeniero competente del operador de software.

La propuesta, al estar dirigida a profesionales en ejercicio y no exclusivamente a estudiantes universitarios, responde a una demanda de capacitación continua frecuentemente desatendida por la oferta formal. La modalidad híbrida y la duración de sesenta horas se ajustan a las restricciones temporales reales de los profesionales que ejercen y permiten un ritmo de avance compatible con la jornada laboral.

5.3.3. Justificación Pedagógica

La enseñanza universitaria de la modelación hidráulica en Panamá, según los datos del estudio, se caracteriza por el predominio de metodologías teóricas ($M=3.60$) y por una contextualización débil al entorno panameño ($M=3.11$). Los expertos entrevistados confirmaron que la práctica con datos reales y la integración con problemas de cuenca local son recursos poco utilizados en los planes de estudio actuales, en parte

por restricciones de tiempo y en parte por la escasa disponibilidad de materiales didácticos preparados específicamente para el contexto.

La propuesta atiende este vacío al organizar todo el curso en torno a problemas y proyectos contextualizados, con datos provenientes de cuencas panameñas, normativa del Ministerio de Ambiente y prácticas profesionales documentadas en estudios de impacto ambiental locales. La justificación pedagógica no se limita, sin embargo, al cambio de método: se sostiene en la evidencia internacional acumulada sobre la efectividad del aprendizaje basado en problemas y proyectos en educación de ingeniería (Prince y Felder, 2006; Hernández-de-Menéndez y Morales-Menéndez, 2019; Lähteenmäki et al., 2019) y en la convergencia de estos hallazgos con las preferencias expresadas por los profesionales encuestados.

5.4. Objetivos de la Propuesta

La estructura de objetivos de la propuesta refleja la organización taxonómica del curso. El objetivo general apunta al desarrollo integrado de competencias técnicas en modelación hidráulica con HEC-RAS, mientras que los seis objetivos específicos se distribuyen ordenadamente sobre los seis niveles de procesamiento cognitivo de la Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall, asegurando una progresión que recorre desde la recuperación del conocimiento básico hasta la autorregulación profesional.

5.4.1. Objetivo General

Desarrollar en los participantes competencias técnicas en modelación hidráulica con HEC-RAS mediante metodologías activas de aprendizaje que faciliten la transferencia de los conocimientos al ejercicio profesional de la ingeniería civil en el

contexto panameño, articulando el manejo instrumental del software con la interpretación crítica de los resultados y la toma de decisiones técnicamente sustentadas.

5.4.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos del curso, formulados conforme a los seis niveles de la Nueva Taxonomía de Marzano y Kendall, son los siguientes:

- Identificar los fundamentos hidráulicos que sustentan la modelación con HEC-RAS, incluyendo las ecuaciones de Saint-Venant, las hipótesis de flujo permanente y no permanente, y los principios de continuidad y energía aplicados a canales abiertos. (Nivel 1: Recuperación)
- Comprender la lógica interna del modelo HEC-RAS, sus métodos numéricos, sus condiciones de frontera y las implicaciones de la geometría sobre los resultados, de manera que el participante pueda explicar con claridad cada decisión de modelación. (Nivel 2: Comprensión)
- Analizar críticamente los datos de entrada requeridos para la modelación — topografía, hidrología, rugosidad, condiciones iniciales y de frontera— evaluando su calidad, suficiencia y coherencia con el problema planteado. (Nivel 3: Análisis)
- Aplicar el modelo HEC-RAS para construir simulaciones hidráulicas completas en escenarios de flujo permanente, flujo no permanente y modelación bidimensional, ejecutando técnicas de calibración y validación con datos observados. (Nivel 4: Utilización del conocimiento)
- Evaluar la incertidumbre asociada a los resultados de la modelación y reconocer las limitaciones del modelo frente al problema real, identificando las dimensiones

del fenómeno que el modelo captura adecuadamente y aquellas en las que su representación es parcial. (Nivel 5: Metacognición)

- Elaborar informes técnicos profesionales que comuniquen de manera clara, rigurosa y trazable los resultados de la modelación, sus supuestos, sus limitaciones y las recomendaciones técnicas que de ellos se derivan, conforme a los estándares del ejercicio profesional panameño. (Nivel 6: Autorregulación)

5.5. Análisis Costo-Beneficio de la Propuesta

El análisis costo-beneficio de la propuesta se desarrolla en dos partes complementarias. La primera identifica los beneficios esperados desde la perspectiva de los tres grupos de interés directamente involucrados —participantes, instituciones oferentes y sociedad—, atendiendo tanto a la dimensión cuantificable como a la dimensión cualitativa de cada uno. La segunda traduce los costos del programa a un esquema financiero verificable y demuestra la sostenibilidad del modelo bajo los supuestos definidos.

5.5.1. Beneficios

Para los participantes: El principal beneficio es el desarrollo de un repertorio de competencias técnicas demandadas por el mercado profesional panameño, lo cual incide directamente sobre su empleabilidad y su capacidad para asumir proyectos de mayor complejidad. La obtención del certificado de aprobación, el acceso a una red de pares con quienes han transitado un proceso formativo común, y la disponibilidad de los materiales del curso como recurso de consulta posterior constituyen beneficios

complementarios. Adicionalmente, los participantes adquieren un esquema de trabajo replicable que pueden aplicar al aprendizaje futuro de otras herramientas técnicas.

Para las instituciones oferentes: La propuesta aporta una oferta diferenciada en el mercado de capacitación profesional, con un enfoque metodológico explícito y una vinculación clara con el ejercicio profesional local. La articulación con las cuencas panameñas y con la normativa de MiAmbiente posiciona a la institución como un referente en formación contextualizada. La sostenibilidad financiera del programa, demostrada por el análisis presupuestario, permite que la oferta se mantenga sin subsidios externos, lo cual es relevante para instituciones de educación continua.

Para la sociedad: El beneficio agregado se materializa en la mayor capacidad nacional para enfrentar la gestión del riesgo de inundaciones, el diseño de infraestructura hidráulica más segura y la elaboración de estudios de impacto ambiental técnicamente sólidos. La existencia de un cuerpo profesional formado en metodologías rigurosas de modelación contribuye, en el mediano plazo, a la calidad de las decisiones públicas en materia de planificación territorial y gestión del recurso hídrico.

5.5.2. Relación Costo-Beneficio

Considerando una inversión inicial de cuatro mil ochocientos dólares para el diseño y producción del curso, costos operativos de cuatro mil dólares por cohorte, una matrícula de trescientos cincuenta dólares por participante y una cohorte estándar de veinte participantes, los ingresos por cohorte ascienden a siete mil dólares. Esta diferencia genera un margen operativo de tres mil dólares, equivalente a un 43%, suficiente para garantizar la sostenibilidad financiera del programa una vez recuperada

la inversión inicial. El punto de equilibrio se sitúa en doce participantes, lo cual ofrece un margen razonable frente a la fluctuación esperable en la demanda.

La recuperación de la inversión inicial se proyecta para las dos primeras cohortes de operación. A partir de la tercera cohorte, el margen operativo permite financiar la actualización de contenidos, la incorporación de nuevos casos de estudio y eventuales mejoras tecnológicas en la plataforma virtual. Este flujo financiero asegura que el programa no dependa de subsidios externos para su continuidad.

5.6. Implementación de la Propuesta

La sección de implementación describe el diseño operativo del curso, organizado en tres componentes: la ficha técnica que sintetiza las características generales del programa, la estructura modular que ordena los contenidos según la progresión taxonómica adoptada, y el sistema de evaluación que articula los instrumentos para verificar el logro de los objetivos.

5.6.1. Ficha Técnica

La Tabla **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.¿?** presenta la ficha técnica del curso, con sus parámetros operativos básicos. La modalidad híbrida se justifica en la preferencia expresada por el 64.4% de los profesionales encuestados (modalidad virtual asincrónica e híbrida combinadas) y en la conveniencia para profesionales en ejercicio que disponen de tiempos limitados, pero requieren instancias presenciales o sincrónicas para la resolución de problemas complejos.

Tabla 7. Ficha técnica del curso de Modelación Hidráulica con HEC-RAS

Aspecto	Descripción
Nombre	Modelación Hidráulica con HEC-RAS: Enfoque ABP para Panamá
Modalidad	Híbrida (40 h asincrónicas + 20 h sincrónicas)
Duración	60 horas distribuidas en 10 semanas
Dirigido a	Ingenieros civiles, ambientales y profesionales afines en ejercicio
Participantes por cohorte	15 a 20 (mínimo de equilibrio: 12)
Software	HEC-RAS 6.x (gratuito), QGIS 3.x (gratuito), HEC-GeoRAS
Requisitos	Hidráulica de canales abiertos básica, manejo de hojas de cálculo
Certificación	Certificado de aprobación con calificación mínima del 70%
Idioma	Español, con materiales técnicos complementarios en inglés

Fuente: Elaboración propia (2026)

5.6.2. Estructura Modular

La organización de los contenidos sigue una secuencia de cinco módulos que recorre los niveles de procesamiento cognitivo de la Nueva Taxonomía. Cada módulo dispone de doce horas de dedicación —ocho asincrónicas y cuatro sincrónicas— y culmina con una entrega evaluable. La Tabla 8 sintetiza la estructura modular y su correspondencia con los niveles de Marzano y Kendall.

Tabla 8. Estructura modular del curso y correspondencia taxonómica

Mód.	Título	Horas	Niveles Marzano-Kendall	Producto
1	Fundamentos de Hidráulica y HEC-RAS	12	Recuperación / Comprensión	Cuestionario y mapa conceptual
2	Modelación de Flujo Permanente	12	Comprensión / Análisis	Modelo de canal y reporte
3	Modelación de Flujo No Permanente	12	Análisis / Utilización	Tránsito de Avenida
4	Estructuras Hidráulicas y Modelación 2D	12	Utilización / Metacognición	Modelo 2D con estructuras
5	Proyecto Integrador: Caso Panameño	12	Metacognición / Autorregulación	Estudio completo y defensa
	Total	60	Ciclo completo	

Fuente: Elaboración propia (2026)

Módulo 1: Fundamentos de Hidráulica y HEC-RAS

El primer módulo establece las bases conceptuales y operativas sobre las que se construirá el resto del curso. Inicia con un repaso de los principios de hidráulica de canales abiertos relevantes para la modelación: conservación de masa y energía, ecuación de Manning, número de Froude, regímenes de flujo y secciones de control. La revisión no pretende sustituir la formación universitaria del participante, sino activar y unificar los conceptos que serán requeridos en los módulos posteriores.

Posteriormente, se introduce HEC-RAS como entorno de modelación: arquitectura general del programa, componentes principales (geometría, datos de flujo, plan de simulación, salida), navegación de la interfaz, y configuración de un proyecto nuevo. Las sesiones sincrónicas del módulo se dedican a la elaboración guiada de un primer modelo simple de canal prismático con flujo permanente uniforme, con el objetivo de que el participante experimente el ciclo completo de modelación —desde la geometría hasta la lectura de resultados— antes de profundizar en cada componente.

La actividad de evaluación principal consiste en un cuestionario individual sobre los fundamentos hidráulicos y un mapa conceptual elaborado en equipo que vincule los conceptos teóricos con los componentes operativos del software. La integración de ambos productos asegura que el participante no solo recupere y comprenda los conceptos por separado, sino que reconstruya las relaciones entre ellos.

Módulo 2: Modelación de Flujo Permanente

El segundo módulo profundiza en la modelación de flujo permanente, escenario que constituye el caso de uso más frecuente en estudios de inundabilidad y evaluación de capacidad hidráulica de infraestructura existente. Se abordan los conceptos de cálculo del perfil hidráulico paso a paso, las condiciones de frontera para flujo subcrítico y supercrítico, los coeficientes de Manning según tipo de cobertura, y los criterios de localización de secciones transversales.

El caso de estudio del módulo es el río Chagres en su tramo medio, seleccionado por la disponibilidad de información hidrométrica histórica y por la importancia hidrológica de la cuenca. Los participantes reciben información topográfica, hidrológica y de cobertura del suelo, y se les solicita construir un modelo de flujo permanente para tres

escenarios: caudal medio, caudal de período de retorno de diez años y caudal de período de retorno de cien años. El producto final es un modelo HEC-RAS funcional acompañado de un reporte técnico que justifique las decisiones de modelación.

Las sesiones sincrónicas del módulo se organizan como talleres de resolución de problemas, donde los equipos trabajan simultáneamente sobre distintos aspectos del caso (geometría, condiciones de frontera, calibración de la rugosidad) y comparten avances al final de cada sesión. La dinámica reproduce la lógica del trabajo en consultoría, donde diferentes integrantes del equipo asumen responsabilidades complementarias y deben articular sus avances.

Módulo 3: Modelación de Flujo No Permanente

El tercer módulo introduce la modelación de flujo no permanente, esencial para el análisis de tránsito de avenidas, evaluación de impactos de eventos extremos y modelación de sistemas con estructuras de control variables. Se abordan las ecuaciones de Saint-Venant en su forma completa, los esquemas numéricos implícitos utilizados por HEC-RAS, las condiciones de estabilidad numérica (números de Courant, paso de tiempo), y las técnicas de calibración con hidrogramas observados.

El caso de estudio del módulo es el río Santa María en la región central de Panamá, con un evento de avenida documentado. Los participantes reciben el hidrograma de entrada, los registros de niveles en estaciones de control y se les solicita reproducir el evento mediante modelación no permanente, calibrando los parámetros del modelo hasta lograr una concordancia aceptable con las observaciones. Se introducen métricas de bondad de ajuste (Nash-Sutcliffe, error porcentual en el pico, error en el tiempo al pico) y se discute su interpretación.

La actividad incluye un componente de análisis de sensibilidad, donde cada equipo varía sistemáticamente uno de los parámetros del modelo (rugosidad, geometría de una sección crítica, paso de tiempo) y reporta el impacto sobre los resultados. Esta práctica desarrolla la conciencia metacognitiva sobre las fuentes de incertidumbre y prepara al participante para la evaluación crítica de modelos en su ejercicio profesional.

Módulo 4: Estructuras Hidráulicas y Modelación 2D

El cuarto módulo aborda dos de las áreas técnicas más complejas y demandadas en el ejercicio profesional: la modelación de estructuras hidráulicas (puentes, alcantarillas, vertederos, compuertas) y la modelación bidimensional. Para las estructuras, se revisan las ecuaciones específicas que HEC-RAS utiliza para cada tipología, los datos requeridos para su definición, y las recomendaciones del USACE para su tratamiento.

El componente bidimensional introduce el concepto de mallado, los criterios para la selección del tamaño de celda, la incorporación de información de elevación de alta resolución, y la integración con HEC-RAS Mapper para la visualización geoespacial de los resultados. La transición desde el enfoque unidimensional al bidimensional se aborda como una decisión de modelación que depende del problema, no como una superioridad técnica del enfoque más complejo.

El caso de estudio combina ambos componentes mediante la modelación de un tramo del río Chiriquí Viejo en la región occidental de Panamá, donde la presencia de estructuras (un puente vehicular y una toma de aducción) y el comportamiento meándrico del cauce justifican el enfoque bidimensional. La actividad culmina con la elaboración de

un mapa de inundación y el cálculo de variables hidráulicas espacialmente distribuidas (velocidades, profundidades, esfuerzos cortantes) sobre el área de estudio.

Módulo 5: Proyecto Integrador — Caso Panameño

El módulo final consolida el aprendizaje mediante un proyecto integrador en el que cada equipo aborda un caso panameño completo de modelación hidráulica. Los temas disponibles se ofrecen como menú entre el cual el equipo elige según su perfil profesional o intereses: estudios de inundabilidad y delimitación de zonas de riesgo, diseño de sistemas de drenaje urbano, evaluación de impactos hidráulicos de infraestructura vial, análisis de rotura de presas, o evaluación de capacidad de cauces para descargas de proyectos.

El proyecto integrador se desarrolla durante las dos últimas semanas del curso e incluye todas las fases de un estudio profesional: definición del problema, recopilación y análisis de datos, modelación, calibración, presentación de resultados, redacción del informe técnico y defensa oral ante el grupo. Los productos requeridos son el modelo HEC-RAS, un informe técnico completo que cumple con los estándares de un estudio entregable a un cliente, y una presentación que sintetiza los hallazgos en quince minutos.

La defensa oral incorpora la participación de profesionales del sector como evaluadores externos, lo cual aporta un componente de exigencia adicional y aproxima la experiencia del participante a las dinámicas reales de presentación de proyectos. Los criterios de evaluación contemplan tanto la calidad técnica del modelo como la claridad de la comunicación y la capacidad de respuesta a preguntas críticas, dimensiones que en conjunto reflejan la autorregulación profesional propuesta como objetivo del nivel taxonómico más alto.

5.6.3. Metodología Didáctica

La metodología didáctica articula los componentes asincrónico y sincrónico del curso de manera tal que cada uno cumpla una función específica dentro del ciclo de aprendizaje. El componente asincrónico se dedica al estudio individual de los conceptos teóricos, la práctica con ejercicios estructurados, la lectura crítica de materiales complementarios y la elaboración de productos individuales. El componente sincrónico se reserva para las actividades que demandan interacción en tiempo real: resolución colaborativa de problemas, discusión de casos, presentación de avances y retroalimentación cruzada entre equipos.

Componente asincrónico (40 horas): Videos explicativos breves de entre cinco y quince minutos, lecturas seleccionadas con guías de comprensión, ejercicios de práctica con datos completos, foros temáticos moderados por el docente, cuestionarios de autoevaluación con retroalimentación inmediata, y simulaciones guiadas paso a paso del software. La dedicación semanal estimada para este componente es de cuatro horas.

Componente sincrónico (20 horas): Sesiones de dos horas cada dos semanas, organizadas como talleres de resolución colaborativa de problemas. Las sesiones se estructuran en una apertura plenaria de quince minutos, un trabajo en equipos de una hora y treinta minutos —con acompañamiento del docente que rota entre los equipos—, y un cierre plenario de quince minutos donde cada equipo comparte un avance breve y se discuten las dificultades comunes.

5.6.4. Sistema de Evaluación

El sistema de evaluación se articula sobre cuatro componentes con pesos diferenciados que reflejan la centralidad relativa de cada actividad dentro del diseño del curso. La Tabla 9 presenta la distribución porcentual de los componentes evaluativos.

Tabla 9. Sistema de evaluación del curso

Componente	Peso	Niveles Marzano evaluados
Ejercicios individuales (asincrónicos)	20%	Recuperación, Comprensión
Problemas ABP por equipo	30%	Análisis, Utilización
Proyecto integrador	40%	Utilización, Metacognición, Autorregulación
Participación y foros	10%	Comprensión, Metacognición
Total	100%	Ciclo completo

Nota: La aprobación del curso requiere una calificación mínima ponderada del 70% y una asistencia no menor al 80% en las sesiones sincrónicas.

Fuente: Elaboración propia (2026)

Cada componente se evalúa mediante una rúbrica analítica que descompone el desempeño en tres a cinco dimensiones, cada una con cuatro niveles de logro (insuficiente, en desarrollo, satisfactorio, sobresaliente). Las rúbricas se entregan al participante junto con la consigna de cada actividad, lo cual cumple una doble función: orienta la elaboración del producto y permite al participante autoevaluar su trabajo antes de la entrega. Esta práctica está alineada con el desarrollo de la autorregulación, dimensión central del nivel más alto de la taxonomía adoptada.

La retroalimentación de los productos se realiza dentro de los siete días siguientes a la entrega, con observaciones específicas sobre cada dimensión de la rúbrica y orientaciones para la mejora. En el caso de los proyectos por equipo, la retroalimentación incluye una valoración del proceso colaborativo además del producto entregado, lo cual atiende la dimensión interpersonal del aprendizaje.

5.7. Cronograma de Actividades

El cronograma global del programa se organiza en dos fases secuenciales: una fase de preparación de ocho semanas previa a la apertura de cada cohorte, dedicada al diseño detallado de los materiales, la producción multimedia, la configuración de la plataforma y los procesos administrativos; y una fase de ejecución de diez semanas, durante la cual se desarrolla el curso con los participantes. Para cohortes posteriores a la primera, la fase de preparación se reduce a cuatro semanas dedicadas a la actualización de contenidos y la convocatoria.

5.7.1. Fase de Preparación (8 semanas)

La Tabla 10 presenta el cronograma de la fase de preparación correspondiente a la primera implementación del programa.

Tabla 10. Cronograma de la fase de preparación

Semana	Actividades principales
1-2	Diseño detallado de contenidos por módulo, elaboración de guías docentes y diseño de las rúbricas de evaluación.
3-4	Producción de los videos explicativos (aproximadamente 30 piezas), grabación, edición y subtitulado.

5-6	Configuración de la plataforma virtual, carga de materiales, prueba de funcionalidades y pilotaje técnico.
7-8	Convocatoria pública, gestión de inscripciones, sesión de inducción y ajustes finales previos al inicio.

Fuente: Elaboración propia (2026)

5.7.2. Fase de Ejecución (10 semanas)

La Tabla 11 presenta el cronograma de la fase de ejecución, organizada por duplas de semanas que coinciden con cada uno de los cinco módulos del curso.

Tabla 11. Cronograma de la fase de ejecución

Semana	Módulo	Contenido principal y caso de estudio
1-2	1	Fundamentos hidráulicos e introducción a HEC-RAS. Construcción del primer modelo simple en sesión sincrónica guiada.
3-4	2	Flujo permanente. Caso: tramo medio del río Chagres con tres escenarios de caudal.
5-6	3	Flujo no permanente. Caso: evento de avenida documentado en el río Santa María.
7-8	4	Estructuras hidráulicas y modelación bidimensional. Caso: tramo meándrico del río Chiriquí Viejo.
9-10	5	Proyecto integrador con caso panameño autoseleccionado. Defensa oral con evaluadores externos.

Fuente: Elaboración propia (2026)

5.8. Presupuesto de Implementación

El presupuesto del programa se desagrega en tres componentes: la inversión inicial, que incluye los costos de diseño y producción del curso y se ejecuta una sola vez;

el presupuesto operativo por cohorte, que cubre los costos directos de cada implementación; y la proyección financiera de sostenibilidad, que articula ingresos esperados, costos y márgenes para verificar la viabilidad económica del programa.

5.8.1. Inversión Inicial

La Tabla 12 detalla los rubros que componen la inversión inicial del programa.

Tabla 12. Presupuesto de inversión inicial

Rubro	Costo (USD)
Diseño instruccional y elaboración de materiales	\$1,500.00
Producción multimedia (aproximadamente 30 videos)	\$2,000.00
Material didáctico de apoyo y guías	\$500.00
Configuración inicial de plataforma virtual	\$300.00
Adquisición y procesamiento de datos para casos	\$500.00
Total inversión inicial	\$4,800.00

Fuente: Elaboración propia (2026)

5.8.2. Presupuesto de Operación por Cohorte

La **Tabla 13** presenta los costos operativos asociados a cada cohorte del programa, asumiendo una matrícula de veinte participantes.

Tabla 13. Presupuesto de operación por cohorte

Rubro	Costo (USD)
Honorarios docentes (60 horas a \$50/h)	\$3,000.00
Plataforma virtual (mantenimiento por cohorte)	\$400.00
Servicio de videoconferencia	\$100.00
Certificación, gestión y administración	\$500.00

Rubro	Costo (USD)
Total operación por cohorte	\$4,000.00

Fuente: Elaboración propia (2026)

5.8.3. Proyección de Sostenibilidad

La **Tabla 14** sintetiza los principales indicadores financieros del programa bajo el supuesto de cohortes de veinte participantes y matrícula individual de trescientos cincuenta dólares.

Tabla 14. Proyección financiera del programa

Concepto	Valor (USD)
Ingresos por cohorte (20 participantes × \$350)	\$7,000.00
Costos operativos por cohort	\$4,000.00
Margen operativo por cohort	\$3,000.00 (43%)
Punto de equilibrio (participantes)	12
Recuperación de la inversión inicial	2 cohortes

Fuente: Elaboración propia (2026)

La proyección demuestra que el programa es financieramente sostenible. La recuperación de la inversión inicial se completa al cierre de la segunda cohorte, y a partir de la tercera el margen operativo permite financiar la actualización periódica de los contenidos, la incorporación de nuevos casos de estudio y el escalamiento progresivo del programa hacia otras regiones del país.

5.9. Casos de Estudios Panameños

La selección de cuencas panameñas como ejes de los problemas de cada módulo no responde solo a una decisión de contextualización formal, sino a una elección

pedagógica deliberada. La modelación hidráulica se aprende modelando, y la calidad del aprendizaje depende en buena medida de la riqueza y la pertinencia de los datos disponibles. Las tres cuencas seleccionadas —Chagres, Santa María y Chiriquí Viejo— ofrecen información hidrométrica histórica, registros de eventos extremos documentados, cartografía de elevación de calidad y relevancia social demostrada para el ejercicio profesional panameño.

5.9.1. Cuenca del Río Chagres

La cuenca del río Chagres, con una extensión de aproximadamente 414 kilómetros cuadrados aguas arriba del lago Alajuela, constituye uno de los sistemas hidrográficos más estudiados de Panamá por su importancia estratégica para el funcionamiento del Canal interoceánico. La disponibilidad de registros hidrométricos, modelos digitales de elevación y estudios técnicos previos hace de este sistema un escenario óptimo para el primer caso de modelación de flujo permanente. Los participantes trabajan sobre un tramo medio del río con secciones transversales documentadas, hidrología caracterizada y cobertura del suelo identificable, lo cual permite controlar las variables del problema y enfocar el aprendizaje en la lógica del modelo más que en la complejidad del dato.

El caso desarrollado en el Módulo 2 plantea tres escenarios sucesivos —caudal medio, caudal de período de retorno de diez años y caudal de período de retorno de cien años— y solicita al participante construir un modelo único capaz de simular los tres escenarios, leer los resultados en términos de niveles, velocidades y áreas inundadas, y producir un reporte técnico que articule las decisiones de modelación con los resultados obtenidos. La progresión entre escenarios introduce de manera natural conceptos como

las condiciones de frontera para distintas magnitudes de evento y la sensibilidad de los resultados al coeficiente de Manning.

5.9.2. Cuenca del Río Santa María

La cuenca del río Santa María, con una extensión cercana a los 3,326 kilómetros cuadrados, drena una porción significativa de la región central de Panamá hacia el Golfo de Parita. La cuenca presenta una historia documentada de eventos de inundación que afectan zonas habitadas y áreas de actividad agropecuaria, con eventos particularmente significativos asociados a precipitaciones extremas durante la temporada lluviosa. La disponibilidad de hidrogramas observados de eventos pasados permite una experiencia formativa en la que el participante no solo construye el modelo, sino que verifica su capacidad de reproducir un evento real.

El caso del Módulo 3 entrega al participante el hidrograma de entrada de un evento documentado y registros de niveles en estaciones de control aguas abajo, y solicita reproducir el evento mediante modelación de flujo no permanente. La calibración se realiza ajustando iterativamente los coeficientes de Manning y, eventualmente, la geometría representativa de tramos críticos, hasta lograr una concordancia aceptable entre los niveles simulados y los observados. La actividad introduce las métricas de bondad de ajuste y discute las decisiones del modelador frente al compromiso entre ajuste perfecto a un evento y representatividad para escenarios futuros.

5.9.3. Cuenca del Río Chiriquí Viejo

La cuenca del río Chiriquí Viejo, ubicada en la región occidental de Panamá, desemboca en el Golfo de Chiriquí tras drenar una superficie cercana a los 1,376

kilómetros cuadrados que incluye sectores de gran pendiente en la cordillera central y áreas de pie de monte de geometría compleja. La cuenca alberga estructuras hidráulicas relevantes —puentes vehiculares de la red nacional, captaciones para sistemas de aducción y proyectos de generación hidroeléctrica— y presenta un comportamiento meándrico en su tramo medio-bajo que justifica el uso de modelación bidimensional para una representación adecuada del comportamiento de flujo durante eventos de magnitud.

El caso desarrollado en el Módulo 4 entrega al participante un tramo del cauce con un puente vehicular existente y solicita evaluar la capacidad hidráulica del tramo bajo dos condiciones: el caudal de diseño con el que originalmente fue concebida la estructura y el caudal estimado bajo escenarios de cambio en el régimen hidrológico de la cuenca. La actividad combina la modelación bidimensional del tramo, la representación específica de la estructura del puente, la evaluación de la suficiencia del galibo, y la elaboración de un mapa de inundación con variables hidráulicas espacialmente distribuidas. El producto final integra todas las técnicas vistas en el curso y prepara directamente al participante para el proyecto integrador del módulo final.

5.10. Validación de la Propuesta por Juicio de Expertos

La quinta hipótesis específica del estudio sostiene que la propuesta didáctica diseñada cumplirá con criterios de calidad pedagógica, pertinencia técnica y factibilidad de implementación según la valoración de expertos. La verificación de esta hipótesis requiere someter la propuesta, una vez documentada en su forma final, a la evaluación de profesionales con trayectoria reconocida en docencia de ingeniería y en práctica de modelación hidráulica. La presente sección describe el procedimiento previsto para esta

validación, que constituye el cierre lógico del estudio y el paso previo a una eventual implementación piloto.

5.10.1. Perfil de los Expertos Evaluadores

La validación contempla la participación de seis expertos seleccionados por muestreo intencional según los siguientes criterios: experiencia mínima de diez años en docencia universitaria de ingeniería civil o ambiental, o experiencia mínima de diez años en práctica profesional de modelación hidráulica con HEC-RAS, o ambas; producción académica o técnica documentada en el área; y disponibilidad para revisar el documento completo de la propuesta y participar en una sesión de retroalimentación de aproximadamente noventa minutos.

La composición prevista del panel busca el equilibrio entre las dos perspectivas relevantes: tres expertos con perfil predominantemente académico, vinculados a la formación universitaria de ingenieros, y tres expertos con perfil predominantemente profesional, vinculados a la práctica de la consultoría en modelación hidráulica o a instituciones del Estado relacionadas con la gestión del recurso hídrico. Esta composición asegura que la propuesta sea evaluada simultáneamente desde la pertinencia formativa y desde la pertinencia de las competencias para el ejercicio profesional.

5.10.2. Instrumento de Validación

El instrumento de validación es un cuestionario estructurado con escala Likert de cinco puntos, organizado en tres dimensiones que se corresponden con los tres criterios de la hipótesis específica:

Dimensión de calidad pedagógica: Evalúa la coherencia entre los objetivos formulados y la taxonomía adoptada, la articulación entre los métodos didácticos y los objetivos de aprendizaje, la calidad del sistema de evaluación, y la adecuación de la modalidad y la duración a los objetivos planteados. Comprende ocho ítems de valoración cuantitativa y un espacio de comentario abierto.

Dimensión de pertinencia técnica: Evalúa la cobertura de los contenidos disciplinares relevantes para la modelación hidráulica con HEC-RAS, la actualidad y rigor de los conceptos abordados, la pertinencia de los casos de estudio panameños seleccionados, y la coherencia entre las competencias declaradas como objetivo y las efectivamente requeridas en el ejercicio profesional. Comprende seis ítems de valoración cuantitativa y un espacio de comentario abierto.

Dimensión de factibilidad de implementación: Evalúa la viabilidad operativa del cronograma propuesto, la suficiencia del presupuesto desagregado, la sostenibilidad financiera del modelo, la disponibilidad de los recursos tecnológicos requeridos en el contexto panameño, y los riesgos identificados con sus medidas de mitigación. Comprende seis ítems de valoración cuantitativa y un espacio de comentario abierto.

5.10.3. Procedimiento de Aplicación

El procedimiento de aplicación se desarrolla en tres fases sucesivas. En la primera, el documento completo de la propuesta se entrega a los seis expertos, junto con una guía de lectura que orienta sobre los aspectos que se solicita examinar. Los expertos disponen de tres semanas para realizar la revisión individual y completar el cuestionario

estructurado, que se entrega de manera independiente para evitar contaminación cruzada de las valoraciones.

En la segunda fase, se procesa la información cuantitativa del cuestionario y se elabora un reporte de síntesis que incluye los promedios y dispersiones por ítem, la identificación de los aspectos con valoración más alta y aquellos con valoración más baja o más dispersa, y la sistematización de los comentarios cualitativos por dimensión. Este reporte se comparte con los expertos como insumo para la tercera fase.

La tercera fase consiste en una sesión de retroalimentación grupal de noventa minutos, donde los expertos discuten los aspectos identificados como críticos en el reporte de síntesis y formulan recomendaciones de ajuste a la propuesta. Esta sesión, que se conduce mediante una guía semiestructurada, permite enriquecer las valoraciones cuantitativas con la deliberación entre pares y produce un acta con las recomendaciones consensuadas. Los ajustes a la propuesta a partir de estas recomendaciones se incorporan en una versión revisada que constituye el producto definitivo del estudio.

5.11. Gestión de Riesgos del Programa

La implementación de un programa de capacitación profesional enfrenta riesgos de naturaleza diversa que conviene identificar de manera anticipada para diseñar las medidas de mitigación correspondientes. La presente sección sintetiza los principales riesgos del programa, agrupados en cuatro categorías —técnicos, pedagógicos, financieros y operativos— y describe las medidas previstas para reducir su probabilidad de ocurrencia o atenuar su impacto en caso de materializarse.

5.11.1. Riesgos Técnicos

Disponibilidad y acceso al software: Aunque HEC-RAS es de uso gratuito, los participantes pueden enfrentar dificultades de instalación, conflictos con el sistema operativo de sus equipos o limitaciones de procesamiento para correr modelos bidimensionales. La medida de mitigación es la realización de una sesión de inducción técnica previa al inicio del curso y la disponibilidad de un foro técnico permanente para resolver incidencias durante todo el programa.

Conectividad para sesiones sincrónicas: Los participantes pueden experimentar problemas de conectividad durante las sesiones sincrónicas, particularmente quienes se encuentran fuera de áreas urbanas. La medida de mitigación incluye la grabación íntegra de cada sesión sincrónica y su disponibilidad inmediata en la plataforma, junto con un mecanismo asincrónico complementario para que los participantes con dificultades puedan integrar los aprendizajes perdidos.

5.11.2. Riesgos Pedagógicos

Heterogeneidad en los niveles de partida: Una cohorte puede presentar dispersión significativa en el dominio inicial de la hidráulica de canales abiertos, lo cual puede afectar el ritmo del curso. La medida de mitigación es un cuestionario diagnóstico al inicio del programa y la oferta de materiales complementarios opcionales para los participantes que requieran reforzar conceptos básicos.

Deserción asociada a la modalidad híbrida: Los programas asincrónicos suelen presentar tasas de deserción superiores a los presenciales. La medida de mitigación incluye la organización de los participantes en equipos estables desde el primer módulo,

lo cual genera vínculos de pares que sostienen la persistencia, y un sistema de seguimiento individual con alertas tempranas cuando un participante se rezaga en sus entregas.

5.11.3. Riesgos Financieros

Cohorte por debajo del punto de equilibrio: Si una cohorte no alcanza los doce participantes mínimos, la operación genera pérdida. La medida de mitigación contempla un período de inscripciones lo suficientemente extenso para sostener la convocatoria, una política de descuento por inscripción temprana, y la posibilidad de aplazar el inicio si la inscripción es manifiestamente insuficiente, antes que ejecutar a pérdida.

Variación en costos de plataforma: Los servicios tecnológicos de plataforma virtual y videoconferencia pueden ajustar tarifas. La medida de mitigación es la contratación anual con tarifas garantizadas y la inclusión de un margen del 10% en el rubro correspondiente del presupuesto operativo.

5.11.4. Riesgos Operativos

Disponibilidad del equipo docente: La dependencia de un único docente para todo el curso es un punto de fragilidad. La medida de mitigación es la conformación de un equipo de al menos dos docentes con dominio del programa, capaces de cubrir cada uno la totalidad del curso si fuera necesario, junto con la documentación detallada de cada sesión que permita la sustitución sin pérdida de calidad.

Actualización tecnológica del software: HEC-RAS evoluciona y nuevas versiones pueden modificar elementos de la interfaz o introducir capacidades

adicionales. La medida de mitigación es la revisión y actualización de los materiales del curso al menos una vez al año, sincronizada con las publicaciones oficiales del USACE.

5.12. Consideraciones Finales sobre la Propuesta

La propuesta didáctica desarrollada en este capítulo constituye una respuesta articulada a la pregunta central de la investigación, formulada en el Capítulo 1 y enriquecida por los hallazgos del Capítulo 4. Su valor no reside únicamente en la construcción de un curso operativo de sesenta horas para la enseñanza de HEC-RAS sino, principalmente, en el modelo metodológico que la sustenta y que puede ser replicado para el diseño de propuestas formativas en torno a otras herramientas técnicas especializadas, como AutoCAD Civil 3D, EPANET, ArcGIS o SAP2000.

La propuesta integra los principios de las metodologías activas de aprendizaje con la organización taxonómica del modelo de Marzano y Kendall, y los anida en problemas y proyectos contextualizados al territorio panameño. Esta articulación, que es a la vez pedagógica y profesional, busca producir un perfil de egreso que combine el dominio técnico del software con el criterio ingenieril que su uso responsable exige. La sostenibilidad financiera demostrada y el sistema de gestión de riesgos identificado robustecen su viabilidad operativa más allá del ejercicio académico.

La verificación final de la quinta hipótesis específica y, por extensión, la confirmación plena de la hipótesis general, requiere dos pasos posteriores que exceden los límites de este estudio: la validación por juicio de expertos descrita en la sección 5.10, prevista como inmediata continuación de esta investigación; y la implementación piloto del programa con una cohorte real, que constituye una línea de investigación futura. La

articulación entre las evidencias acumuladas en los capítulos previos y el diseño documentado en este capítulo sostiene, no obstante, una expectativa razonable sobre el cumplimiento de los criterios de calidad pedagógica, pertinencia técnica y factibilidad de implementación que la hipótesis específica plantea.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Las referencias bibliográficas se presentan a continuación siguiendo el formato APA, séptima edición. Se incluyen únicamente las fuentes efectivamente citadas en el cuerpo del trabajo.

Ahern, A. A. (2010). A case study: Problem-based learning for civil engineering students in transportation courses. *European Journal of Engineering Education*, 35(1), 109-116. <https://doi.org/10.1080/03043790903497328>

Baena, F., Guarín, A., Mora, J., Sauza, J., y Retat, S. (2012). Project-based learning in civil engineering education: An experience at the University of São Paulo. *Proceedings of the Research in Engineering Education Symposium*, Madrid, España.

Creswell, J. W. (2003). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (2.^a ed.). Sage Publications.

De Graaff, E., y Kolmos, A. (2014). Problem-based and project-based learning in engineering education. En A. Johri y B. M. Olds (Eds.), *Cambridge handbook of engineering education research* (pp. 141-160). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139013451.012>

Gallardo Córdova, K. E. (2009). *Manual Nueva Taxonomía Marzano y Kendall*. Tecnológico de Monterrey.

Guest, G., Bunce, A., y Johnson, L. (2006). How many interviews are enough? An experiment with data saturation and variability. *Field Methods*, 18(1), 59-82. <https://doi.org/10.1177/1525822X05279903>

- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Hernández-de-Menéndez, M., y Morales-Menéndez, R. (2019). Active learning in engineering education: A review of fundamentals, best practices and experiences. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 13(3), 909-922. <https://doi.org/10.1007/s12008-019-00557-8>
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Lähteenmäki, J., Wirtanen, J., y Räsänen, M. (2019). The concept of active learning and the measurement of learning outcomes: A review of research in engineering higher education. *Education Sciences*, 9(4), 276. <https://doi.org/10.3390/educsci9040276>
- Marzano, R. J., y Kendall, J. S. (2007). *The new taxonomy of educational objectives* (2.^a ed.). Corwin Press.
- Ministerio de Ambiente de Panamá. (2022). Informe de gestión del riesgo de desastres. Departamento de Adaptación y Resiliencia.
- Prince, M. J., y Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods: Definitions, comparisons, and research bases. *Journal of Engineering Education*, 95(2), 123-138. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x>
- Rieg, D. L., Lima, R. M. M., Mesquita, D., Scramim, F. C. L., y Mattasoglio Neto, O. (2022). Active learning strategies to develop research competences in

engineering education. *Journal of Applied Research in Higher Education*, 14(3), 1210-1223. <https://doi.org/10.1108/JARHE-01-2021-0038>

Tashakkori, A., y Teddlie, C. (2003). *Handbook of mixed methods in social and behavioral research*. Sage Publications.

Timbadiya, P. V., Patel, P. L., y Porey, P. D. (2023). Comprehensive overview of flood modeling approaches: A review of recent advances. *Hydrology*, 10(7), 141. <https://doi.org/10.3390/hydrology10070141>

U.S. Army Corps of Engineers. (2024). *HEC-RAS River Analysis System: User's manual (Version 6.5)*. Hydrologic Engineering Center. <https://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>

Yepes, V., Pellicer, E., y Ortega, A. J. (2016). Designing a benchmark indicator for managerial competences in construction at the graduate level. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 142(2), 04015013. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EI.1943-5541.0000267](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EI.1943-5541.0000267)

ANEXOS

Los siguientes anexos contienen los instrumentos de recolección de datos efectivamente aplicados durante la investigación, así como los formatos de consentimiento informado utilizados con los participantes. Se incluyen igualmente los materiales de referencia que sustentan la trazabilidad metodológica del estudio.

La inclusión de estos materiales atiende dos propósitos. Primero, facilita la replicación del estudio o la adaptación de los instrumentos a investigaciones afines. Segundo, otorga transparencia a la conducción del trabajo de campo y permite que cualquier lector pueda verificar la correspondencia entre los instrumentos descritos en el Capítulo 3 y los efectivamente utilizados con los participantes.

ANEXO A: GUION DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA A EXPERTOS

El presente anexo reproduce el guion de la entrevista semiestructurada aplicada a los cuatro expertos en docencia de ingeniería civil y modelación hidráulica vinculados a la Universidad Tecnológica de Panamá. La entrevista se desarrolló de manera presencial o virtual, con una duración aproximada de 45 a 60 minutos, previa lectura y firma del consentimiento informado por cada participante. Las respuestas fueron grabadas en audio con autorización expresa, transcritas posteriormente y analizadas mediante codificación temática inductiva.

Datos de Identificación

Esta sección recoge la información básica del experto entrevistado, necesaria para caracterizar la muestra cualitativa del estudio. Los datos se utilizan exclusivamente con fines investigativos y de manera anonimizada en los productos derivados de la investigación.

- Código del entrevistado (asignado por el equipo investigador)
- Cargo o posición académica actual
- Institución de adscripción principal
- Años de experiencia profesional en ingeniería civil
- Años de experiencia docente en educación superior
- Áreas de especialización
- Fecha y modalidad de la entrevista

Sección A: Competencias Técnicas en Modelación Hidráulica

El primer bloque de la entrevista busca caracterizar las competencias que los expertos consideran fundamentales para el ejercicio profesional competente de la modelación hidráulica con HEC-RAS. Las preguntas se formulan de manera abierta para permitir al experto desarrollar su perspectiva sin que el guion oriente la respuesta.

- Desde su experiencia profesional, ¿qué competencias técnicas considera fundamentales para que un ingeniero civil utilice HEC-RAS de manera competente en el ejercicio profesional? ¿Podría jerarquizarlas en orden de importancia?
- ¿Qué diferencia, en su experiencia, a un profesional que solo opera el software de uno que efectivamente realiza modelación hidráulica de calidad?
- ¿Cuáles son los errores conceptuales más frecuentes que ha observado en profesionales que utilizan HEC-RAS? ¿A qué los atribuye?
- ¿Qué tipo de proyectos profesionales considera que demandan con mayor frecuencia el uso de HEC-RAS en el contexto panameño?

Sección B: Prácticas Actuales de Enseñanza

El segundo bloque indaga sobre la situación de la enseñanza universitaria de modelación hidráulica que los expertos conocen, ya sea por su rol como docentes o por la formación previa de los egresados con quienes han trabajado profesionalmente. La pregunta busca caracterizar fortalezas, vacíos y oportunidades de mejora.

- ¿Cómo describiría las prácticas actuales de enseñanza de HEC-RAS y la modelación hidráulica en las universidades panameñas?

- ¿Qué metodologías o estrategias didácticas predominan en la formación de pregrado en hidráulica? ¿Considera que son adecuadas?
- ¿Qué tan bien preparados llegan los egresados al ejercicio profesional en términos de modelación hidráulica? ¿En qué aspectos identifica las mayores brechas?
- ¿Qué experiencias formativas (cursos, talleres, programas de capacitación) considera valiosas o que han funcionado bien en su experiencia?

Sección C: Diseño de la Propuesta Didáctica

El tercer bloque solicita al experto orientaciones específicas para el diseño de una propuesta de capacitación profesional en modelación hidráulica con HEC-RAS. Las preguntas exploran metodologías recomendadas, casos de estudio pertinentes, modalidades formativas y aspectos transversales que deberían ser considerados.

- ¿Qué metodologías de enseñanza recomendaría para un curso de capacitación profesional en HEC-RAS dirigido a ingenieros civiles en ejercicio?
- ¿Qué casos de estudio o proyectos panameños considera particularmente apropiados para utilizar como ejes formativos?
- ¿Qué recomendaciones daría sobre la estructura, duración, modalidad y secuencia de contenidos de un curso de este tipo?
- ¿Cómo abordaría la integración de aspectos como cambio climático, gestión del riesgo, normativa ambiental panameña y herramientas SIG en la formación?

- ¿Qué criterios de evaluación considera apropiados para verificar que el participante ha desarrollado las competencias esperadas?

Sección D: Comentarios Finales

El cierre de la entrevista ofrece al experto un espacio abierto para abordar temas no contemplados en las preguntas previas y compartir reflexiones complementarias sobre la formación profesional en modelación hidráulica.

- ¿Existe algún tema o aspecto relevante que no hayamos abordado y que considere importante para una propuesta didáctica de este tipo?
- Desde su experiencia, ¿qué consejo daría a profesionales jóvenes que se inician en el área de modelación hidráulica con HEC-RAS?
- ¿Estaría dispuesto a participar como evaluador externo de la propuesta didáctica una vez diseñada, dentro del proceso de validación por juicio de expertos?

ANEXO B: CUESTIONARIO DE ENCUESTA A PROFESIONALES

El presente anexo reproduce el cuestionario aplicado a los profesionales graduados en ingeniería civil y áreas afines que respondieron la encuesta del estudio. El instrumento se distribuyó en formato digital (formulario web) y fue completado por 45 profesionales durante el período de recolección de datos. La duración aproximada de respuesta fue de quince a veinte minutos. Las preguntas en escala Likert utilizan una valoración de cinco puntos donde 1 corresponde a Totalmente en desacuerdo y 5 corresponde a Totalmente de acuerdo, salvo indicación en contrario.

Sección I: Datos Sociodemográficos y Profesionales

Esta sección recolecta los datos básicos de caracterización de la muestra que permiten ubicar al respondiente en términos de género, edad, formación de origen y trayectoria profesional. La información se utiliza con fines de análisis agregado y no permite la identificación individual.

- Género: Femenino, Masculino, Prefiero no especificar
- Rango de edad: 21-30 años, 31-40 años, 41-50 años, 51-60 años, más de 60 años
- Universidad donde obtuvo el título: Universidad Tecnológica de Panamá, Universidad de Panamá, Universidad Latina de Panamá, otra (especificar)
- Año de graduación
- Años de experiencia profesional acumulada
- Sector de ejercicio principal: Privado, Público, Académico, Mixto

Sección II: Experiencia con HEC-RAS

Esta sección caracteriza la experiencia previa del respondiente con HEC-RAS y otras herramientas de modelación hidráulica, lo cual permite segmentar el análisis posterior de las preguntas en escala Likert según el grado de exposición a la herramienta.

- ¿Ha utilizado HEC-RAS en su ejercicio profesional? Sí, frecuentemente / Sí, ocasionalmente / Sí, una sola vez / Nunca
- Si lo ha utilizado, ¿en qué tipo de proyectos? (selección múltiple): estudios de inundabilidad, diseño de drenaje, evaluación de impacto ambiental, análisis de capacidad de cauces, rotura de presas, otros (especificar)
- ¿En qué momento aprendió a utilizar HEC-RAS? Durante el pregrado / En posgrado / En cursos de capacitación profesional / De manera autodidacta / Aún no lo he aprendido
- ¿Qué otras herramientas de modelación hidráulica ha utilizado? (selección múltiple): SWMM, MIKE 11, MIKE 21, IBER, FLO-2D, HEC-HMS, Otra

Sección III: Percepción sobre la Formación Recibida

Esta sección, compuesta por preguntas en escala Likert de cinco puntos, recoge la percepción de los profesionales sobre la calidad y pertinencia de la formación universitaria que recibieron en modelación hidráulica. Los ítems se formulan en términos del grado de acuerdo del respondiente con afirmaciones específicas.

- La formación universitaria que recibí en modelación hidráulica fue principalmente teórica.

- La preparación específica que recibí en HEC-RAS durante mi formación universitaria fue suficiente para enfrentar el ejercicio profesional.
- Los casos de estudio utilizados durante mi formación se conectaban con problemas reales del contexto panameño.
- La metodología de enseñanza de las asignaturas de hidráulica privilegiaba la resolución de ejercicios cerrados con datos completos.
- Los docentes promovían el desarrollo del criterio ingenieril por encima del manejo operativo del software.
- La formación recibida me preparó adecuadamente para interpretar críticamente los resultados de un modelo hidráulico.

Sección IV: Valoración de Competencias Profesionales

Esta sección solicita al respondiente que valore la importancia que asigna a un conjunto de competencias técnicas en el ejercicio profesional de la modelación hidráulica. Los ítems se evalúan con la misma escala Likert de cinco puntos, donde 5 indica que la competencia es indispensable y 1 indica que la competencia no es relevante.

- Definir adecuadamente la geometría del canal o cauce a modelar.
- Realizar una interpretación crítica de los resultados que produce el modelo.
- Seleccionar coeficientes de rugosidad de Manning apropiados para cada tipo de cobertura.
- Establecer condiciones de frontera correctamente justificadas.

- Calibrar el modelo contra datos observados.
- Validar el modelo en condiciones distintas a las de calibración.
- Reconocer las limitaciones del modelo y comunicarlas en el informe técnico.
- Manejar la interfaz operativa del software con fluidez.
- Integrar HEC-RAS con sistemas de información geográfica.
- Comunicar los resultados de la modelación a audiencias no técnicas.

Sección V: Interés en Capacitación y Modalidades Preferidas

Esta sección final explora el interés del respondiente en participar en una capacitación profesional sobre modelación hidráulica con metodologías activas, así como las preferencias respecto a la modalidad y la duración del programa. Las respuestas orientan el diseño de la propuesta del Capítulo 5.

- ¿Le interesaría participar en un curso de HEC-RAS basado en metodologías activas (problemas y proyectos)? Definitivamente sí / Probablemente Sí / No estoy seguro(a) / Probablemente no / Definitivamente no
- ¿Qué modalidad preferiría? Presencial / Virtual sincrónica / Virtual asincrónica / Híbrida
- ¿Qué duración total considera apropiada? Menos de 30 horas / 30-60 horas / 60-90 horas / Más de 90 horas
- ¿Qué tipos de proyectos le interesaría abordar como casos de estudio? (selección múltiple): estudios de inundabilidad, diseño de drenaje urbano, evaluación de impactos hidráulicos, análisis de rotura de presas, otros (especificar)

- ¿Estaría dispuesto a invertir en una capacitación de este tipo? ¿En qué rango de costo? Menos de \$200 / \$200-\$400 / \$400-\$600 / Más de \$600
- Comentarios adicionales que considere relevantes para el diseño del curso (respuesta abierta).

ANEXO C: FORMATO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO

El presente anexo reproduce el formato de consentimiento informado que se entregó a cada participante de la investigación, ya sea para la entrevista semiestructurada o para la encuesta. El consentimiento se firmó en formato físico para los participantes de las entrevistas y se aceptó electrónicamente, mediante una pantalla de validación previa al cuestionario, para los participantes de la encuesta.

Información sobre la Investigación

Le invitamos a participar en una investigación titulada Propuesta didáctica fundamentada en metodologías activas de aprendizaje para la enseñanza de HEC-RAS que promueva el desarrollo de competencias técnicas transferibles al ejercicio profesional de la ingeniería civil. La investigación es desarrollada como tesis para optar al título de Magíster en Docencia Superior de la Universidad Latina de Panamá por las y los investigadores Tatiana Hatke (cédula 8-870-769) y Arnol Vásquez (cédula 8-870-1228).

El objetivo de la investigación es diseñar una propuesta didáctica para la enseñanza de HEC-RAS dirigida a profesionales de ingeniería civil. Para ello, se recolecta información mediante entrevistas a expertos en docencia y práctica profesional, así como mediante una encuesta a profesionales graduados que ejercen en áreas relacionadas con la hidráulica.

Naturaleza de la Participación

Su participación consiste en responder una entrevista semiestructurada con una duración aproximada de cuarenta y cinco a sesenta minutos (en el caso de los expertos) o un cuestionario en línea con una duración aproximada de quince a veinte minutos (en el caso de los profesionales encuestados). En ambos casos, la participación es voluntaria y puede retirarse en cualquier momento sin necesidad de justificación y sin que ello le acarree consecuencia alguna.

Confidencialidad y Manejo de la Información

La información que usted aporte se utilizará exclusivamente con fines investigativos. Los datos serán procesados de manera agregada y, cuando se utilicen citas literales, se hará bajo seudónimo o código que impida la identificación individual del respondiente. Los registros de audio de las entrevistas, una vez transcritos y analizados, se conservarán en archivo digital con acceso restringido al equipo investigador y se eliminarán al cumplirse cinco años desde la finalización de la investigación.

Los datos personales recolectados (nombre, institución, contacto) no se publican en los productos de la investigación y se almacenan separadamente de los datos de respuesta. La investigación cumple con los principios éticos del Código de Ética de la Asociación Panameña para el Avance de la Ciencia y con la normativa institucional de la Universidad Latina de Panamá.

Riesgos y Beneficios

La participación en esta investigación no conlleva riesgos físicos ni psicológicos previsibles. El beneficio para usted como participante es la oportunidad de contribuir al

diseño de una propuesta formativa que aspira a fortalecer las capacidades nacionales en modelación hidráulica. No se ofrece compensación económica por la participación. Al cierre del estudio, los participantes que así lo deseen recibirán un resumen ejecutivo de los hallazgos y un acceso preferencial a la versión final de la propuesta didáctica.

Declaración de Consentimiento

He leído la información anterior, he tenido la oportunidad de hacer preguntas y comprendo los términos de mi participación. Autorizo la grabación en audio de la entrevista (en el caso de los entrevistados) y consiento la utilización de la información que aporte para los fines descritos.

_____	_____
Firma del participante	Fecha
_____	_____
Nombre del participante	Cédula
_____	_____
Firma del investigador	Fecha

ANEXO D: RÚBRICA DE EVALUACIÓN DEL PROYECTO INTEGRADOR

El presente anexo reproduce la rúbrica de evaluación del proyecto integrador del Módulo 5 del curso. Esta rúbrica representa el instrumento más exigente del sistema evaluativo, dado que el proyecto integrador concentra el cuarenta por ciento de la calificación final y articula las competencias desarrolladas a lo largo de los cinco módulos. La rúbrica se entrega al participante junto con la consigna del proyecto, en la primera semana del curso, lo cual permite que el desempeño esperado oriente la planificación del trabajo.

La estructura de la rúbrica distingue cinco dimensiones de desempeño, cada una valorada en cuatro niveles de logro. La calificación final del proyecto resulta del promedio ponderado de las dimensiones, con los pesos relativos indicados en cada caso. La aprobación del proyecto requiere alcanzar el nivel Satisfactorio o superior en al menos cuatro de las cinco dimensiones, sin que ninguna sea valorada como Insuficiente.

Dimensión	Peso	Insuficiente (1)	En desarrollo (2)	Satisfactorio (3)	Sobresaliente (4)
Definición del problema	15%	No identifica los elementos esenciales del problema.	Identifica elementos, pero la formulación es ambigua.	Formula con claridad el problema y sus alcances.	Formula con precisión y aporta marco contextual sólido.
Calidad de los datos y la geometría	20%	Datos insuficientes o no justificados.	Datos parciales con justificación débil.	Datos suficientes y adecuadamente justificados.	Datos completos con análisis de calidad y robustez.

Construcción y calibración del modelo	25%	Modelo con errores estructurales.	Modelo funcional, pero con calibración débil.	Modelo correcto y calibrado satisfactoriamente	Modelo robusto con calibración rigurosa y análisis de sensibilidad.
Interpretación de resultados	20%	Reporta números sin interpretarlos.	Interpretación parcial o superficial.	Interpretación coherente y reconocimiento de limitaciones.	Interpretación crítica con recomendaciones técnicas sustentadas.
Comunicación y defensa	20%	Informe confuso, defensa débil.	Informe claro, defensa con vacíos.	Informe profesional, defensa solvente.	Informe ejemplar, defensa con dominio pleno del tema.

Fuente: Elaboración propia (2026)

La aplicación de esta rúbrica es realizada por el equipo docente del curso y, en el caso del proyecto integrador, complementada por la valoración de los profesionales del sector que actúan como evaluadores externos durante la sesión de defensa. La triangulación entre evaluadores internos y externos aporta una mirada plural sobre el desempeño y aproxima la experiencia del participante a las dinámicas de evaluación profesional reales.