

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE

FACULTAD DE CIENCIA

Departamento de Matemática y Ciencia de la Computación



**ORIENTACIONES PARA LA EVALUACIÓN DE SITUACIONES DE
MODELACIÓN ESCOLAR: UNA ARTICULACIÓN DE LAS DIMENSIONES
EPISTEMOLÓGICAS, PEDAGÓGICAS Y EVALUATIVAS**

Autor

Alejandro Josue Díaz Cortés

**Tesis para optar al grado de Magíster en
Educación Matemática**

Profesora Guía:

Daniela Geraldiny Soto Soto

Santiago - Chile

2025

Estudios de Magíster financiados por ANID. Beca de Magíster Nacional para Profesionales de la Educación 2024.

Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional

Resumen

El presente trabajo, desarrollado en modalidad de pasantía, tuvo como objetivo diseñar, desde la experiencia formativa en un espacio de desarrollo profesional docente, orientaciones para la construcción de rúbricas para situaciones de modelación matemática escolar, articulando las dimensiones epistemológica, pedagógica y evaluativa. La pasantía se realizó en la entidad Empoderamiento Docente, mediante una inmersión sostenida de enfoque cualitativo y exploratorio, organizada en dos momentos y un conjunto de hitos sucesivos. Los principales resultados son dos rúbricas para diseños de modelación y un conjunto de orientaciones para su construcción; a ellos se suma la transformación profesional documentada a lo largo del recorrido. Se concluye que el objetivo se cumplió y que el producto excedió la construcción de rúbricas, al aportar un procedimiento transferible para producirlas, desplazando el foco de la evaluación hacia la funcionalidad del saber matemático en uso.

Palabras clave: modelación matemática, evaluación, rúbricas, socioepistemología, desarrollo profesional docente, pasantía.

Abstract

This work, carried out as a research internship , aimed to design drawing on the formative experience within a teacher professional development setting guidelines for the construction of rubrics for school mathematical modeling situations, articulating the epistemological, pedagogical, and evaluative dimensions. The internship took place at the organization Empoderamiento Docente, through a sustained immersion of a qualitative and exploratory nature, organized into two stages and a set of successive milestones. The main results are two rubrics for modeling designs and a set of guidelines for their construction; to these is added the professional transformation documented throughout the process. It is concluded that the objective was met and that the outcome went beyond the construction of rubrics, contributing a transferable procedure for producing them and shifting the focus of assessment toward the functionality of mathematical knowledge in use.

Keywords: mathematical modeling, assessment, rubrics, socioepistemology, teacher professional development, research internship.

Agradecimientos

Este trabajo es el resultado de un esfuerzo que trasciende lo individual, por lo que deseo expresar mi más profunda gratitud a quienes me sostuvieron, acompañaron e impulsaron en este proceso.

A Nati, mi pareja, compañera en este proyecto de vida, que, por su amor demostrado en esos actos visibles e invisibles y por su inagotable empatía durante estos años de esfuerzo que me aportó para finalizar este magíster.

Bimba, mi compañera de traspasos en esta travesía entre la matemática y la educación.

Mi familia, especialmente a mis padres, por estar siempre de manera incondicional.

A mi profesora guía, Daniela Soto, por escucharme, entender, ser empática a como el proceso se vivió y sus discusiones asertivas con la mirada siempre puesta en el alto rigor académico sin dejar de ver el ser humano presente.

A Carlos Vanegas, director y docente del MEM; por su atención con propósito, apoyo prudente y por impulsarme revivir este proceso que describo en estas páginas.

A Carolina, mi amiguita y compañera desde pregrado, de desvelos virtuales y de la docencia, con quien crecimos enormemente en esta experiencia.

A los docentes que tuve en el MEM, siempre voy a valorar la apertura a apoyar más allá del aula universitaria.

A Daniela Reyes, Iván Pérez y Karla Gómez, del equipo de Empoderamiento Docente, por acercarme e invitarme a mirar más allá de las rúbricas; ese gesto fue clave para entender que el impacto en el mundo académico puede trascender el papel para llegar a los docentes, a las instituciones y transformar verdaderamente el aprendizaje de la matemática.

Extiendo mi agradecimiento a la SIP Red de Colegios, por creer y demostrar que lo que uno hace por la educación es profundamente importante.

Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación, junto a la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile (ANID), por el fundamental respaldo brindado a través de la Beca de Magíster para Profesionales de la Educación.

Y a la Universidad de Santiago de Chile por su apoyo económico a través de sus fondos de la Vicerrectoría de postgrado y la Facultad de Ciencia.

Tabla de contenidos

Introducción.....	1
Capítulo 1. La Problemática.....	3
1.1 Antecedentes sobre la modelación matemática en educación	3
1.2 Antecedentes sobre la evaluación de la modelación.....	8
1.3 Escasez de orientaciones curriculares para evaluar la modelación: El caso chileno.....	9
1.4 La formación docente para evaluar la modelación: un problema que atraviesa la Trayectoria formativa	11
Capítulo 2: La Pasantía.....	14
2.1 Objetivos	15
2.2 Contexto Empoderamiento Docente y VinculAB25-5.....	15
2.2.1 Empoderamiento Docente Spa.....	15
2.2.2 Proyecto VinculAB	16
2.2.3 Distinción operativa.....	16
2.3 Encuadre metodológico de la pasantía.....	17
2.3.1 Instrumentos de la fase exploratoria	17
2.3.2 Instrumentos en los espacios de inmersión.....	19
2.4 Aspectos administrativos	20
2.5 Fases de la pasantía.....	20
Capítulo 3. Marco de Referencia	23
3.1 Posicionamiento epistemológico.....	23
3.1.1 Resignificación del conocimiento matemático escolar	24
3.1.2 Problematicación del saber matemático y la matemática escolar	24
3.1.3 Empoderamiento Docente	25
3.2 La modelación escolar como práctica social	26
3.2.1 Modelación escolar - Prácticas y Uso.....	27
3.2.2 Las fases pedagógicas de Balda	28
3.3 La evaluación formativa - Rúbricas.....	30
3.4 Articulación de cierre.....	31
Capítulo 4: Análisis y Resultados de la pasantía.....	33
4.1 Momento 1 – Hito 1: Entrevistas a académicas	34
4.1.1 Contexto del hito	34
4.1.2 Marcos teóricos que emergen	35
4.1.3 Transformación profesional	35
4.1.4 Decisión que se instala	35

4.2 Momento 2. Inmersión sostenida	36
4.3 Hito 1. Empoderamiento Docente: Idea Fuerza y Adopción de Balda	36
4.3.1 Contexto del hito	36
4.3.2 Marco Teórico que emerge	37
4.3.3 Transformación profesional	37
4.3.4 Decisión que se instala	37
4.4 Hito 2. Dos diseños y sus marcos de referencia.....	37
4.4.1 Contexto del hito	37
4.4.2 Marco teórico que emerge	38
4.4.3 Transformación profesional	38
4.4.4 Decisión que se instala	39
4.5 Hito 3. Empoderamiento Docente: Hacia una estructura escalable	39
4.5.1 Contexto del hito	39
4.5.2 Marco teórico que emerge	39
4.5.3 Transformación profesional	39
4.5.4 Decisión que se instala	40
4.6. Hito 4. Inmersión epistemológica en los diseños.....	40
4.6.1 Contexto del hito	40
4.6.2 Análisis epistemológico del Diseño 1: Monetización y modelo afín	40
4.6.3 Análisis epistemológico del Diseño 2: Biomecánica y funciones trigonométricas.....	42
4.6.4 Marco teórico que emerge	45
4.6.5 Transformación profesional	45
4.6.6. Decisión que se instala	45
4.7 Hito 5. Bosquejos de rúbrica y la experimentación.....	45
4.7.1 Contexto del hito	45
4.7.2 Versión 1: rúbrica organizada por las cinco fases de Balda.....	46
4.7.3 Versión 2: subcriterios desglosados por fase	47
4.7.4 Marco teórico que emerge	49
4.7.5 Transformación profesional	49
4.7.6 Decisión que se instala	50
4.8 Hito 6. Convergencia: defensas de tesis y el Modelo de Funcionalidad Evaluativa	50
4.8.1 Contexto del hito	50
4.8.2 Marco teórico que emerge	50
4.8.3 Transformación profesional	53
4.9 Hito 7. Propuestas de rúbrica	54

4.9.1 Contexto del Hito.....	54
4.9.2 Rúbrica del Diseño 1: monetización y función afín.....	54
4.9.3 Rúbrica del Diseño 2: biomecánica y funciones trigonométricas	57
4.9.4 Transformación profesional	60
4.10 Síntesis: Orientaciones para la construcción de rúbricas de modelación matemática escolar.....	60
Orientación 1. Identificar la Idea Fuerza	61
Orientación 2. Vivir el proceso de modelación antes de evaluarlo	61
Orientación 3: Realizar una inmersión epistemológica en el diseño	61
Orientación 4. Articular la dimensión epistemológica con referentes específicos al objeto matemático.....	61
Orientación 5. Adoptar las fases de Balda como organizador pedagógico.....	62
Orientación 6. Aplicar el Modelo de Funcionalidad Evaluativa para producir descriptores observables.....	62
Orientación 7. Redactar descriptores en lenguaje cualitativo progresivo.....	62
Orientación 8 Construir la rúbrica como acuerdo del equipo, no como producto individual	63
Orientación 9. Permitir la pluralidad de criterios según la estructura del diseño	63
Orientación 10. Reconocer la rúbrica como artefacto mediador del desarrollo profesional docente.....	63
Capítulo 5 Conclusiones	64
5.1 Alcances y límites de las orientaciones	64
5.1.1 La articulación de los marcos teóricos.....	64
5.1.2 Límites de la propuesta.....	65
5.1.2 Dos campos que se abren: Proyecciones	65
5.2 Cumplimiento de los objetivos	66
5.3 El recorrido como transformación profesional	68
5.4 La inmersión en Empoderamiento Docente como decisión y como resignificación.....	69
5.5 Contribuciones de la pasantía con el perfil de egreso del Magíster en Educación Matemática.....	69
5.6 Las rúbricas, el <i>chatbot</i> y el valor del humano detrás	70
5.7 Una pasantía que no concluye	71
5.8 ¿Hacia dónde vamos? ¿Dónde estamos? ¿Cómo seguimos?	72
Referencias	73
Anexos	78

Índice de figuras

Figura 1: Modeling cycle of Pollak. Fuente: 1979, p. 223 citado en Borromeo, 2018	4
Figura 2: Ciclo de modelamiento Fuente: Blum y Leiß 2006 citado en Blum y Borromeo, 2009 ..	4
Figura 3: Ciclo de modelamiento Fuente: Blum y Kaiser, 1996, 1995 citado en Borromeo, 2018.	5
Figura 4: Diagrama esquemático de modelación matemática Fuente: NGA Center & CCSS, 2010, p. 72. citado por Alhammouri, Durkee & Foxley, 2017 p.42	5
Figura 5: Dipolo Modélico Fuente: Arrieta y Diaz, 2015	7
Figura 6: Ruta de trabajo de Pasantía articulada en dos hilos. Elaboración propia.....	21
Figura 7: Acciones y prácticas del proceso de modelación matemática (esquema adaptado de Méndez y Cordero, 2014, citado en Méndez, 2022).....	28
Figura 8: Representación global de Hitos de la pasantía. Elaboración propia.....	34
Figura 9: Ejemplo del simulador para manipulación de variables. Elaboración propia.	41
Figura 10: El uso para la comprensión con el applet. Elaboración propia.	42
Figura 11: Applet para representación de la curva trigonométrica en contexto. Elaboración propia.	44
Figura 12: Applet para representación de la curva trigonométrica. Elaboración propia.....	44
Figura 13: Esquema de articulador y de uso para el PFE. Elaboración propia.....	51

Índice de tablas

Tabla 1: Perspectivas y objetivos de la modelación Fuente: Kaiser y Sriraman, 2006	6
Tabla 2: Indicadores habilidad Modelar. Fuente:DEMRE, 2026, p4	10
Tabla 3: Pauta entrevista a expertos. Elaboración propia	18
Tabla 4: Plan de pasantía. Elaboración propia.....	21
Tabla 5: Bosquejo de rúbrica para las fases de Balda. Elaboración propia.	46
Tabla 6: Bosquejo 2 de rúbrica para las fases de Balda. Elaboración propia.	48
Tabla 7: Ejemplo de aplicación del MFE. Elaboración propia.	53
Tabla 8: Rúbrica para Diseño 1. Elaboración propia.	54
Tabla 9: Rúbrica para diseño 2. Elaboración propia.....	58

Introducción

Este escrito da cuenta de un trabajo de graduación desarrollado bajo la modalidad de pasantía, una forma de titulación que vincula al estudiante de postgrado con un espacio institucional externo a la universidad para abordar, desde una posición investigativa situada, una problemática del campo de la educación matemática. A diferencia de otras modalidades, la pasantía no separa la producción teórica de la práctica profesional, sino que exige construir ambas en diálogo con un contexto real, con sus actores y sus necesidades. En coherencia con ello, el trabajo se desarrolló asumiendo un rol de pasante-investigador como participante en la construcción de los instrumentos evaluativos junto a los equipos del espacio formativo.

El tema central del trabajo es la evaluación de la modelación matemática escolar. La problemática que lo origina articula tres aristas reportadas en la literatura y en el contexto chileno: la complejidad propia de evaluar un proceso de modelación; la escasez de orientaciones curriculares para evaluar formativamente, junto con la captura solo parcial que de ella hacen los instrumentos estandarizados de gran escala y las dificultades sostenidas que los docentes enfrentan para llevar a cabo esa evaluación, dificultades que atraviesan la Trayectoria de desarrollo profesional docente. De ese cruce se desprende la pregunta que motiva el trabajo ¿cómo apoyar a los docentes en ejercicio para evaluar formativamente la modelación matemática, cuando los lineamientos disponibles son insuficientes y la formación específica para hacerlo es incipiente?

Frente a una pregunta de esta naturaleza, el trabajo asumió que un espacio de desarrollo profesional docente con orientación socioepistemológica ofrece condiciones adecuadas para construir las orientaciones e instrumentos que el currículum y la formación no proveen. Sobre ese supuesto, la pasantía se realizó en la entidad Empoderamiento Docente y se propuso como objetivo diseñar orientaciones para la construcción de rúbricas destinadas a evaluar situaciones de modelación matemática escolar, articulando las dimensiones epistemológica, pedagógica y evaluativa.

El proceso de pasantía se desarrolló mediante una inmersión sostenida en el espacio formativo, con un enfoque cualitativo de carácter exploratorio. Tras un primer momento de aproximación al campo mediante entrevistas, el recorrido se organizó en una sucesión de hitos en los que se identificaron los marcos de referencia de los diseños y el espacio de Empoderamiento Docente, se realizó una inmersión epistemológica en cada objeto matemático, se elaboraron versiones sucesivas de rúbrica y se sistematizó un conjunto de orientaciones.

Este recorrido, antes que la ejecución de un plan cerrado supuso un proceso en el que el problema, los instrumentos y la propia mirada del pasante-investigador se fueron transformando.

En cuanto a su contribución a la formación de magíster, el trabajo constituyó una síntesis aplicada de la trayectoria del programa y un espacio de desarrollo profesional en sí mismo. Permitió integrar la base disciplinar matemática, los marcos de la didáctica y la evaluación y la perspectiva de los entornos de aprendizaje, en un desempeño investigativo orientado a comprender y resolver un problema real de la enseñanza.

En este sentido, la pasantía materializó desempeños centrales del perfil de egreso, el diseño y la evaluación de propuestas metodológicas y el desarrollo de un proyecto de investigación e innovación y consolidó el tránsito de una práctica evaluativa intuitiva hacia una fundamentada y comunicable.

El informe se organiza en los siguientes capítulos. El primero expone la problemática que origina el trabajo. El segundo describe la pasantía: sus objetivos, el contexto de Empoderamiento Docente y su encuadre metodológico. El tercero desarrolla el marco teórico que sustenta las tres dimensiones. El cuarto reconstruye el recorrido de la pasantía, momento a momento y hito a hito, hasta la construcción de las rúbricas y la síntesis de orientaciones. El último capítulo presenta las conclusiones y reflexiones finales.

Capítulo 1. La Problemática

La modelación matemática ha adquirido un lugar protagónico en los currículum escolares de las últimas décadas. En Chile, las Bases Curriculares las incorporan explícitamente como una habilidad de la asignatura de Matemática, junto a la resolución de problemas, la representación y la argumentación (Mineduc, 2015, 2019). No obstante, su presencia curricular contrasta con un campo donde conviven perspectivas diversas sobre qué es modelar y, en consecuencia, qué significa enseñarlo y evaluarlo. Este capítulo presenta los antecedentes que permiten situar el problema de investigación, desde las distintas miradas sobre modelación matemática en educación; segundo, los enfoques desde los cuales se ha abordado su evaluación; tercero, la escasez de orientaciones curriculares para evaluarla en el contexto chileno y la formación docente y la educación continua como nudo crítico desde el cual emerge la pregunta que orienta este trabajo.

1.1 Antecedentes sobre la modelación matemática en educación

La modelación en educación matemática se ha configurado desde diferentes enfoques que la conciben, esto es, como proceso, herramienta, competencia o práctica social; en este sentido, cada perspectiva orienta de manera distinta los énfasis didácticos del aula, por tanto, los criterios con que se evalúa el trabajo del estudiante. Sin embargo, la mayoría de estas perspectivas converge en proporcionar un ciclo para describir los tránsitos entre la situación del mundo real y la matemática.

Desde la matemática aplicada, los ciclos de modelación comparten una premisa de fondo, la distinción entre el mundo real y la matemática, y el modelar consiste en transitar entre ambos. Como enuncia Borromeo-Ferri (2018), en los manuales clásicos de modelamiento matemático esta separación se resuelve a veces de forma ambigua, lo que ha llevado a un refinamiento progresivo de los esquemas. El ciclo propuesto por Pollack (1979) se ha utilizado como prototipo, distinguiendo el resto del mundo de la matemática aplicada clásica y los tránsitos entre ambos dominios.

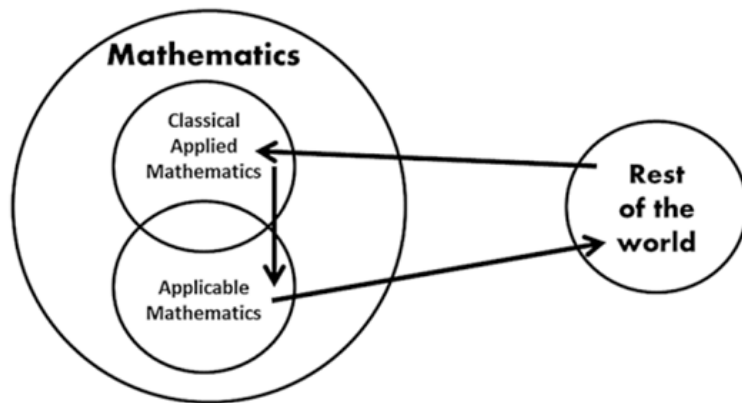


Figura 1: Modeling cycle of Pollak. Fuente: 1979, p. 223 citado en Borromeo, 2018

Este esquema influyó en el desarrollo posterior de ciclos en educación matemática. Desde una perspectiva cognitiva, Blum y Borromeo-Ferri (2009) adoptan el ciclo de Blum y Leiß (2007) como un proceso individual mediado por estilos de pensamiento. Este ciclo identifica las etapas de comprensión de la situación, construcción de un modelo real, matematización, trabajo matemático, interpretación y validación, distinguiendo en cada tránsito qué tipo de actividad cognitiva está en juego.

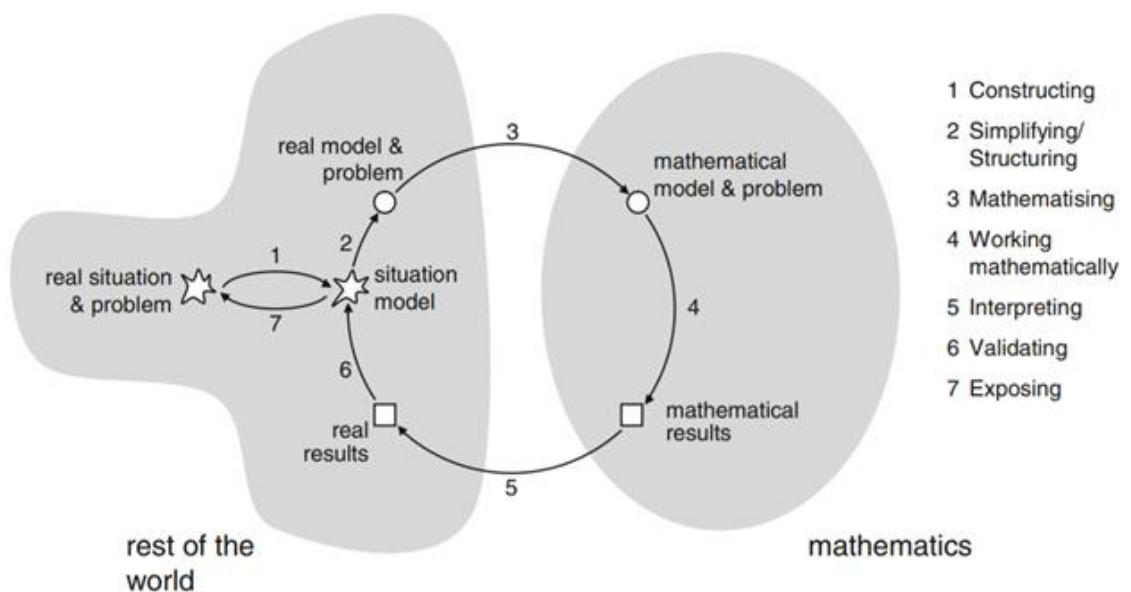


Figura 2: Ciclo de modelamiento Fuente: Blum y Leiß 2006 citado en Blum y Borromeo, 2009

Otro modelo influyente, propuesto por Blum y Kaiser (1995, 1996 citados en Borromeo-Ferri, 2018), organiza el proceso en cuatro etapas, Frente a la pregunta de qué aporta diferencialmente

respecto del ciclo de Pollack, la respuesta no está tanto en su estructura como en su orientación pedagógica, el ciclo ofrece al estudiante un marco para reflexionar sobre los procesos que realiza, distinguir un modelo matemático de un modelo real y diferenciar un problema rutinario de uno de modelación (Blum, 2015, Maaß, 2007, citados en Borromeo-Ferri, 2018) .

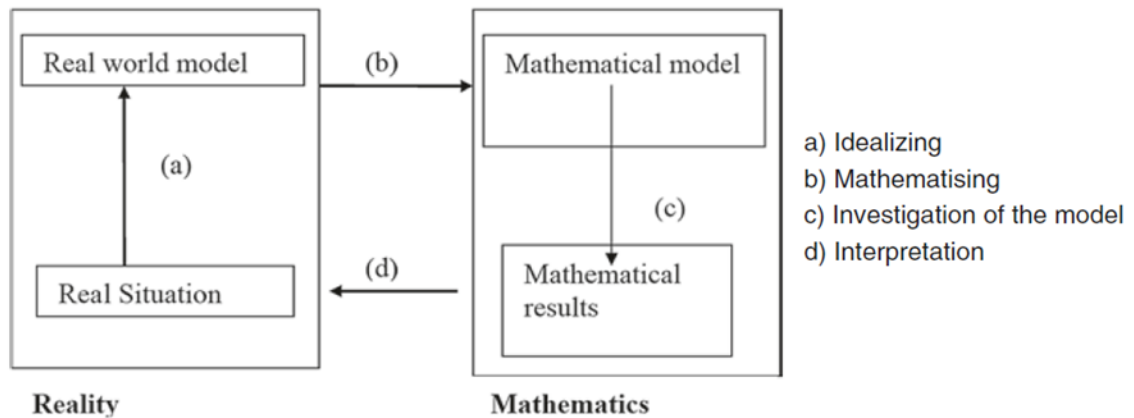


Figura 3: Ciclo de modelamiento Fuente: Blum y Kaiser, 1996, 1995 citado en Borromeo, 2018.

Una extensión en mayor número de etapas la presentan Alhammouri, Durkee y Foley (2017) recogiendo el esquema de National Governors Association Center los Common Core State Standard for Mathematics, donde el proceso de organizar en seis etapas: Formulación (con tres subetapas: realizar supuestos, definir variables y crear el modelo), cálculo, interpretación, validación y reporte. Cada etapa se articula como un momento explícito, en el que se determina lo que el estudiante hace y lo que el profesor puede observar.

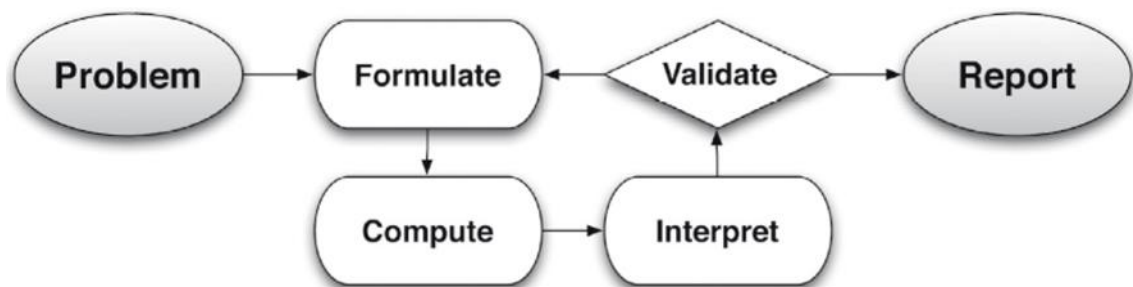


Figura 4: Diagrama esquemático de modelación matemática Fuente: NGA Center & CCSS, 2010, p. 72. citado por Alhammouri, Durkee & Foxley, 2017 p.42

La diversidad de perspectivas se sistematiza en el trabajo de Kaiser y Sriraman (2006), quienes condensan los enfoques de modelación realista o aplicada (orientada a la solución de problemas del mundo real), modelación contextual (aborda problemas con enunciados verbales),

modelación educativa (con variaciones didácticas y conceptuales), modelación sociocrítica (comprensión crítica del entorno) y modelación epistemológica (orientada al fomento de la teoría matemática). A este conjunto, los autores agregan, como meta-perspectiva, la modelación cognitiva centrada en los procesos mentales que el modelar pone en uso.

Tabla 1: Perspectivas y objetivos de la modelación Fuente: Kaiser y Sriraman, 2006

Nombre de la perspectiva	Objetivo central
Modelado realista o aplicado	Objetivo pragmático utilitario, esto solución de problemas del mundo real, comprensión del mundo real y promueve la competencia de la modelación
Modelamiento contextual	Relacionado con la asignatura y objetivos sicológicos, esto es, resolver problemas con palabras.
Modelamiento educacional diferenciado entre: a) Modelamiento didáctico b) Modelamiento conceptual	Objetivos pedagógicos y de la asignatura. a) Estructuración y fomento de los procesos de aprendizaje. b) Introducción y desarrollo de concepto.
Modelamiento sociocrítico	Objetivo pedagógico, como la comprensión critica del mundo alrededor.
Epistemológico	Objetivo orientado a la teoría como el fomento de éstas.

Las perspectivas citadas hasta ahora comparten una premisa en común: existe un problema del mundo real que debe ser resuelto mediante matemática. Una mirada distinta propone Arrieta y Díaz (2015) al configurar lo que denomina el dipolo modélico, donde el acto de modelar describe una resignificación mutua entre el objeto matemático y el fenómeno articulado a través de entidades interventoras. En una línea cercana, Cordero (2006, citado en Briceño y Buendía, 2015) sitúa la modelación como acción que transforma el significado del objeto matemático y la distribuye en escenarios diferenciados: el conocimiento matemático, el conocimiento escolar y el conocimiento cotidiano. Estas miradas, situadas en la socioepistemología, anticipan un giro que será retomado en el marco teórico de este trabajo.

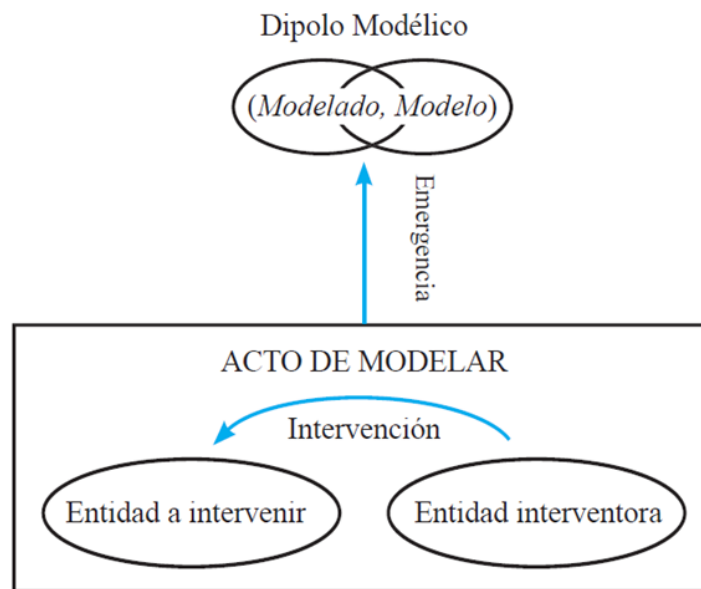


Figura 5: Dipolo Modélico Fuente: Arrieta y Díaz, 2015

A nivel de evaluaciones internacionales, la modelación ocupa un lugar central en el marco teórico de la prueba PISA. En su versión más reciente, La OCDE (2023) sitúa la modelación dentro del ciclo de resolución de problemas y la organiza en tres procesos: Formular, Emplear e Interpretar y Evaluar; que abarcan desde la traducción del problema real a estructuras matemáticas hasta el examen crítico de los límites del modelo construido. El marco articula la modelación con la noción de alfabetización matemática, redefinida como la capacidad del individuo de razonar matemáticamente y de formular, emplear e interpretar la matemática para resolver problemas en una variedad de contextos del mundo real (OCDE, 2023). Más aún, el marco eleva la modelación al rango de comprensión clave que estructura el razonamiento escolar, entendiéndose como un lente para mirar fenómenos del mundo físico, biológico, social, económico y conductual. Esta jerarquización ofrece, para los propósitos del presente trabajo, dos elementos relevantes; por un lado, una arquitectura de procesos que puede servir de referencia evaluativa; por otro, la incorporación explícita de la simulación y el pensamiento computacional como parte de la alfabetización matemática actual.

En síntesis, la modelación matemática no tiene un solo sentido o significado. Las perspectivas reseñadas habilitan énfasis distintos, tales como, cognitivo, didácticos, aplicados, sociocríticos, socioepistemológicos, y configuran distintos criterios para juzgar qué cuenta como un buen desempeño del estudiante. Esta diversidad constituye, como se abordará a continuación, una de las razones por las cuales evaluar la modelación resulta una tarea compleja y sin orientaciones consensuadas para los docentes.

1.2 Antecedentes sobre la evaluación de la modelación

Las investigaciones sobre evaluación de la modelación reportan caminos diversos para la toma de decisiones evaluativas, lo que da cuenta de distintos posicionamientos sobre qué se evalúa y cómo se evalúa. Una primera tensión identificada por Werle de Almeida y Granado Magalhães (2022), es que la dificultad principal no radica en inventar un sistema de notación, sino en definir qué significan las producciones del estudiante y cómo transformarlas en una calificación. Estos autores proponen una fragmentación del proceso en tres dimensiones: Hacer modelos matemáticos, Uso de la matemática y Comprensión de la situación de la realidad, argumentando que esta división resulta compatible con un enfoque holístico del modelado.

Otras perspectivas estructuran la evaluación segmentando la tarea en sesiones o variables transversales. Pasarella (2022) organiza las actividades de modelación en sesiones, centrando el foco evaluativo en la presentación de los modelos como producto y en la reflexión sobre sus fortalezas y debilidades. Aydogan Yennmez et al. (2017) incorporan variables transversales como la capacidad de los estudiantes para abordar el problema desde múltiples enfoques, la comunicación, la cooperación y la participación en la búsqueda de soluciones. Jung y Brady (2023), fundamentados por el ciclo de Blum y Leiß (2007), reportan una experiencia donde la evaluación concluye con la presentación de soluciones, poniendo énfasis en el razonamiento matemático y las decisiones implicadas.

Desde una mirada distinta, el análisis del rol docente durante la evaluación revela divergencias adicionales. Alagoz y Ekici (2020) aplican modelos de diagnósticos cognitivos y sustentan el análisis en el proceso y la toma de decisiones del profesor, en lugar de asignar una puntuación a las respuestas. Tekin Dede y Bukova Guzel (2023) exploran la sistematización de la evaluación desde la etapa de planificación de la clase, integrando exposiciones, autoevaluaciones, evaluación entre pares y discusiones grupales para abordar competencias cognitivas, afectivas y sociales.

Respecto a los instrumentos, la literatura documenta una creciente implementación de rúbricas (Werle de Almeida y Granado Magalhães, 2022; Alagoz y Ekici, 2020; Jung y Brady, 2023; Tekin Dede y Bukova Guzel, 2023; Toalongo, Trelles y Alsina, 2022; Kohen y Gharra-Badran, 2023). Las rúbricas aportan transparencia y objetividad al proceso evaluativo y permiten organizar criterios asociados a distintas fases del ciclo. Diefes- Dux et al. (2012) hacen uso explícito de un enfoque holístico para construir una rúbrica de cuatro dimensiones; Complejidad del modelo matemático, Reutilización, Modificabilidad y Compatibilidad; que no sigue secuencialmente el ciclo de Blum y Leiß (2007, aportando una mirada que prioriza la aplicabilidad y adaptabilidad sobre la precisión estricta. A pesar de la transparencia que ofrecen estos instrumentos. Aydogan

Yenmez et al. (2017) reportan que persiste un enfoque hegemónico hacia las soluciones finales, acción coherente con la percepción de los profesores de que los criterios a evaluar los procedimientos no son suficientemente claros.

Finalmente, la literatura reporta dificultades sostenidas en los docentes para llevar a cabo la evaluación de la modelación. Frejd (2013) advierte que los criterios utilizados en los marcos de evaluación rara vez se derivan de un análisis teórico y suelen basarse en construcciones *ad hoc* o empíricas que emergen de la experiencia. Esta carencia teórica fomenta que los instrumentos, como las pruebas escritas, adopten una visión atomística de la competencia de modelación, evaluando partes aisladas en lugar de capturar el proceso desde una perspectiva holística.

El panorama presentado permite anticipar una afirmación de fondo, las dificultades para evaluar la modelación no son solamente técnicas ni instrumentales, sino que emergen de manera articulada desde la naturaleza misma del proceso de modelar, la diversidad de perspectivas teóricas disponibles y la pertinencia curricular. Esta articulación se hace especialmente visible cuando se examina el caso chileno.

1.3 Escasez de orientaciones curriculares para evaluar la modelación: El caso chileno

La problemática teórica descrita se transfiere y agudiza en los documentos curriculares. A nivel internacional, Toalongo et al (2022) señalan que los planes de estudio de diversos países no ofrecen directrices claras para la evaluación de la modelación. En el contexto chileno, la situación es coherente con este diagnóstico, los recursos ministeriales orientados a los docentes son escasos y de naturaleza general.

Un primer ejemplo se observa en el Programa de Estudio para 2° medio (Mineduc, 2016). En relación con el Objetivo de Aprendizaje 3, que aborda la función cuadrática, se establecen indicadores de evaluaciones tales como:

- Analizan las variaciones de la gráfica mediante diferentes medios de representación.
- Marcan y encuentran numéricamente la intersección
- Modelan situaciones de cambio cuadrática.

Al examinar los indicadores con atención, se observa que son específicos respecto a la acción matemática: Analizar, Marcar, Encontrar, Modelar, pero generales respecto a los procesos subyacentes que la modelación, en diversas perspectivas supone. El indicador Modelan situaciones de cambio cuadrático, por ejemplo, no precisa qué tipo de evidencia debe recogerse, cómo distinguir entre una modelación lograda y una incipiente, ni se tributa a alguna fase del

proceso como la comprensión de la situación, construcción del modelo, validación comunicación de alguna manera observada y valorada.

Algo análogo ocurre con las sugerencias de evaluación incluidas en el mismo programa. Las orientaciones ministeriales describen actividades plausibles para el aula, pero omiten detalles sobre cómo articularlas con el ciclo de modelación, qué ajustes considerar en la planificación, y cómo gestionar los diálogos y discusiones argumentativos que el proceso requiere. En consecuencia, lo que el documento entrega al docente es una orientación superficial ya que enuncia lo que el estudiante debe modelar, pero no explicita cómo evaluar que efectivamente lo hace.

Un segundo lugar donde el curriculum se vincula con la evaluación de la modelación es la Prueba de Acceso a la Educación Superior (PAES). Los temarios oficiales de la Competencia Matemática 1 y 2 declaran las mismas habilidades con las cuales se pretende desarrollar el Pensamiento Matemático (Mineduc, 2016, 2019), Resolver Problemas Modelar, Representar y Argumentar y Comunicar (DEMRE, 2026). Particularmente, la habilidad de modelar se desglosa en los siguientes indicadores.

Tabla 2: Indicadores habilidad Modelar. Fuente:DEMRE, 2026, p4

Habilidad	Descripción	Criterios de Evaluación
Modelar	Es la habilidad que se tiene para usar, entender y comparar expresiones matemáticas que describen las características relevantes de una situación de la vida diaria o de las ciencias, para poder estudiarla, entenderla y obtener soluciones del ámbito matemático que permitan responder preguntas acerca de la situación modelada.	Usa modelos matemáticos en una situación planteada. Interpreta los parámetros y supuestos de un modelo matemático. Ajusta modelos matemáticos de acuerdo con la situación planteada. Evalúa modelos matemáticos de acuerdo con una situación planteada.

La habilidad de modelar, por tanto, no está ausente de los instrumentos de evaluación estandarizados. No obstante, el formato de selección múltiple impone restricciones estructurales que limitan la captura del proceso; un ítem cerrado puede solicitar al estudiante que reconozca un modelo o aplique uno dado a una situación, pero difícilmente puede dar cuenta de la construcción del modelo, su validación su reformulación, es decir, de los tránsitos del ciclo que la literatura identifica como constitutivos del modelar. La PAES, en este sentido, ofrece una evidencia parcial y resultado orientado de una habilidad cuya naturaleza es procesual.

En conjunto, los lineamientos curriculares chilenos y los instrumentos de evaluación estandarizada muestran una misma tensión asociada a qué la modelación está declarada como habilidad y como contenido evaluable, pero las orientaciones para que el docente evalúa formativamente, atendiendo al proceso, son escasas o estructuralmente limitadas. Si los documentos oficiales no ofrecen este apoyo, cabe preguntarse dónde y cómo el profesor accede a las herramientas necesarias para evaluar la modelación.

1.4 La formación docente para evaluar la modelación: un problema que atraviesa la Trayectoria formativa

Si la modelación está declarada en el currículum, pero las orientaciones para evaluarla son escasas, cabe preguntarse cómo accede el profesor a las herramientas que requiere para evaluarla en su aula. La literatura permite responder a esta pregunta examinando dos momentos de la Trayectoria formativa: La Formación Inicial Docente (FID), el ejercicio profesional posterior y el Desarrollo Profesional Docente. En estos momentos se reportan dificultades sostenidas que, en conjunto configuran el problema que se busca abordar.

En el plano de la FID, la introducción de la modelación matemática en el currículum chileno hace ya más de una década ha relevado la necesidad de estudios sobre prácticas de su enseñanza en la FID de matemática (Huincahue, Borromeo-Ferri y Mena-Lorca, 2018). Estos autores utilizando el marco de conocimiento especializado del profesor de matemática (MTSK), analizan los conocimientos y la reflexión sobre la modelación puestos en uso por estudiantes en formación inicial a lo largo de un ciclo de catorce sesiones. Sus resultados muestran progreso en el conocimiento matemático y pedagógico del contenido, pero también permite entender que ese desarrollo requiere espacios formativos sostenidos y diseñados para ello.

En una línea similar, Soto (2020) propone una experiencia formativa para profesores en formación centrada en el diseño de situaciones de modelación, articulando la modelación como objeto matemático y como estructura para el diseño de situaciones de aprendizaje. Ambas investigaciones sugieren que la modelación no se incorpora como habilidad docente por

exposición curricular, sino que requiere procesos formativos específicos. En el ámbito internacional, Taşpinar Şener y Dede (2024) observa una tendencia a retroceder hacia enfoques tradicionales que dificulta que los estudiantes identifiquen y corrijan sus errores sin la ayuda constante de profesor. Por consiguiente, en los tres casos el énfasis está puesto en la enseñanza y el diseño de la modelación más que en su evaluación formativa, lo que deja expuesto el primer eslabón, que incluso cuando la FID atiende deliberadamente a la modelación, su evaluación queda en un segundo plano.

En el ejercicio profesional, las dificultades para evaluar la modelación no desaparecen con la experiencia docente, lo que constituye una segunda evidencia del problema. Aydogan Yenmez et al. (2017) describen acciones docentes de profesores en ejercicio que impactan negativamente en la evaluación, entre las que destacan el enfoque hegemónico hacia las soluciones finales y la percepción, compartida por los propios profesores, de que los criterios para evaluar los procedimientos no son lo suficientemente claros. Algunos docentes incluso sostienen que deberían existir criterios distintos para cada tarea de modelación, lo que evidencia la ausencia de un marco común de referencia. Tekin Dede y Bukova Guzel (2023) documentan que estas dificultades persisten en docentes experimentados al implementar tareas de modelación en el aula, crear actividades coherentes al currículum, gestionar el tiempo y equilibrar la intervención docente con el trabajo independiente de los estudiantes.

En el ámbito latinoamericano, Barajas, Parada y Molina (2018) sostienen que reconocer las dificultades de los estudiantes en situaciones de variación permitiría al profesor anticipar la organización didáctica de los contenidos y adaptar las actividades matemáticas en consecuencia; sin embargo, advierten que esta sensibilización de los profesores sigue siendo una tarea pendiente para la comunidad investigadora y para los propios docentes en ejercicio.

La articulación de ambos planos, otorga una lectura que se reporta como las dificultades para evaluar la modelación matemática escolar que se documentan tanto en profesores en formación inicial de matemática como en profesores con experiencia en aula; por lo que se puede plantear que ningún espacio del continuo formativo basta por sí solo para resolver esta problemática, dicho de otra manera, ni la FID garantiza que el egresado evalúa formativamente la modelación, ni la experiencia docente suple la ausencia de orientaciones específicas para hacerlo. Por consiguiente, se requieren espacios de desarrollo profesional docente, donde profesores en ejercicio puedan problematizar el saber matemático escolar, reflexionar sobre su práctica evaluativa y construir instrumentos didácticos y evaluativos.

Articulando lo expuesto en los apartados anteriores, se delinea un problema con múltiples aristas: la evaluación de la modelación es compleja por la naturaleza misma de proceso; las orientaciones

curriculares para evaluar formativamente son escasas, y los instrumentos de evaluación estandarizada de gran escala, como la PAES, solo pueden capturarla parcialmente; y las dificultades para evaluarla atraviesan el continuo formativo docente, manifestándose tanto en la FID como en el ejercicio profesional. Surge entonces una pregunta ¿cómo se puede apoyar a los docentes en ejercicio para evaluar formativamente la modelación matemática, si los lineamientos disponibles son insuficientes y la formación específica para hacerlo es incipiente en la trayectoria formativa?

En este contexto, resulta fundamental llevar a cabo un proceso de inmersión en los espacios de formación docente. El propósito principal es observar y analizar cómo se desarrolla el proceso de formación y desarrollo profesional, prestando especial atención a la enseñanza de la modelación y las prácticas pedagógicas de los académicos. Mediante la observación de estas dinámicas y el diálogo con especialistas, se busca documentar las acciones implementadas para, partir de dicha evidencia empírica, configurar orientaciones teóricas y prácticas que enriquezcan el proceso de evaluación de la modelación.

Capítulo 2: La Pasantía

La pregunta planteada al cierre del apartado anterior no admite una respuesta meramente instrumental. No se trata de producir una rúbrica más, sino de generar orientaciones que permitan a los docentes confeccionar sus propios instrumentos evaluativos desde una problematización del saber matemático escolar. Esto desplaza el problema desde el plano técnico de los instrumentos hacia el plano del Desarrollo Profesional Docente, las orientaciones para evaluar la modelación se construyen, validan y resignifican en espacios donde el profesor reflexiona colectivamente sobre el saber matemático que moviliza en el aula.

Esta lectura es coherente con la noción de la entidad Empoderamiento Docente desarrollada por Reyes-Gasperini (2016), para quien el empoderamiento del profesor de matemática va más allá del cambio de prácticas para constituirse en una transformación profunda que articula el liderazgo con las acciones propias de la disciplina matemática. Bajo esta perspectiva, la problematización del saber propicia la reflexión colectiva y potencia las fortalezas del profesorado, configurando un escenario donde la teoría se traduce en práctica con propósito.

En consecuencia, un espacio de desarrollo profesional docente con orientación socioepistemológica, donde la problematización del saber matemático y el empoderamiento del profesor sean ejes articuladores, constituye un escenario idóneo para abordar el problema identificado. La presente pasantía se inserta en un espacio de estas características, cuya descripción y la inmersión investigativa realizada en él se desarrolla en los capítulos 3 y 4, el primero presenta el marco teórico que se consolidó como consecuencia de la elección del espacio formativo y el segundo relata el recorrido investigativo a través de los hitos de la pasantía. Por consiguiente, dado el contexto, herramientas, recursos y conocimientos, se definen las siguientes metas.

El presente trabajo se desarrolla bajo la modalidad de pasantía, una forma de titulación que permite al estudiante de postgrado vincularse con un espacio institucional externo a la universidad para abordar, desde una posición investigativa situada, una problemática del campo de la educación matemática. A diferencia de otras modalidades de graduación, la pasantía no separa la producción teórica de la práctica profesional; requiere que ambas se construyan en diálogo con un contexto real, con sus actores, sus necesidades y sus condiciones. En este trabajo, se asume un rol de pasante-investigador, no como observador externo del proceso, sino como participante en la construcción de los instrumentos evaluativos, en diálogo con los equipos disciplinares del proyecto.

A partir de este encuadre, el presente capítulo se organiza en cinco apartados: los objetivos de la pasantía, el contexto institucional en el cual se desarrolla, el encuadre metodológico, los aspectos administrativos y éticos, y la estructura del recorrido investigativo.

2.1 Objetivos

Objetivo general. Diseñar, desde la experiencia formativa en un espacio de desarrollo profesional docente, orientaciones para la construcción de rúbricas para situaciones de modelación matemática escolar, articulando las dimensiones epistemológica, pedagógica y evaluativa.

Objetivos específicos.

1. Caracterizar los elementos epistemológicos, pedagógicos y evaluativos sobre la modelación que se utilizan en el desarrollo profesional docente.
2. Construir rúbricas específicas para dos diseños didácticos de modelación matemática escolar.
3. Sistematizar los resultados en un conjunto de orientaciones didácticas para la construcción de rúbricas de evaluación de la modelación, considerando las dimensiones epistemológica, pedagógica y evaluativa.

2.2 Contexto Empoderamiento Docente y VinculAB25-5

Esta pasantía se constituye en su núcleo, por la entidad Empoderamiento Docente Spa, en adelante Empoderamiento Docente y se articula institucionalmente con el proyecto VinculAB25-5, en adelante solo VinculAB. Ambos espacios comparten propósitos y equipos, pero cumplen funciones diferenciadas que conviene precisar para comprender la estructura del recorrido que se reporta en el Capítulo 4.

2.2.1 Empoderamiento Docente Spa

Empoderamiento Docente Spa, es una entidad internacional dedicada al desarrollo profesional de docentes de matemática mediante procesos formativos que se sustentan en la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa. La entidad opera sobre el supuesto de que el cambio en las prácticas docentes se sostiene cuando los profesores transitan, junto con sus estudiantes, un proceso de problematización de la matemática escolar (Reyes-Gasperini, 2016; Reyes-Gasperini y Cantoral, 2016).

La entidad no funciona como una proveedora de materiales didácticos terminados, sino como un espacio donde docentes en formación inicial y continua, investigadores y diseñadores trabajan colaborativamente, entre ellas, situaciones de modelación matemática que serán implementadas en aulas reales.

El equipo con el cual se trabajó en este espacio se organiza con la Dra. Daniela Reyes Gasperini, directora general, Dra. Karla Gómez Osalde, directora académica; Dr.(c) Iván Péres Vera, representante legal y diseñador de situaciones de modelación matemática escolar.

2.2.2 Proyecto VincuLAB

VincuLAB, *Situaciones de modelación matemática escolar en entornos virtuales con retroalimentación asistida por inteligencia artificial*, es un proyecto desarrollado por la Universidad de Santiago de Chile en colaboración con la entidad Empoderamiento Docente, financiado a través del Consorcio Science-UP.

Se inscribe en una línea de investigación orientada al fortalecimiento de la modelación matemática escolar, la evaluación formativa y la integración en tecnologías e inteligencia artificial en la educación matemática. En coherencia con ese propósito, el proyecto diseña situaciones de modelación matemática escolar para entornos virtuales, cuya implementación a docentes que desarrollan actividades de modelación en sus clases, se proyecta en la plataforma web con retroalimentación asistida por inteligencia artificial.

La pasantía reportada en este documento se inscribe formalmente en VincuLAB, lo que sitúa el trabajo evaluativo dentro de un proceso junto con Empoderamiento Docente. Esta inscripción permite trabajar de manera articulada con la contraparte académica y los autores originales de los diseños didácticos sobre los cuales se construyen las rúbricas.

2.2.3 Distinción operativa

La distinción operativa en los impactos del trabajo de pasantía entre Empoderamiento Docente y VincuLAB puede formularse del siguiente modo; Empoderamiento Docente es el espacio formativo donde la problematización de la matemática escolar adquiere su forma práctica y donde construye el cómo evaluar la modelación matemática. VincuLAB es el proyecto institucional que provee los diseños didácticos específicos sobre los cuales se ejerce esa evaluación y que define el contexto tecnológico en el cual los instrumentos contruidos operan.

Esta distinción es estructural para el recorrido de la pasantía que se detalla en el Capítulo 4, porque, el trabajo investigativo se desarrolló como dos hilos paralelos que convergieron en los resultados finales.

Finalmente, se enuncian las principales responsabilidades como pasante:

- Participación en reuniones de codiseño con el equipo académico y la entidad colaboradora.

- Desarrollo de análisis didácticos y epistemológicos de situaciones de modelación matemática escolar.
- Diseño y validación de rúbricas de evaluación asociadas a los prototipos desarrollados en el proyecto.
- Articulación de criterios evaluativos con las fases del proceso de modelación y progresión del aprendizaje.
- Sistematización de insumos para la retroalimentación formativa y su integración en entornos de inteligencia artificial educativa.
- Colaboración en la estructuración de información para el desarrollo del *chatbot* educativo del proyecto.

2.3 Encuadre metodológico de la pasantía

El trabajo desarrollado durante la pasantía asume un carácter exploratorio, con un enfoque cualitativo que privilegia la inmersión sostenida en el espacio formativo descrito. Este enfoque encuentra anclaje en la etnografía educativa, particularmente con la perspectiva de Rockwell (2009), para quien el trabajo de campo no exige negar la presencia del investigador dentro de la comunidad de estudio, sino reconocerla como parte constitutiva del proceso de producción de conocimiento.

Esta orientación resulta pertinente porque la pregunta por cómo evaluar la modelación matemática escolar no se responde desde una posición externa, sino desde una participación situada en las prácticas de diseño, implementación y reflexión que el espacio formativo sostiene. De esta manera, los hallazgos y productos de la pasantía emergen del cruce entre los referentes teóricos del campo y las prácticas situadas del espacio formativo.

2.3.1 Instrumentos de la fase exploratoria

Como punto de partida del proceso investigativo, y previa instalación en Empoderamiento Docente, se aplicaron entrevistas semi-estructuradas a dos académicas formadoras de profesores de matemática, una situada en el contexto chileno y otra en el contexto colombiana, esta última durante una estancia de trabajo en la Universidad Complutense de Madrid desarrollada entre el 25 y el 29 de agosto de 2025. Ambas se sitúan profesionalmente en la investigación acompañamiento de Formación Inicial Docente y la de Desarrollo Profesional Docente.

La pauta de la entrevista se organizó en torno a diez ejes de análisis que cruzan aspectos de la modelación matemática, su enlace con la evaluación y la coherencia normativa curricular chilena vigente (Mineduc, 2015, 2018, 2019) que se presenta a continuación con estructura y articulación.

Tabla 3: Pauta entrevista a expertos. Elaboración propia

Eje de análisis	Aspectos de la modelación	Enlace con evaluación	Coherencia curricular
Finalidad	Modelación para comprender fenómenos, decidir, criticar	Evaluar proceso vs. producto, nivel de comprensión, toma de decisiones	Bases: modelar como habilidad para tomar decisiones: evaluar aprendizajes profundos
Tipología de modelos	Uso de distintos tipos de modelos (representacional, funcional, crítico)	Criterios según tipo de modelo: ajuste, interpretación, contexto	Bases no especifica tipos; evaluación debe adecuarse a las metas de aprendizaje contextualizadas
Criterios de evaluación	Razonamiento matemático, pertinencia contextual, criticidad	Criterios deben reflejar comprensión matemática y uso significativo de modelos	Bases promueven modelación con sentido; exige coherencia entre OA, enseñanza y evaluación
Evidencias de aprendizaje	Producto (modelo), proceso (reflexión), aplicación (decisión)	Portafolios, debates, informes, rúbricas	Orientaciones: uso variado de evidencias según el sentido de la actividad
Participación del estudiante	Trabajo colaborativo, toma de decisiones compartidas	Autoevaluación, coevaluación, retroalimentación formativa	Se promueve la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje
Instrumentos	Modelación como proceso abierto y no lineal	Rúbricas analíticas, diarios de aprendizaje, fichas reflexivas	Decreto impulsa coherencia entre objetivos y evaluación

Progresión de aprendizajes	Secuencia de habilidades desde modelaciones simples a complejas	Diseño de niveles de logro progresivos en rúbricas o portafolios	Bases y abogan por evaluación diferenciada y progresiva
Decisiones pedagógicas	Modelación como herramienta para diagnosticar y profundizar aprendizajes	Evaluación que oriente la enseñanza, con base en análisis de evidencia	D enfatiza la toma de decisiones pedagógicas informadas
Tensiones y oportunidades	Exigencias curriculares versus condiciones reales de aula	Evaluación flexible y realista, situada en el contexto escolar	Dimpulsa contextualización de la evaluación
Sistematización	Modelación como competencia transversal	Necesidad de sistematizar evaluaciones con foco en habilidades y transferencias	Bases y orientaciones llaman a documentar y analizar la evaluación en el aula

Los hallazgos sustantivos derivados de estas entrevistas y su rol en el recorrido investigativo se desarrollan en el Capítulo 4 como parte del hito de la pasantía.

2.3.2 Instrumentos en los espacios de inmersión

Durante la inmersión en el espacio formativo, el trabajo se sostuvo en tres fases no lineales de reflexión, aprendizaje, transformación y decisiones.

El primero corresponde a las jornadas presenciales y virtuales en reuniones de trabajo con el equipo de Empoderamiento Docente y con los autores de los diseños didácticos abordados, instancias en las cuales se discutieron versiones sucesivas de los instrumentos evaluativos y se profundizó en los referentes que sustentan las situaciones de modelación matemática.

El segundo corresponde a la observación participante en instancias formativas vinculadas, que permitió contrastar versiones de rúbricas en elaboración con prácticas reales de modelación matemática en aula.

El tercero, corresponde a la producción documental sostenida, materializada en notas de campo, versiones interactivas de los productos evolutivos y registros del propio proceso de transformación en la investigación.

2.4 Aspectos administrativos

La ejecución de la pasantía contó con un respaldo administrativo formal entregado por el Consorcio Science-Up, instancia que acogió la postulación del proyecto VincuLAB y aprobó su desarrollo. En este marco se estableció un acuerdo de colaboración entre los académicos universitarios, estudiantes de pregrado y posgrado de la entidad Empoderamiento Docente, en el cual se delimitaron roles, productos esperados y condiciones de trabajo conjunto.

En particular para la entrevista en España y la entrada a Empoderamiento se respalda mediante cartas de invitación.

Las observaciones, registros y notas de campo recogidas durante las jornadas de trabajo con el equipo de Empoderamiento Docente fueron utilizadas únicamente para los fines de este trabajo de graduación, con conocimiento y consentimiento de los participantes.

2.5 Fases de la pasantía

Establecidos los objetivos, el contexto institucional y el encuadre metodológico, el recorrido investigativo de la pasantía se organiza en dos momentos.

El primer momento corresponde a la fase exploratoria realizada mediante las entrevistas semiestructuradas a las académicas formadoras de profesores, cuyo resultado orientó la búsqueda del espacio formativo donde abordar el problema.

El segundo momento corresponde a la inmersión en ese espacio formativo en Empoderamiento Docente y un trabajo articulado con VincuLAB.

El siguiente esquema articula los tres componentes del recorrido investigativo de la pasantía. El punto de partida configurado por las entrevistas a las académicas, los dos hilos paralelos de inmersión, Empoderamiento Docente, como hilo formativo y VincuLAB como hilo de articulación con los diseños. La convergencia de ambos en los productos finales del trabajo.



Figura 6: Ruta de trabajo de Pasantía articulada en dos hilos. Elaboración propia.

El siguiente plan describe el conjunto de actividades desarrolladas durante la pasantía, organizadas según los dos momentos del recorrido y los hitos que los componen, con indicación de los tiempos en que se realizaron y de los actores involucrados en cada una. El recorrido completo, con sus marcos teóricos, transformaciones profesionales y decisiones, se desarrolla en extenso en el Capítulo 4; la presente tabla cumple una función de plan general.

Tabla 4: Plan de pasantía. Elaboración propia.

Periodo	Actividad como Pasante	Propósito	Participantes involucrados
Momento 1 – Fase Exploratoria			
Agosto 2025	Entrevistar a académicas del campo de la modelación matemática y trabajo con docentes.	Reconocer los elementos que emergen cuando se problematiza la modelación con expertas sobre el campo que investigan y acompañan a docentes en formación y desarrollo profesional docente.	Dra. Daniela Soto Soto Dra. Sandra Parada Rico

Momento 2 – Inmersión sostenida			
Septiembre 2025	Integración formal al espacio formativo y acordar el marco común de trabajo.	Situar la pasantía en la perspectiva del equipo y sus referentes.	Dra. Daniela Reyes Gasperini Dra. Karla Gómez Osalde Dr(c) Iván Pérez Vera
Septiembre – diciembre 2025	Conocer los diseños de modelación matemática.	Comprender el saber matemático que cada diseño moviliza.	
Diciembre 2025 – febrero 2026	Análisis epistemológicos de los diseños y discutir los bosquejos de rúbricas.	Construir criterios evaluativos fundamentos en el saber en uso.	Dra. Daniela Reyes Gasperini Dr(c) Iván Pérez Vera
Enero 2026	Observar experiencias de modelación ya implementadas.	Aprender de diseños experimentados para indagar la evidencia para evaluar la modelación.	Dr(c) Iván Pérez Vera
Enero – marzo 2026	Cerrar y acordar los resultados de la pasantía.	Consolidar las orientaciones evaluativas para la modelación matemática escolar	Dra. Daniela Reyes Gasperini Dra. Karla Gómez Osalde Dr(c) Iván Pérez Vera Contraparte académica VinculAB.

Antes de iniciar el relato de este recorrido, el Capítulo 3 desarrolla el Marco Teórico que se consolidó como consecuencia de la elección de este espacio formativo y que sustenta tanto las decisiones evaluativas adoptadas como los productos resultados de la pasantía.

Capítulo 3. Marco de Referencia

El Capítulo 2 establece que la pasantía se inserta en un espacio de desarrollo profesional docente con orientación socioepistemológica. Esa elección no es neutra desde el punto de vista teórico; definir el espacio formativo donde se aborda el problema implica adoptar el cuerpo teórico que ese espacio sostiene. Este capítulo desarrolla el marco de referencia que se consolidó como consecuencia de esa elección y que sustenta las decisiones evaluativas adoptadas durante la pasantía.

Esa orientación, sin embargo, no funciona como una etiqueta general. Adscribir a una perspectiva socioepistemológica implica posicionarse dentro de un cuerpo teórico específico que articula, al menos, cuatro decisiones interdependientes: una concepción del saber matemático y su relación con la práctica docente, una concepción de la modelación matemática escolar, una estructura pedagógica para el diseño de situaciones de aprendizaje, y una concepción de la evaluación coherente con las tres anteriores. Construir orientaciones para rúbricas de modelación matemática que respondan al problema identificado exige sostener cada una de estas decisiones con referentes teóricos pertinentes y articulados entre sí.

Este capítulo presenta cuatro referentes que constituyen ese cuerpo teórico, organizados en tres dimensiones. La dimensión epistemológica se desarrolla en torno a la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa (TSME), que ofrece los principios para concebir el saber matemático como construcción social y para entender el desarrollo profesional docente desde la problematización de la matemática escolar. La dimensión pedagógica articula la noción de modelación escolar de Méndez (2013, 2022) con las fases pedagógicas propuesta por Balda (2022), que organizan didácticamente las situaciones de aprendizaje en el aula. La dimensión evaluativa retoma los lineamientos de Brookhart (2013) sobre rúbricas formativas, en tanto permiten traducir las consideraciones epistemológicas y pedagógicas en descriptores cualitativos del desempeño. Finalmente se articula cada arista del problema y muestra cómo el conjunto de los tres referentes opera como una respuesta teórica al diagnóstico expuesto en el Capítulo 1.

3.1 Posicionamiento epistemológico

La TSME constituye una corriente de origen latinoamericano que estudia los fenómenos didácticos ligados al saber matemático asumiendo que las prácticas sociales se encuentran en la base de su construcción (Cantoral, 2013; Reyes-Gasperini y Cantoral, 2016). A diferencia de aproximaciones centradas en el objeto matemático como entidad abstracta y ajena a la práctica social, la TSME sostiene que el conocimiento matemático se construye, significa y resignifica en contextos específicos donde grupos humanos lo ponen en uso. Esta postura tiene consecuencias

directas sobre la enseñanza, el aprendizaje, y particularmente para los fines de este trabajo sobre evaluación de la modelación matemática escolar.

Un constructo central de la TSME para propósitos de este capítulo es el del discurso matemático escolar (dME). Soto y Cantoral (2014) lo describen como un sistema de razón que organiza, selecciona y legitima qué matemática se presenta en la escuela, qué procedimientos se consideran válidos y qué significados se privilegian. El dME tiende a presentar el conocimiento de manera utilitaria, abstracta y como producto acabado, ocultando los usos, las prácticas y la construcción social que lo originaron. La consecuencia evaluativa de esta opacidad no es menor, si lo que se enseña son objetos “sin historia”, lo que se evalúa son ejecuciones sin sentido. Bajo este diagnóstico, la TSME propone desplazar la mirada del objeto matemático hacia las prácticas que le dan origen y le otorgan funcionalidad.

3.1.1 Resignificación del conocimiento matemático escolar

Una de las nociones articuladoras de la TSME es la resignificación. Reyes-Gasperini y Gómez-Osalde (2025) la conciben como la reconfiguración de los significados, procedimientos, relacionados y argumentados asociados a un conocimiento matemático escolar (cme), que implica una transformación en la manera en que docentes y estudiantes se relacionan con la organización, comprensión, utilización y proyección de dichos elementos. Es importante destacar dos rasgos de esta noción que orienta el presente trabajo; en primer lugar, la resignificación es un proceso y no un estado, no es algo que se alcanza de una vez, sino que se configura progresivamente y de manera no lineal en interacción sostenidas; en segundo lugar, no se entiende como una carencia que debe ser subsanada ni como un alejamiento del dME que puede medirse, sino como la emergencia, en y a través del uso, de significados que reorganizan la relación con el saber.

Esta incorporación procesual y colectiva de la resignificación es lo que orienta los diseños y las rúbricas elaboradas durante la pasantía. Si la modelación matemática se concibe como práctica social y la evaluación pretende dar cuenta de ese proceso, los instrumentos evaluativos no pueden limitarse a constatar la presencia o ausencia de un resultado correcto, deben describir y orientar los tránsitos en los que los estudiantes resignifican el saber matemático escolar puesto en uso.

3.1.2 Problematicación del saber matemático y la matemática escolar

La TSME propone dos constructos que conviene diferenciar con cuidado, porque operan en planos distintos y cumplen funciones complementarias en este trabajo; la problematicación del saber matemático (psm) y la problematicación de la matemática escolar (pme). La elaboración

teórica de Reyes-Gasperini (2016) y en Reyes-Gasperini y Gómez-Osalde (2025) la distinción resulta esencial para comprender qué tipo de actividad realiza el investigador, que tipo de actividad realiza el docente, y cómo ambas se articulan en un espacio de desarrollo profesional.

La psm constituye un método analítico que el investigador en Matemática Educativa realiza sobre un objeto matemático específico, integrando sistemáticamente sus cuatro dimensiones: didáctica, cognitiva, epistemológica y social (Reyes-Gasperini y Cantoral, 2016). Cuestiona los absolutismos del dME, identifica los usos del conocimiento, su razón de ser y la práctica social que lo norma, y produce como resultado una unidad de análisis socioepistémica que articula dichas dimensiones. La psm posibilita la resignificación a nivel epistémico, es decir, la emergencia de significados en uso dentro de una situación analizada por un grupo humano (Reyes-Gasperini y Gómez-Osalde, 2025). En el presente trabajo, la psm constituye el insumo metodológico para la construcción de las rúbricas, comprender la naturaleza del saber matemático que cada diseño didáctico moviliza es condición previa para describir los niveles de desempeño que sean teóricamente fundamentados y no derivados de la observación empírica (Frejd, 2013).

La pme, en cambio, refiere al proceso reflexivo que el cuerpo docente vive en un espacio de desarrollo profesional, mediado por tareas disruptivas y por interacciones colectivas que tensionan las formas habituales de interpretar el cme. Reyes-Gasperini y Gómez-Osalde (2025) caracterizan la pme como un proceso que produce confrontaciones, resignificaciones y un cambio de relación con el cme, llevando a una resignificación a nivel didáctico, a una transformación en la manera en que el docente organiza, comprende, utiliza y proyecta el conocimiento matemático en su práctica. Mientras que la psm es trabajo del investigador y se realiza sobre el saber, la pme es el proceso del docente y se realiza sobre la matemática escolar que moviliza en el aula.

Para los fines de esta pasantía, la distinción tiene implicaciones operativas concretas. Las rúbricas que se construyen en este trabajo se sostienen sobre la psm de los objetos matemáticos que abordan los diseños didácticos relacionados, y a la vez son artefactos que median la pme, ya que orientan al docente sobre qué confrontaciones, qué resignificaciones y qué cambios de relación con el cme cabe esperar en el aula. Las rúbricas, no son solo herramientas evaluativas; son también mediadores didácticos del proceso de la problematización que el docente conduce a sus estudiantes.

3.1.3 Empoderamiento Docente

La articulación entre la psm, pme resignificación se concreta en el plano de desarrollo profesional docente en la noción de empoderamiento docente. Reyes-Gasprini y Cantoral (2016) lo definen como el proceso vivido por el docente, en conjunto con sus colegas, mediante el cual problematiza la matemática escolar, se apropia del saber matemático funcional y desarrolla una actitud de

liderazgo que le permite innovar en su práctica. El empoderamiento, es esta aceptación, no es un atributo ni un estado de competencia, sino un proceso que articula tres componentes interdependientes; la problematización del saber, la apropiación del cme resignificado y la transformación de la práctica docente. Como advierten los autores, no puede haber empoderamiento si alguno de estos componentes está ausente, una actitud de liderazgo sin apropiación sería solo un convencimiento, y una apropiación del saber sin disposición a transformar la práctica resultaría inerte.

Esta noción es relevante para el presente trabajo en dos sentidos. Primero, porque el espacio de la pasantía es un espacio de desarrollo profesional docente con orientación socioepistemológica donde estos procesos son intencionados. Segundo, porque las rúbricas que se construyen no pretenden funcionar como instrumentos externos a la práctica docente, sino como mediadores que la fortalezcan, ofreciendo descriptores teóricamente fundamentos que el docente puede problematizar, apropiar y adaptar a su contexto.

La dimensión epistemológica expuesta en este apartado responde en particular a la arista del problema referida a la formación docente para evaluar. En el Capítulo 1 se dio cuenta de que las dificultades para evaluar la modelación se posicionan en la Trayectoria de Desarrollo Docente, de modo que un espacio único no basta para resolverlas. Ante aquello, la TSME no ofrece un esquema técnico, sino una vía de transformación, las rúbricas, cuando se construyen desde la psm, dejan de ser instrumentos externos al docente y se convierten en mediadores de su propia resignificación. Sin embargo, traducir esta concepción epistemológica exige una propuesta concreta sobre cómo se conciben y se organizan didácticamente las situaciones de modelación, a esa traducción se dedican los siguientes dos apartados.

3.2 La modelación escolar como práctica social

La problemática expuesta en el Capítulo 1 mostró que la modelación matemática es un objeto con variadas perspectivas, con concepciones que van en entenderlo como un proceso cognitivo, herramienta aplicada, competencia o práctica social. Para los fines de este trabajo y en coherencia con el posicionamiento epistemológico expuesto en el apartado anterior, se adopta una concepción socioepistemológica de la modelación. Bajo esta perspectiva, la modelación no se reduce a la aplicación de un modelo matemático para resolver un problema del mundo real, sino que se concibe como una práctica social mediante la cual el conocimiento matemático emerge, se resignifica y se distribuye en escenarios diferenciados (Arrieta y Díaz; Cordero, 2006).

3.2.1 Modelación escolar - Prácticas y Uso

Para operativizar esta visión en el aula, los diseños didácticos en los que se construyen las rúbricas adoptan el marco de la modelación escolar propuesto por Méndez (2013, 2022). Esta autora sitúa la modelación como eje articulador del diseño de situaciones de aprendizaje orientadas a la construcción social del conocimiento matemático. Bajo este marco, la modelación escolar funciona como un mecanismo que articula prácticas y usos del saber, el diseño no busca que el estudiante descubra un modelo matemático preexistente, sino que viva un proceso donde el conocimiento emerja como herramienta necesaria para interactuar con un fenómeno.

Méndez (2013, 2022) organiza la modelación escolar en tres momentos que estructuran tanto el diseño didáctico como la experiencia del estudiante.

Primer momento: Corresponde al análisis de la situación, enfocado en identificar las variables y los parámetros pertinentes al fenómeno y en establecer relaciones entre ellos. En este momento se delimita el problema y se anticipan las relaciones que tendrán sentido en las fases posteriores.

Segundo momento: Corresponde al estudio de las variaciones, globales y locales, que se sustenta en la experimentación con representaciones gráficas, tabulares y algebraicas, con el propósito de establecer patrones de comportamiento y proyectar tendencias.

Tercer momento: Ajuste y resignificación, busca consolidar e institucionalizar las variaciones estudiadas, estableciendo un consenso sobre el uso del conocimiento orientado a la predicción y al control del fenómeno; en estos momentos se articulan los usos del saber para valorar su funcionalidad.



Figura 7: Acciones y prácticas del proceso de modelación matemática (esquema adaptado de Méndez y Cordero, 2014, citado en Méndez, 2022)

Esta organización en tres momentos resulta operativamente significativa para la construcción de las rúbricas, cada momento delimita un tipo de actividad matemática diferencial, susceptible de ser observada, descrita y valorada formativamente. Más aún, el tercer momento incorpora explícitamente la noción de resignificación como criterio articular del proceso, lo cual conecta directamente con el posicionamiento epistemológico expuesto; evaluar la modelación implica, entre otras cosas, dar cuenta de cómo el estudiante reconfigura los significados, procedimientos, relaciones y argumentos del saber matemático en uso.

En la línea de trabajos recientes Soto (2020) y Soto, Caamaño

y Díaz (2025) han mostrado cómo la modelación escolar puede operativizar en propuestas formativas concretas que articulan la perspectiva socioepistemológica con el diseño de situaciones para el aula y la formación docente. Estos trabajos refuerzan la pertinencia del marco de Méndez para el contexto chileno y aportan elementos que serán retomados en el Capítulo 4 al presentar los diseños didácticos sobre los cuales se construyen las rúbricas de esta pasantía.

3.2.2 Las fases pedagógicas de Balda

Si los tres momentos de Méndez delimitan el sustento epistemológico de la modelación, las fases propuestas por Balda (2022) ofrecen una estructura pedagógica que organiza el desarrollo de las situaciones de aula. Ambas perspectivas son compatibles y complementarias, ya que, la primera describe qué tipo de actividad matemática se moviliza; y la segunda describe cómo se organiza

didácticamente la clase para que esta actividad ocurra. Balda (2022) propone una secuencia de cinco fases que orientan la construcción social del conocimiento matemático escolar.

Primera fase: De introducción, que busca establecer el vínculo del estudiante con un escenario de significancia, el objeto no es presentar contenido matemático explícito, sino generar empatía y postura crítica frente a una situación. Desde el punto de vista evaluativo, esta fase permite observar la capacidad del estudiante para involucrarse en el contexto y reconocer los elementos relevantes del fenómeno.

Segunda fase: De exploración, propone un acercamiento intuitivo al objeto matemático mediante la selección, clasificación y organización de información proveniente de diversas fuentes.

Tercera fase: Procedimental, aquí, los estudiantes generan conjeturas e hipótesis a partir de la información organizada, anticipando relaciones y poniendo en uso conocimientos previos. Desde el punto de vista evaluativo, esta fase permite observar la argumentación y la construcción de estrategias propias antes de la formalización.

Cuarta fase: De consolidación, valida la hipótesis colectivamente y proporciona la institucionalización del saber. Se construyen definiciones y se establecen acuerdos sobre cómo es y para qué sirve el objetivo matemático en discusión.

Quinta fase: De ejercitación, emplea algoritmos y propiedades con sentido, aplicando lo construido en nuevos contextos.

La articulación entre Méndez y Balda permite distinguir, dentro del diseño de la rúbrica, los planos diferenciados pero complementarios, el plano de la actividad matemática propia del modelar, descrita por los tres momentos de Méndez, y el plano de la actividad pedagógica que organiza la clase, descrita por las cinco fases de Balda. Esta doble articulación es la que permite construir descriptores que dan cuenta tanto del tránsito disciplinar como del tránsito didáctico de la modelación en el aula.

La dimensión pedagógica expuesta en este apartado responde en particular a la arista del problema referida a la escasez de orientaciones curriculares. El capítulo 1 dio cuenta que el currículum chileno declara la modelación como habilidad, pero no detalla cómo organizar didácticamente las situaciones que la promueven, y que los indicadores de evaluación oficiales son específicos en la acción matemática pero generales en los procesos subyacentes. Méndez y Balda, articulados, ofrecen el marco organizador del que esos indicadores carecen, delimitan qué momentos de la actividad matemática y qué fases pedagógicas conviene atender al diseñar y evaluar una situación de modelación. Desde lo anterior, el desafío se sitúa en traducir esta

organización didáctica en un instrumento evaluativo concreto que permita al docente observar, describir y orientar los tránsitos del estudiante. A esa traducción se dedica el apartado siguiente.

3.3 La evaluación formativa - Rúbricas

El paso del diseño didáctico al instrumento evaluativo requiere de un marco específico sobre qué es una rúbrica formativa y cómo se construye. Para ello, este trabajo adopta los lineamientos propuestos por Brookhart (2013), quien posiciona a la rúbrica no como una simple herramienta de calificación o lista de cotejo, sino como un instrumento centrado en el aprendizaje. Brookhart define la rúbrica como un conjunto coherente de criterios sobre el trabajo de los estudiantes, acompañados de descriptores de los niveles de calidad del desempeño a cada criterio. Según la autora, son tres principios que orientan una construcción que efectivamente cumple con el propósito formativo.

El primer principio se refiere al objeto de la evaluación, los criterios de la rúbrica deben reflejar los objetivos de aprendizaje y las habilidades cognitivas que se busca desarrollar, y no aspectos mecánicos o superficiales como la presentación, el cumplimiento de plazos o el recuento de elementos producidos. Brookhart (2013) distingue así entre evaluar el aprendizaje y evaluar el cumplimiento de una tarea, advirtiendo que cuando los criterios se desplazan hacia lo segundo, la rúbrica deja de cumplir su función formativa. Para el caso de la modelación matemática, este principio resulta pertinente, porque, lo que se evalúa no es si el estudiante entregó un informe con cierto número de gráficos, sino una calidad de su argumentación, la coherencia de su interpretación del fenómeno y las relaciones que se establecen.

El segundo principio se refiere al lenguaje en que se redactan los niveles de desempeño. Brookhart sostiene que los descriptores deben formularse mediante un lenguaje descriptivo, evitar adjetivos evaluativos o valorativos como excelente, bueno, regular o pobre, que no aportan información útil al estudiante sobre las características concretas de su desempeño. En lugar de calificar, los descriptores deben mostrar cómo se ve un trabajo en cada nivel. La autora indica además que la calidad no debe reducirse a un asunto de cantidad, es decir, redactar niveles a partir del recuento de errores o aciertos, en lugar de la profundidad o naturaleza del desempeño.

El tercer principio se refiere a la progresión entre niveles. Brookhart sostiene que los niveles de desempeño deben mostrar un continuo claro y lógico desde un estado inicial hasta un estado avanzado, manteniendo el paralelismo entre descriptores; cada nivel debe atender al mismo rasgo de desempeño variando el grado de complejidad, profundidad o autonomía demostrada. Simultáneamente, los niveles deben ser interdependientes entre sí, de modo que el desempeño de un estudiante pueda ubicarse claramente en uno de ellos sin ambigüedades. Esta exigencia tiene consecuencias didácticas, porque, una rúbrica construida bajo este principio funciona como

un mapa que permite al estudiante reconocer dónde se encuentra y qué características debe incorporar para avanzar, facilitando su autorregulación, la coevaluación y la retroalimentación docente.

Estos tres principios se articulan con las estructuras didácticas descritas mediante las fases pedagógicas de Balda y los momentos disciplinares de Méndez delimitando los objetos que la rúbrica debe describir; los lineamientos de Brookhart aportan el cómo describir los niveles de desempeño en cada uno. Esta configuración favorece la construcción que no se limita a traducir el ciclo de modelación en una lista de pasos a verificar, sino que ofrece descriptores cualitativos sobre los tránsitos del estudiante en la actividad de modelar.

La dimensión evaluativa expuesta en este apartado responde a la arista del problema referida a la complejidad inherente al modelar. El Capítulo 1 evidenció que la literatura documenta una tendencia recurrente a evaluar la modelación de manera atomística, centrada en el resultado final y desligada de los procesos cognitivos que el proceso promueve. Brookhart aporta los elementos conceptuales, debido a que una rúbrica cuyos descriptores no se reducen a marcar la presencia o ausencia de un producto, sino que describen cualitativamente cómo se ve cada nivel de desempeño, habilitando la retroalimentación orientada al aprendizaje.

3.4 Articulación de cierre

Los apartados anteriores presentaron separadamente los tres referentes que sustentan el trabajo de pasantía. No obstante, es prudente articularlos retomando la problemática del Capítulo 1 para mostrar cómo cada dimensión responde a una arista específica del problema.

La problemática identificada combinaba tres dificultades: Complejidad inherente al proceso de modelar, la escasez de orientaciones curriculares para evaluarlo y la insuficiencia en la trayectoria formativa docente, tanto inicial como continua. Frente a esta problemática, la propuesta de este trabajo consiste en orientaciones para la construcción de rúbricas que articulen las tres dimensiones desarrolladas.

La dimensión epistemológica, sustentada en la TSME, aporta una concepción de la modelación como una práctica social y una concepción de la evaluación como mediadora del proceso de resignificación. Esta dimensión responde a la arista referida a la trayectoria docente para evaluar, porque si las rúbricas se construyen desde la psm, ofrecen al docente no solo un instrumento, sino una ruta para resignificar su propia relación con el conocimiento que enseña.

La dimensión pedagógica, guiada por Méndez (2013, 2022) y Balda (2022), traduce la concepción socioepistemológica en una estructura didáctica concreta, los tres momentos de la modelación escolar describen qué tipo de actividad matemática se moviliza, y las cinco fases pedagógicas

describen cómo se organiza la clase para que esa actividad ocurra. Esta dimensión responde a la arista referida a la escasez de orientaciones curriculares, porque provee un marco organizador que el docente puede utilizar para planificar, conducir y evaluar la modelación.

La dimensión evaluativa, fundamentada por los lineamientos de Brookhart (2013), traduce las dos dimensiones anteriores en descriptores cualitativos progresivos y ofrece al docente criterios para describir los tránsitos del estudiante con un lenguaje que permita retroalimentar, no solamente calificar.

En su conjunto, estas tres dimensiones configuran el sustento teórico desde el cual se aborda la pasantía y la construcción de los instrumentos evaluativos. El relato de este recorrido y los productos resultantes se desarrollan en el Capítulo 4.

Capítulo 4: Análisis y Resultados de la pasantía

El presente capítulo organiza el recorrido investigativo de la pasantía como una sucesión de hitos formativos. La elección de este término, en su definición de la Real Academia Española, lo sitúa como un punto culminante de un proceso; en este contexto, un punto identificable que permite reconocer, mirar hacia atrás por donde se ha pasado. Al añadir el adjetivo formativo, este capítulo subraya que esos puntos del recorrido no son solo eventos externos, sino instancias en las cuales, en el rol de pasante-investigador, se tomaron decisiones teóricas, operativas y profesionales que provocaron una transformación. Llamar a estos puntos hitos formativos implica reconocer que la pasantía no fue un cronograma de actividades ejecutadas, sino un proceso en el cual el sujeto que investiga y el saber que construye se modificaron mutuamente. Cada uno de los hitos que se relatan a continuación se identifica por su unicidad, decisiones que activó y por la transformación profesional instalada.

Junto con la categoría general del hito formativo, este capítulo recurre ocasionalmente a la noción de momento heurístico para destacar aquellos hitos donde el aprendizaje emergió como descubrimiento. En su sentido más preciso, designa aquel punto del proceso investigativo donde algo se descubre, no porque haya sido buscado deliberadamente, sino porque la inmersión en el contexto situado, el diálogo con sus actores y la confrontación la práctica permite que emerja un sentido nuevo. La articulación entre ambas categorías resulta prudente para este trabajo, el conjunto del recorrido es transformador y algunos puntos particulares dentro de él son heurísticos.

La organización del capítulo respeta la secuencia descrita en el Capítulo 2. El recorrido se compone de un Momento 1, configurado por la fase exploratoria mediante entrevistas semiestructuradas a académicos formadores de profesores y de acompañamiento en el desarrollo profesional. Un Momento 2, configurado por la inmersión sostenida en los dos espacios, Empoderamiento Docente y VincuLAB, organizada como dos hilos articulados de trabajo.

Los siete hitos del Momento 2 alternan entre ambos espacios y convergen en los productos finales de la pasantía. Cada hito se presenta con cuatro componentes:

1. El contexto.
2. Los marcos teóricos que emergen o se profundizan.
3. La transformación profesional.
4. La decisión o producto que deja instalada al hito siguiente.

El esquema que se presenta a continuación ofrece una representación global del recorrido.



Figura 8: Representación global de Hitos de la pasantía. Elaboración propia.

Antes de comenzar el relato, es importante mencionar que los hitos no se viven de manera lineal, las reuniones presenciales con Empoderamiento Docente y con la contraparte de VinculAB se entrelazaron temporalmente, y el trabajo asincrónico atravesó todo el período. La secuencia narrativa que se expone responde a una reorganización analítica del recorrido, no a su orden cronológico estricto. Esta reorganización privilegia el sentido de la transformación profesional sobre lo temporal.

4.1 Momento 1 – Hito 1: Entrevistas a académicas

Este momento corresponde al hito único de la fase exploratoria. Su descripción metodológica, el formato de entrevista y pauta de diez ejes que orientó el diálogo fueron dados a conocer en el Capítulo 2. El presente apartado retoma ese material para reportar los hallazgos sustantivos derivados de las entrevistas y dar a cuenta cómo ese hallazgo configuró la transición hacia el Momento 2.

4.1.1 Contexto del hito

El diálogo con la Dra. Sandra Parada Rico se desarrolló en una entrevista presencial, con un trabajo previo de preparación entre el 25 y 29 de agosto de 2025 en Madrid, España. La Dra. Parada es investigadora colombiana, creadora del modelo reflexión-acción y una trayectoria de trabajo mediante comunidades de práctica de profesores, acompañamiento en la formación inicial, programas de magíster y comunidades de práctica con profesores en ejercicio (Barajas, Parada y Molina, 2018).

La entrevista con la Dra. Daniela Soto Soto, se sostuvo en distintos momentos del proceso formativo en su calidad de investigadora situada en el contexto chileno, con trayectoria en diseño curricular, formación inicial docente y en la jefatura de la carrera de Pedagogía en Matemática y Computación de la Universidad de Santiago de Chile.

Dado que, ambas académicas se posicionan profesionalmente en la formación inicial docente en el desarrollo profesional docente, permitió contrastar perspectivas desde dos contextos iberoamericanos sobre cómo se aborda la evaluación de la modelación matemática.

4.1.2 Marcos teóricos que emergen

En este hito, se llega con los antecedentes teóricos de la revisión de literatura, sin un anclaje a la TSME. En este sentido, las entrevistas funcionan como instrumento de calibración, al contrastar la lectura bibliográfica con la voz de quienes producen investigación situada.

Los referentes teóricos que se profundizan a partir de los hallazgos no son nuevos. Por un lado, la perspectiva sobre los tipos de modelos a evaluar y la diferenciación de criterios según tipo de modelo, es un problema que la literatura (Wele de Almeida y Granado Magalhães, 2022) había planteado y que las entrevistas reafirman desde su experiencia. Por otro lado, la formación docente como condición para evaluar la modelación, se posiciona posteriormente en la elección de Empoderamiento Docente como espacio formativo.

4.1.3 Transformación profesional

De las dos entrevistas se desprende una conclusión que orientó la continuidad de recorrido; esto es, el campo disciplinar dispone de un conjunto importante de elementos para pensar la evaluación de la modelación, criterios diferenciados por tipo de modelo, instrumentos como rúbricas analíticas diarios reflexivos, niveles de progresión basados en la complejidad del fenómeno y autonomía del estudiante, evidencias diversas que articulan producto, proceso y aplicación. No obstante, estos elementos aparecen dispersos y carecen de una articulación que permita orientar de manera sistemática el trabajo del docente o del formador de profesores.

La transformación profesional que deja este hito puede formularse cómo:

El problema deja de leerse como una carencia de instrumentos y se reformula como una carencia de articulación entre dimensiones. Lo que falta no es producir una rúbrica más, sino encontrar el principio articulador que permita construir rúbricas con coherencia interna y transferibilidad.

4.1.4 Decisión que se instala

La conclusión del Momento 1 orienta la búsqueda de un espacio formativo donde la evaluación de la modelación no fuera una pregunta retórica, sino una necesidad concreta de un equipo que

diseña situaciones de modelación matemática para la trayectoria docente, El encuentro con la Entidad Empoderamiento Docente, en articulación con el proyecto VincuLAB, ofrece ese espacio y abrió el Momento 2 del recorrido.

4.2 Momento 2. Inmersión sostenida

El Momento 2 organiza el recorrido en dos hilos paralelos que convergen. El hilo de Empoderamiento Docente se concentra en la construcción del cómo evaluar la modelación matemática y se desarrolla a través de cinco reuniones presenciales centrales sostenidas con la dirección y el equipo de la entidad.

El hilo de VincuLAB se concentra en la comprensión sobre qué evaluar y del contexto tecnológico de uso de los instrumentos, se desarrolla mediante cinco reuniones con la contraparte académica del proyecto y con los autores originales de los dos diseños didácticos. De manera transversal, ambos hilos se sostienen con trabajo asincrónico permanente que se extiende hasta finales de marzo.

Los siete hitos que componen este momento se presentan a continuación con el ordenamiento anunciado, alternando entre ambos hilos para mostrar cómo la transformación profesional pasante-investigador se produjo en el cruce continuo entre lo formativo y lo disciplinar-tecnológico.

4.3 Hito 1. Empoderamiento Docente: Idea Fuerza y Adopción de Balda

4.3.1 Contexto del hito

Se desarrolla el 15 de septiembre, en visita presencial a la sede de Empoderamiento Docente. En esta reunión se presenta al equipo de la entidad la revisión de literatura, la problemática situada y la intención de trabajar la modelación matemática en el espacio formativo de la entidad Empoderamiento Docente.

El equipo de Empoderamiento Docente confirma que no dispone de insumos de evaluación contruidos para sus diseños de modelación matemática y valora el aporte que la pasantía puede ofrecer en esa dirección.

Durante el mismo encuentro se analizan los diseños de situaciones que Empoderamiento ha desarrollado, los cuales se habían estudiado previamente. Desde la experiencia como docente en ejercicio, y ahora situado como investigador, se plantea que la clave para construir los criterios evaluativos podría estar en los elementos que los propios diseños ya contienen para orientar al docente.

4.3.2 Marco Teórico que emerge

Desde los análisis en conjunto, la Idea Fuerza, presente en cada momento de los diseños de modelación que Empoderamiento Docente dispone, ofrece una guía de qué hay que observar para evaluar. La Idea Fuerza es una categoría operativa propia de las orientaciones didácticas docentes que el equipo de Empoderamiento Docente elabora; condensa cada fase de la situación de la modelación, el aprendizaje sustantivo que se espera que el estudiante construya.

A modo de ejemplo, una de las guías docentes sobre el plano inclinado, una Idea Fuerza se formula cómo: *la forma creciente y cóncava de la distancia recorrida en función del tiempo refleja aceleración; el ángulo influye en la magnitud de la aceleración*. La existencia de esta categoría en los propios diseños constituye un punto de anclaje operativo para el trabajo evaluativo posterior.

El Hito 1 incorpora también un segundo elemento teórico, las fases pedagógicas de Balda (2022). Se constata que los diseños de Empoderamiento Docente que estos se organizan según las cinco fases propuestas por Balda. Es por esto, que la incorporación de este referente al marco teórico no responde a una elección externa, sino una constatación situada; las fases de Balda son el organizador pedagógico de los diseños sobre los cuales se construirán las rúbricas y por tanto, cualquier instrumento evaluativo debe articularse con ellas.

4.3.3 Transformación profesional

La construcción de rúbricas no comienza desde una teoría general aplicada al diseño, sino desde los elementos que el propio diseño ya provee. La Idea Fuerza no es una invención del evaluador; es una huella que el diseñador ya dejó, y el evaluador debe leer.

4.3.4 Decisión que se instala

Se toman dos decisiones operativas, la Idea Fuerza opera como una entrada primaria para la construcción de criterios evaluativos, y las cinco bases de Balda operan como organización pedagógica que estructura la progresión cognitiva esperada en cada situación.

4.4 Hito 2. Dos diseños y sus marcos de referencia

4.4.1 Contexto del hito

De manera paralela al primer encuentro en Empoderamiento Docente, a lo largo de los meses siguientes, se sostienen reuniones con la contraparte académica del proyecto VincuLAB y comienza el trabajo con los autores originales de los dos diseños didácticas sobre los cuales se construyen las rúbricas. Los diseños son los siguientes:

Diseño 1: aborda la función afín a través del contexto de monetización en plataformas digitales.

Diseño 2: aborda las funciones trigonométricas a través de la biomecánica de los ejercicios de fuerza con poleas.

4.4.2 Marco teórico que emerge

El encuentro con los diseños revela que ambos se sustentan en la perspectiva socioepistemológica de modelación escolar propuesta por Méndez (2013, 2022). Este referente no provoca una movilización de los posicionamientos teóricos; esto debido a que Empoderamiento Docente se posiciona en la TSME, y la modelación escolar de Méndez es una elaboración interna a ese cuerpo teórico.

Por tanto, se robustece la articulación entre dos referentes que el Capítulo 3 desarrolla por separado, los tres momentos de Méndez (análisis de la situación, estudio de las variaciones, ajuste y resignificación) y las cinco fases pedagógicas de Balda. En esta experiencia, emerge una posible amenaza que se aborda con una posición crítica y prudente; los diseños que provee VinculAB no están secuenciados en las cinco fases, pero no constituye un obstáculo, porque Méndez y Balda apuntan a dimensiones distintas, el primero a la actividad matemática y el segundo a la organización pedagógica que la acoge.

Esta articulación en ambos planos es importante por el proceso evaluativo posterior en la actividad matemática propia a modelar y la actividad pedagógica que organiza la clase.

4.4.3 Transformación profesional

La transformación en este hito es de carácter disciplinar. Comprender que los dos diseños se sustentan en Méndez dirige a que la mirada evaluativa no sea didáctica y observar si solo se cumple la fase, sino epistemológica, sobre el objeto matemático que se está movilizando, en qué uso y con qué resignificaciones.

En este hito también se asume un rol en el ecosistema VinculAB, las rúbricas que se construyen deben ser claras y teóricamente fundamentadas, porque en el ciclo tecnológico del proyecto, el humano experto es el último validador del agente de inteligencia artificial, y la rúbrica es el insumo que estructurará las retroalimentaciones automatizadas. En este punto, la construcción de las rúbricas se desplaza desde una tarea didáctica hacia una tarea epistémicamente exigente.

4.4.4 Decisión que se instala

La decisión operativa que las rúbricas deberán articular Méndez y Balda en un mismo instrumento. Además, en los propósitos de esta pasantía se reafirma que la rigurosidad académica del instrumento evaluativo no es opcional.

4.5 Hito 3. Empoderamiento Docente: Hacia una estructura escalable

4.5.1 Contexto del hito

El 9 de diciembre se desarrolla la segunda reunión presencial central con el equipo de Empoderamiento Docente. La reunión está dedicada al avance del trabajo de construcción de los instrumentos evaluativos. Se presenta al equipo los elementos teóricos derivados de una revisión bibliográfica sobre lineamientos de Brookhart (2013) para la construcción de rúbricas y se propone comenzar a trazar los lineamientos desde la mirada socioepistemológica que sustenta a la entidad.

4.5.2 Marco teórico que emerge

En este hito, Brookhart (2013) se incorpora formalmente al marco propio del trabajo de pasantía. Sus tres principios:

1. Centrar la rúbrica en el objeto de aprendizaje y no en el cumplimiento de la tarea.
2. Redactar descriptores en lenguaje cualitativo y no en juicios de valor.
3. Mantener una progresión continua entre niveles.

Se constituyen como referencia común para el equipo.

4.5.3 Transformación profesional

En esta reunión se produce lo que se identifica como el principal giro investigativo de la pasantía. La directora general de Empoderamiento Docente, la Dra. Daniela Reyes Gasperini, plantea que el trabajo no puede limitarse a la construcción de rúbricas específicas para los diseños existentes, es necesario buscar una estructura que permita escalar el trabajo y construir otras rúbricas en el futuro.

Esta indicación reorienta la pregunta del trabajo. Ya no se trata únicamente de cómo construir dos rúbricas, sino de cómo construir una forma de construir rúbricas que otros docentes e investigadores puedan replicar en sus propios contextos.

Este es el momento que justifica que el producto final de la pasantía no sea el conjunto de dos rúbricas específicas, sino las orientaciones que se sistematizan en el cierre de este Capítulo. La

transformación profesional que deja instalada este momento heurístico es decisiva, como pasante-investigador el rol no es construir instrumentos evaluativos, sino como un articulador de orientaciones para construirlos.

4.5.4 Decisión que se instala

El Hito 3 deja dos decisiones, por un lado, Brookhart se incorpora como referente evaluativo común, compartido con el equipo de Empoderamiento Docente; por otro lado, el horizonte del trabajo se desplaza a indagar y construir orientaciones escalables. Esta segunda decisión es la que el Hito 6 materializa en el Procedimiento de Funcionalidad Evaluativa.

4.6. Hito 4. Inmersión epistemológica en los diseños

4.6.1 Contexto del hito

Con la decisión de articular Méndez con Balda y Brookhart, se emprende la inmersión epistemológica detallada durante los meses de diciembre y febrero, en diálogo continuo con los autores de cada diseño. La inmersión epistemológica, se refiere a una deconstrucción de los objetivos matemáticos en que cada diseño moviliza, siguiendo la perspectiva de Méndez (2022).

4.6.2 Análisis epistemológico del Diseño 1: Monetización y modelo afín

El diseño sitúa al estudiante frente al fenómeno de la monetización en plataformas digitales a través del personaje de Benjamín, un creador de contenido en TikTok. Desde la perspectiva del dME, la función afín suele presentarse de manera axiomática como $f(x)=mx+b$, un objeto donde la actividad se reduce al cálculo algorítmico de imágenes. El análisis epistemológico de este diseño implica tratar la función afín como modelo dinámico de acumulación y compensación.

Con la perspectiva de modelación escolar de Méndez (2022), el análisis inicia estudiando el espacio de las variables: variables independientes (visitas) y la variable dependiente G (ganancias netas). La situación propone un desafío cognitivo al llevar al estudiante a una interacción con un dominio discreto, donde v pertenece a los números naturales. A través de los incrementos en la simulación, el estudiante analiza las variaciones locales observando la tasa de cambio marginal constante. El diseño promueve que la pendiente m no se reciba como un dato dado, sino que se construya empíricamente al notar que, por cada incremento unitario en las vistas, existe un incremento aditivo constante en las ganancias.

La mayor riqueza de esta problematización reside en la resignificación del intercepto b . Más allá de ser la coordenada $(0,b)$ donde la recta corta el eje de las ordenadas, el valor inicial $G(0)=-150$ adquiere un estatus real en el fenómeno y representa el costo de producción, la inversión inicial

y el déficit. Esta comprensión permite el ajuste y la institucionalización hacia el modelo algebraico continuo $G(v)=4v-150$.

La inmersión matemática revela que el aspecto evaluable no es tabular datos, sino utilizar el álgebra para determinar la raíz de la función $G(v)=0$, lo cual conduce a $v=37,5$. En el contexto de la modelación escolar, la resolución de esta ecuación representa la determinación analítica del punto de equilibrio, esto es, el momento donde la variable independiente logra compensar la pérdida inicial.

Desde este punto emerge la necesidad de construir una herramienta adicional a las que propone el diseño original para experimentar y modelar la covariación de los parámetros de la forma continua. Para ello se desarrolla un simulador-*applet* interactivo que permite estudiar el comportamiento del modelo más allá de los valores discretos del Scratch original.

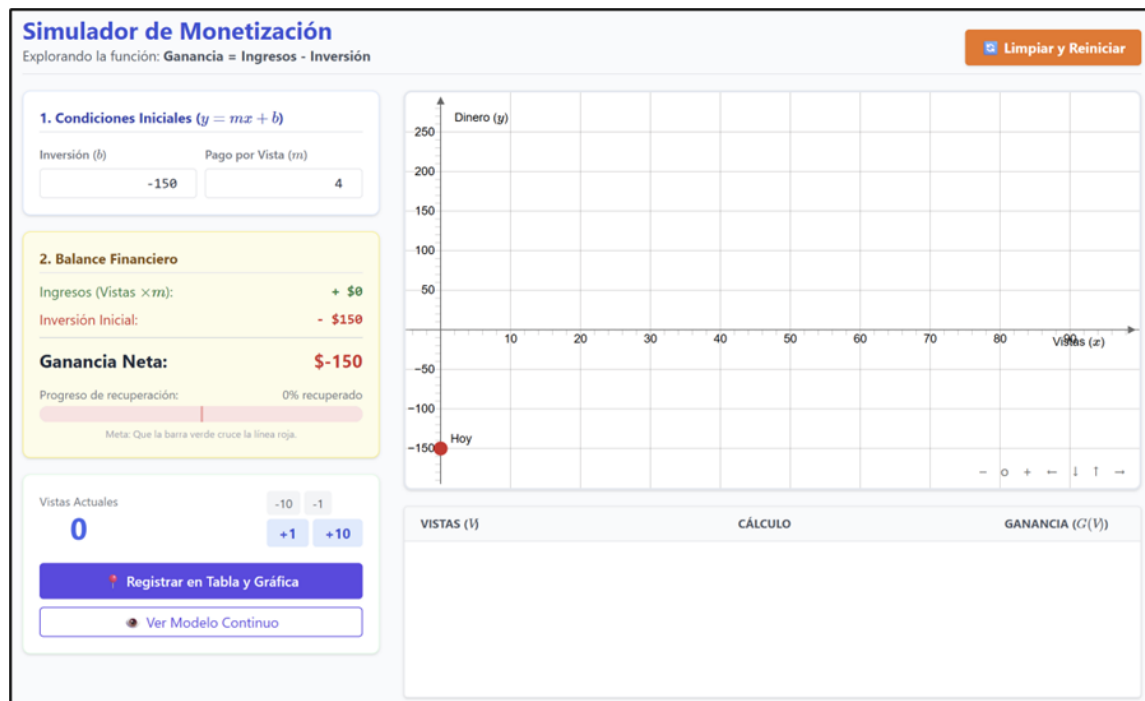


Figura 9: Ejemplo del simulador para manipulación de variables. Elaboración propia.

Este simulador permite manipular dinámicamente la tasa de monetización m y el costo de producción b , y evidencia, al enfrentar el modelo base con escenarios alternativos, que la rentabilidad de una opción sobre otra es relativa y depende del dominio proyectado.



Figura 10: El uso para la comprensión con el applet. Elaboración propia.

Al observar la gráfica general y calcular la intersección de ambas rectas se aprecia cómo la función afín provee una herramienta predictiva para la toma de decisiones.

4.6.3 Análisis epistemológico del Diseño 2: Biomecánica y funciones trigonométricas

El diseño sitúa la modelación matemática en el contexto de la cultura fitness, específicamente en la biomecánica de los ejercicios de fuerza con poleas. Si bien la articulación de los momentos de la situación didáctica se sustenta en la modelación escolar de Méndez (2022), el análisis y la profundidad epistemológica del objeto matemático tratado, las funciones seno y coseno, se fundamenta en las investigaciones socioepistemológica de Gisela Montiel (2011) sobre la construcción social del conocimiento trigonométrico.

Desde el dME, la trigonometría suele enseñarse desde una postura geométrica estática, encapsulada en el triángulo rectángulo y restringida al primer cuadrante. La inmersión en este diseño promueve una ruptura con dicha estaticidad y proporciona las condiciones para resignificar la razón trigonométrica hacia la función trigonométrica, asumiendo como un modelo continuo para el análisis de la distribución espacial de fuerzas.

El primer obstáculo epistemológico del diseño radica en la interpretación de los valores angulares negativos y mayores a 90° . Siguiendo los postulados de Montiel (2011) respecto a la transición hacia el círculo trigonométrico, el diseño fuerza la comprensión de que, en un sistema de referencia vectorial, el signo no altera la magnitud de la tensión física, la cual es invariante, sino que determina el sentido de la componente de fuerza en el espacio.

Al estudiar las variaciones globales del movimiento del cable de la polea, se evidencia que el fenómeno no es de crecimiento lineal, sino cíclico. Las componentes horizontal y vertical de la fuerza F_x y F_y , alcanzan ceros y máximos que se repiten indefinidamente. Esta confirmación permite que el estudiante abandone la geometría finita del triángulo y se sitúe en el análisis de la periodicidad, justificando por qué existen múltiples posturas o soluciones angulares que generan el mismo impacto muscular.

La estructura central del modelo matemático propuesto obedece a las funciones continuas $F_x = F \cdot \cos(\alpha + d)$ y $F_y = F \cdot \sin(\alpha + d)$. Para evaluar cómo un estudiante utiliza este modelo es necesario resignificar lo covaracional de sus parámetros. La amplitud F representa el peso físico o carga levantada, y desde lo matemático, opera como un factor de dilatación vertical a la curva; escala la intensidad del esfuerzo, pero mantiene invariantes los ceros de la función. El desfase d representa el error de ejecución técnica o mala postura del deportista y, geométricamente, genera una traslación horizontal de la curva alterando los puntos críticos de máxima y mínima tensión muscular.

La comprensión simultánea de estas dos transformaciones, dilatación vertical y traslación horizontal resulta exigente. Para capturar esta covariación y establecer criterios de desempeño fue necesario desarrollar un andamiaje tecnológico propio, dos *applets* que se presentan a continuación.

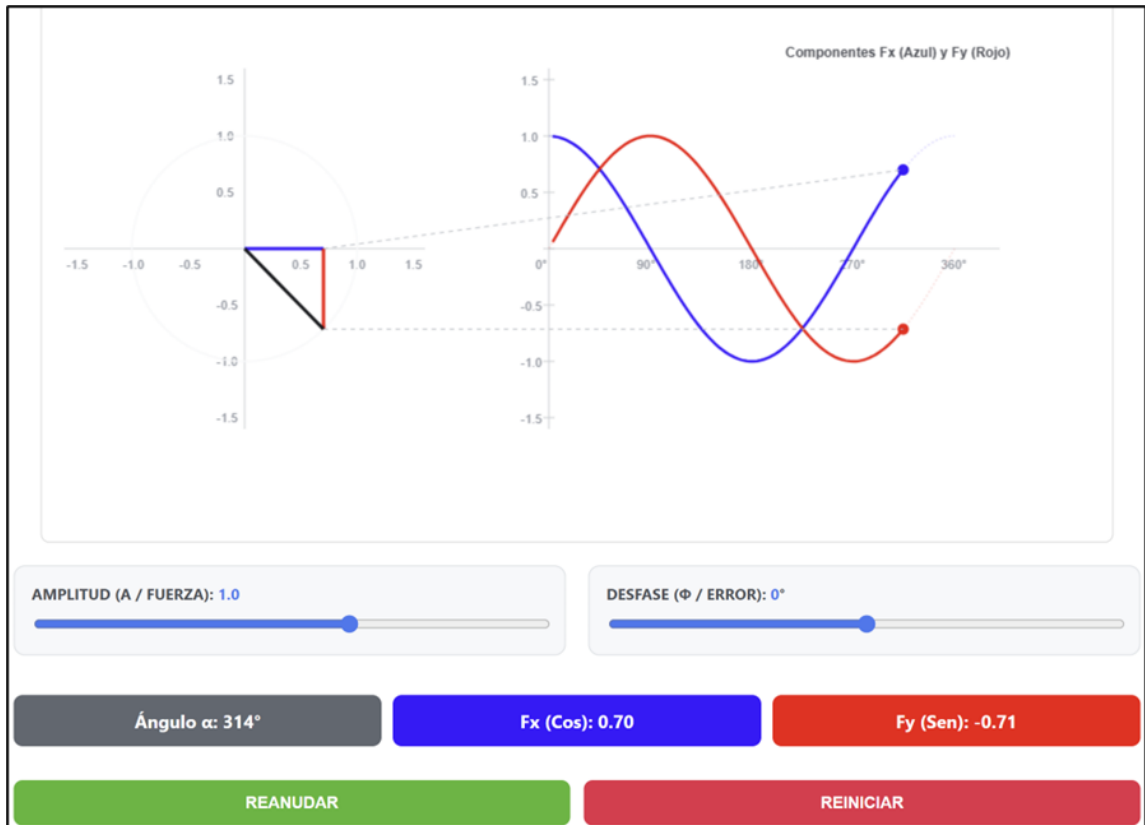


Figura 11: Applet para representación de la curva trigonométrica en contexto. Elaboración propia.

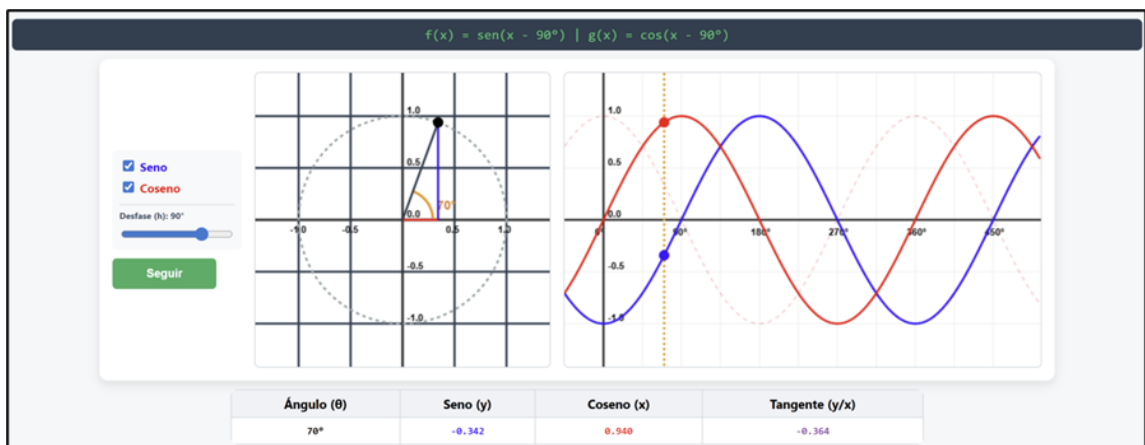


Figura 12: Applet para representación de la curva trigonométrica. Elaboración propia.

Estos applets vinculan la representación fenomenológica, la polea con los vectores de tensión, con la gráfica cartesiana; de esta manera se evidencia visual y algebraicamente cómo la modificación de la amplitud estira la onda y cómo el desfase la desplaza.

4.6.4 Marco teórico que emerge

La inmersión en el Diseño 2 incorpora un referente que no estaba inicialmente previsto, Montiel (2011) y su elaboración epistemológica sobre la construcción del conocimiento trigonométrico. Esta incorporación obedece a una decisión de robustecer este hilo, cada diseño moviliza un objeto matemático específico, y la dimensión epistemológica del trabajo evaluativo no puede sostenerse en un único referente. Méndez ofrece el marco general de la modelación escolar, pero el análisis del objeto matemático puede requerir referentes específicos. Cordero (2006) sobre el conocimiento en uso para el Diseño 1 y Montiel (2011) en la transición de razón a función trigonométrica para el Diseño 2.

4.6.5 Transformación profesional

Este hito instala una convicción metodológica que será central para el resto del recorrido: no es posible evaluar la modelación matemática sin haber vivido el proceso de modelar. La construcción de los simuladores responde a una condición epistemológica del trabajo evaluativo. Sin esa inmersión, reconstruir el modelo, manipular los parámetros, anticipar sus comportamientos, dificulta la redacción de descriptores que capturen los tránsitos cognitivos del estudiante.

La transformación profesional en este hito puede formularse así: el evaluador de la modelación matemática debe ser también, momentáneamente, un modelador.

4.6.6. Decisión que se instala

Como decisión operativa, se deja instalada la inmersión epistemológica como paso previo no negociable a la construcción de cualquier rúbrica. Como aporte derivado, los applets construidos son posteriormente utilizados por los autores originales, lo que constituye un aporte recíproco, en este sentido, el trabajo evaluativo no sólo consume insumos de los diseñadores, también les devuelve herramientas.

4.7 Hito 5. Bosquejos de rúbrica y la experimentación

4.7.1 Contexto del hito

El 16 de diciembre se desarrolla la tercera reunión presencial central, esta vez en la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación junto a Daniela Reyes Gasperini e Iván Pérez Vera, quién además de su rol en Empoderamiento Docente se desempeña como docente en esa universidad. En este encuentro se presentan dos versiones sucesivas de rúbrica, elaboradas como bases para problematizar el tránsito desde lo observable en el proceso de modelación hacia criterios evaluativos formulados.

4.7.2 Versión 1: rúbrica organizada por las cinco fases de Balda

La primera versión, organizada por las cinco fases pedagógicas de Balda (2022), planteaba niveles de logro generales en un lenguaje simple. La intención de este trabajo es ofrecer orientaciones legibles sobre qué observar en cada fase, aunque con descriptores aún cercanos al juicio de valor más que a la descripción cualitativa exigida por Brookhart. La tabla siguiente reproduce la versión presentada en la reunión.

Tabla 5: Bosquejo de rúbrica para las fases de Balda. Elaboración propia.

Etapas	Nivel 1: no logrado	Nivel 2: Por lograr	Nivel 3: Medianamente logrado	Nivel 4: Logrado
1. Introducción	Ve el problema como algo ajeno o aburrido. No opina.	Responde "sí/no" sobre su experiencia. Opina sin argumentos.	Cuenta una historia personal relacionada, pero superficial.	Se apropia del problema. Argumenta por qué es vital resolverlo.
2. Exploración	No encuentra la información o inventa datos.	Copia datos sin saber para qué sirven.	Ordena los datos útiles, pero le cuesta interpretarlos.	Clasifica datos y detecta a ojo el comportamiento matemático.
3. Procedimental	Adivina resultados o indica no saber. Acepta lo que digan otros.	Predice sin lógica clara. Usa argumentos de autoridad.	Anticipa resultados con lógica. Argumenta, pero le faltan detalles.	Anticipa qué pasará usando variables. Convince a sus pares.

4. Consolidación	No puede aplicar lo visto a nada nuevo.	Solo resuelve si el ejercicio es idéntico al de clase.	Aplica el modelo a casos parecidos. Define qué es.	Usa el modelo en contextos nuevos. Define cómo funciona.
5. Ejercitación	No sabe qué operación usar.	Calcula de memoria sin entender. Se equivoca si le cambian algo.	Calcula bien, pero le cuesta explicar el porqué de los pasos.	Calcula con destreza y explica por qué el algoritmo funciona.

Tabla. Rúbrica versión 1, organizada por las cinco fases de Balda (2022). Elaboración propia.

4.7.3 Versión 2: subcriterios desglosados por fase

La segunda versión profundizó el ejercicio, se desglosa cada fase de Balda en subcriterios específicos derivados de los objetos pedagógicos en cada momento, lo que permitió mayor gradualidad descriptiva, pero introdujo simultáneamente la pregunta sobre el límite entre lo descriptivo y lo prescriptivo en la redacción de rúbricas.

La versión 2, presentada al equipo durante la misma reunión, separa cada fase entre dos y tres subcriterios distintos. A modo de ejemplo, la fase de Exploración se desglosa en tres subcriterios: gestión y organización de la información, lectura e interpretación de datos y acercamiento intuitivo al objeto matemático. Esta versión completa se anexa al presente escrito y la siguiente tabla reproduce el desglose de la fase de introducción.

Tabla 6: Bosquejo 2 de rúbrica para las fases de Balda. Elaboración propia.

Criterio	No logrado	Por lograr	Medianamente logrado	Logrado
Vinculación experiencial con el contexto	El estudiante no identifica el contexto presentado o lo rechaza como ajeno, sin aportar respuestas sobre experiencias previas.	El estudiante reconoce el contexto de forma literal, respondiendo monosílabos sobre su experiencia sin describir situaciones concretas.	El estudiante describe una experiencia personal o cercana relacionada con el contexto, estableciendo un vínculo descriptivo pero anecdótico.	El estudiante establece un vínculo profundo, relacionando sus vivencias con la situación planteada y reconociendo el escenario como un espacio de uso real.
Postura crítica y reconocimiento del interés	No manifiesta opinión ni interés, o sus comentarios no tienen relación con la situación detonante presentada.	Expresa una opinión genérica sin argumentos que la sustenten o sin denotar empatía.	Toma una postura clara basada en la información presentada, intentando explicar por qué el tema podría ser relevante, aunque sus argumentos son superficiales.	Asume una postura crítica y empática. Argumenta con solidez por qué la situación es relevante para su vida o la sociedad, demostrando disposición para problematizar el saber.

4.7.4 Marco teórico que emerge

La discusión con el Dr(c) Iván Pérez aportó al recorrido dos elementos teóricos centrales. El primero, una observación sobre la condición de posibilidad de toda construcción evaluativa no es posible evaluar una situación de modelación matemática sin haber experimentado el proceso, sin haberlo vivido como modelar, porque solo así es posible identificar qué se espera resignificar en cada momento. Esta observación refuerza una sospecha que se venía sosteniendo desde el Hito 4, una de las orientaciones centrales del trabajo evaluativo es vivir el proceso de modelación o, en su defecto, tener acceso directo a la apreciación de quién diseñó la situación.

El segundo elemento es de naturaleza conceptual, el investigador planteó que el ejercicio de construcción podría requerir lo que denominó una rúbrica de la rúbrica, distinguiendo entre una dimensión epistemológica, anterior a la experimentación, y una dimensión post-experimental, esta idea, sin formalizarse, quedó instalada como una intuición a desarrollar.

De la reunión se desprende además cinco apreciaciones sobre las fases de Balda que alimentan las orientaciones en construcción:

1. La profundización en las variables.
2. Los sistemas de referencia para la experimentación.
3. El tránsito por distintos modelos y registros.
4. La primacía del objeto matemático en discusión como fenómeno.
5. La conexión con problemas escolares

4.7.5 Transformación profesional

Desde el rol pasante-investigador y el equipo de Empoderamiento Docente, se posicionan como exploradores en un campo abierto. Desde su experiencia, Iván Pérez aporta sus intentos previos de concretar una evaluación y guía para desglosar cuáles son las acciones que en cada etapa de Balda es importante observar y evaluar; en la exploración se deben ordenar los datos y es fundamental experimentar; la inmersión promueve los demás procesos en las etapas siguientes. También, se plantea que es transversal hacer el recorrido por distintas representaciones; experimental, digital, pictórica, algebraica y numérica.

Este hito permite profundizar la idea que la evaluación no se construye en soledad, sino es un acuerdo que el equipo elabora a partir de las experiencias con los diseños.

4.7.6 Decisión que se instala

El hito 5 deja dos decisiones encadenadas. La primera, la experimentación del diseño por parte del evaluador es una condición previa al trabajo evaluativo. La segunda, una posibilidad, la rúbrica debe construirse a partir de los criterios funcionales que emergen del objeto matemático específico de cada diseño. La forma de articular ambos planos, pedagógico y epistemológico, se materializa en el hito 6.

4.8 Hito 6. Convergencia: defensas de tesis y el Modelo de Funcionalidad Evaluativa

4.8.1 Contexto del hito

El hito 6 se posiciona en dos instancias temporalmente cercanas que se articulan en un mismo proceso de transformación. La primera, el 6 de enero, corresponde a la observación participante en las presentaciones previas de las defensas de seis tesis de pregrado dirigidas por el Docente, Iván Pérez. La segunda, el 29 de enero, en las oficinas de Empoderamiento Docente en el cual se presenta la primera formulación para sistematizar la construcción de rúbricas.

Las seis tesis observadas pertenecen a estudiantes que diseñaron, experimentaron e implementaron en contextos escolares situaciones de modelación matemática. Donde, en un posicionamiento de observador, permite seguir el tránsito que los estudiantes experimentan al modelar y dialogar directamente con los autores de los diseños sobre lo que cada situación busca resignificar.

En una reunión posterior con el investigador y docente, las conclusiones de la observación de consolidan, los diseños deben ser experimentados antes de ser evaluados; los criterios se dirigen a la variedad de modelos y su representación en distintos registros; en toda situación de modelación matemática existe un fenómeno base, y es necesario definir cuáles son los significados asociados a ese fenómeno y quienes los viven; y cuáles son las resignificaciones esperadas y quienes las experimentan.

4.8.2 Marco teórico que emerge

El 29 de enero estuvo dedicado a la naturaleza funcional del conocimiento matemático que se moviliza en los diseños. Está establecido lo teórico de Brookhart (2013) y la inquietud de articular una propuesta operativa sobre orientaciones escalares para la construcción de rúbrica. Es aquí cuando emerge la primera formulación del Procedimiento de Funcionalidad Evaluativa (PFE), una propuesta para articular las dimensiones epistemológicas, pedagógicas y evaluativas

desarrolladas en el Capítulo 3 al servicio de la construcción de los criterios y descriptores de una rúbrica para situaciones de modelación matemática.

Es importante precisar el origen de esta formulación, porque condiciona su alcance. El PFE no se propone como una teoría general de la evaluación ni pretende competir con los marcos que estudian la redacción de criterios; surge como respuesta a una necesidad situada de quién construye las rúbricas de modelación desde la experiencia como un profesor de Matemática. Al construir rúbricas en el aula, el docente realiza de manera tácita una operación que no necesariamente se explicita, esto es, transformar el saber matemático enunciado en forma estática, en una descripción de aquello que el estudiante hace observable con el saber.

El PFE es el intento de sistematizar y hacer comunicable esa operación cotidiana, de modo que puede ser revisado, discutido y reutilizado por otros. En esa medida, atiende a un contexto concreto, los diseños de la pasantía y el problema de evaluarlos.

El PFE asume un punto de partida que emerge directamente del Hito 1: la Idea Fuerza presente en las orientaciones didácticas de cada situación de modelación matemática del formato de Empoderamiento Docente. Desde esa entrada, organiza el tránsito desde el saber matemático hasta los componentes de la rúbrica, en tres fases consecutivas que se presentan a continuación

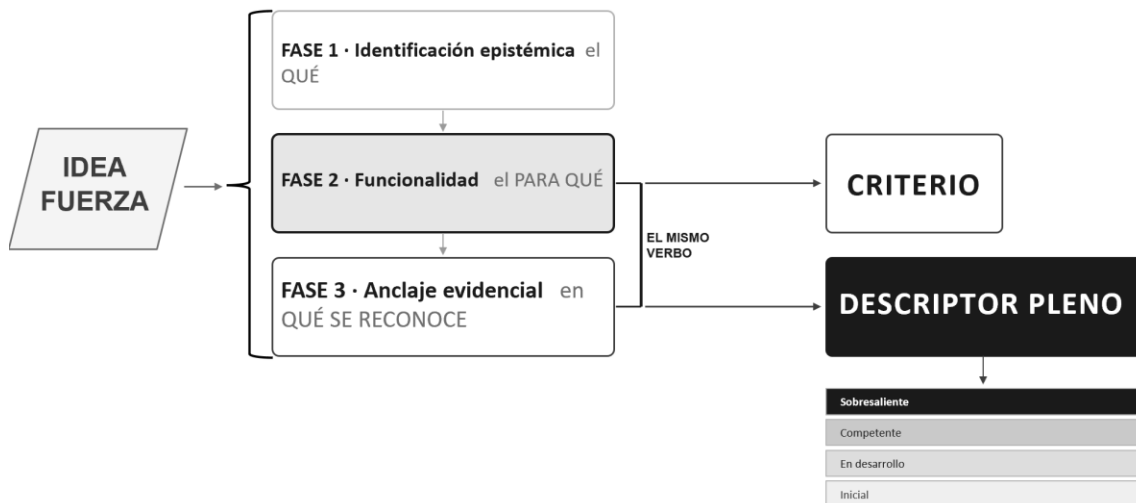


Figura 13: Esquema de articulador y de uso para el PFE. Elaboración propia.

- Fase 1 - Identificación Epistémica - El Qué: Se identifica el objeto matemático tal como está en la teoría o en el currículum, en su forma sustantiva y estática. La entrada es la Idea Fuerza original presente en el diseño didáctico y el estado del conocimiento en esta fase corresponde a un saber sustantivo.
- Fase 2 – Funcionalidad - Para qué: El docente o el constructor de la rúbrica se pregunta, en esta actividad de modelación matemática ¿cuál es la función de este objeto matemático? El proceso consiste en una verbalización, el sustantivo identificado en la Fase 1 en un verbo de acción cognitiva que describe lo que el estudiante hace con el saber para resolver el problema. Este verbo es el núcleo del criterio de la rúbrica.
- Fase 3 - Anclaje Evidencial - En qué se reconoce: Se determina en qué se reconoce que esa acción cognitiva efectivamente ocurrió, la huella observable que deja en la producción del estudiante, según los lineamientos de Brookhart (2013). La salida es el descriptor del desempeño pleno, que constituye el nivel superior del criterio.

Las tres fases producen en conjunto dos piezas de la rúbrica que comparten un mismo núcleo, el verbo cognitivo que emerge en la Fase 2. Al nominalizarse, el verbo constituye el criterio, el título de la fila, que enuncia qué se evalúa, luego en la Fase 3, el mismo verbo constituye el descriptor del desempeño pleno, el nivel superior de la columna de niveles. De esa manera se plantea que el Criterio y descriptor pleno son co-originarios que nacen de la misma funcionalidad. Así, el verbo habita dos lugares de una misma fila, condensando en el criterio y desplegando en el descriptor.

Es importante precisar que el PFE no produce los cuatro niveles de desempeño de la rúbrica. Los niveles inferiores (Competente, en Desarrollo, Inicial) se obtienen por degradación cualitativa de ese descriptor del desempeño pleno, según las orientaciones de progresión de Brookhart (2013), que examina qué aparte de la acción está ausente, cuál es parcial y cuál se logra.

Se presentan dos ejemplos para dar a conocer la tríada en uso

Tabla 7: Ejemplo de aplicación del MFE. Elaboración propia.

Idea Fuerza (Fase 1 - saber sustantivo)	Funcionalidad / taxonomía (Fase 2 - verbo)	Criterio (Verbo nominalizado)	Descriptor pleno (Fase 3 - en qué se reconoce)
Tabla, gráfica y fórmulas son representaciones del mismo objeto.	Articular/ Integrar	Articulación de representaciones.	El estudiante articula los tres registros explicando cómo un dato de la tabla justifica la forma de la gráfica.
La pendiente indica la velocidad de crecimiento.	Interpretar/Resignificar.	Interpretación funcional del parámetro.	El estudiante interpreta el valor número de la pendiente como una tasa de ganancia por visitas en su argumento.

4.8.3 Transformación profesional

La formulación del PFE consolida una transformación profesional que se venía gestando desde el Hito 3. Se deja de pensar en términos de qué descriptor se redacta en cada fase y se comienza a pensar en términos de qué operación cognitiva concreta despliega el saber matemático en esta actividad.

El PFE no es un instrumento, es una operación analítica que el evaluador realiza para producir el instrumento. Una sistematización de una práctica que el docente ya ejerce constituye también un gesto de empoderamiento docente, porque convierte un saber-hacer personal en un procedimiento explícito, revisable y transferible.

4.9 Hito 7. Propuestas de rúbrica

4.9.1 Contexto del Hito

El Hito 7 corresponde a la construcción de las rúbricas finales para los dos diseños de modelación de proyecto y constituye el punto de convergencia de todo el recorrido del Momento 2, integra la inmersión epistemológica en cada fenómeno (Hito 4), la determinación de criterios y articulación con las fases de Balda (Hito 5) y la operación de Funcionalidad sistematizada en el PFE (Hito 6). Las dos rúbricas que se presentan a continuación no son, por tanto, un producto aislado.

4.9.2 Rúbrica del Diseño 1: monetización y función afín

La rúbrica del Diseño 1 articula cinco criterios funcionales derivados del análisis epistemológico del fenómeno de monetización y de aplicación del PFE. Cada criterio captura una operación cognitiva específica que el diseño moviliza y que el evaluador debe poder identificar en la producción del estudiante. Las fases de Balda asociadas a cada criterio se indican entre paréntesis en la primera columna como referencia del momento del recorrido didáctico en que se espera observar la evidencia.

Tabla 8: Rúbrica para Diseño 1. Elaboración propia.

Criterio	Inicial	En desarrollo	Competente	Sobresaliente
Identificación y articulación de la dependencia funcional (Fases 1–2 de Balda)	El estudiante busca aplicar operaciones aritméticas al azar con los números que observa. No logra conceptualizar que las ganancias dependen sistemáticamente del flujo de vistas del video.	El estudiante percibe la dependencia, pero su razonamiento es episódico. Reconoce que más vistas es más dinero, pero no concibe que esta relación posea una estructura matemática modelable.	El estudiante define claramente la variable independiente (vistas) y la dependiente (ganancia). Hipotetiza una covariación directa y asume que debe existir una regla de correspondencia que rige este fenómeno.	El estudiante problematiza el fenómeno: no solo define la covariación, sino que cuestiona los límites del contexto y formula preguntas sobre las condiciones del fenómeno antes de manipular el simulador.

Argumentación de la covariación empírica y el estado inicial (Fases 2–3)	El estudiante manipula el simulador mecánicamente. Observa los valores negativos, pero los interpreta como errores o números con un menos, sin otorgarles estatus ontológico en el contexto.	El estudiante asocia los valores negativos con una deuda, pero no logra explicar cómo el flujo continuo de la variable independiente va compensando esta pérdida inicial de forma gradual.	El estudiante argumenta el patrón de adaptación: explica que el sistema inicia en un estado de déficit (costo de producción) y que la acumulación iterativa de interacciones empuja el valor dependiente hacia la positividad.	El estudiante anticipa el punto de equilibrio antes de calcularlo. Argumenta empíricamente que la transición de negativo a positivo en la simulación es la evidencia de la intersección con el eje de las abscisas.
Extracción y significación paramétrica desde múltiples representaciones (Fase 4)	El estudiante lee datos aislados en la tabla o gráfica. No logra identificar el ritmo de cambio ni comprende qué representa el punto de corte en el eje de las ordenadas (el intercepto).	El estudiante identifica el valor de intersección (costo inicial), pero tiene dificultades para abstraer la razón de cambio. Nota que el dinero sube, pero no cuantifica la constante de proporcionalidad marginal.	El estudiante distingue y coordina las dos cualidades esenciales del modelo afín: extrae el intercepto como el costo fijo y calcula la pendiente demostrando que, por cada incremento unitario en X, hay un incremento constante en Y.	El estudiante demuestra dominio representacional. Argumenta que la inclinación geométrica de la recta y la diferencia aritmética constante en la tabla son representaciones exactas de la misma cualidad: la tasa de monetización.

Construcción y validación predictiva del modelo algebraico (Fase 4 y entrada a 5)	El estudiante intenta ensamblar una ecuación colocando letras y números al azar o sin coherencia estructural, demostrando una adherencia a la repetición de fórmulas vacías propias del discurso escolar tradicional.	El estudiante construye la expresión algebraica basándose en patrones visuales (coordinando la tabla), pero duda de su validez analítica y no logra utilizarla sistemáticamente para predecir con exactitud valores fuera del rango visible.	El estudiante institucionaliza la función, por ejemplo $G(v) = 4v - 150$ (notación que el propio diseño introduce). Demuestra que esta abstracción funciona para calcular ganancias a futuro y validar el momento exacto de la recuperación de la inversión (cuando $G(v) = 0$).	El estudiante defiende la invarianza del modelo matemático. Argumenta analíticamente por qué la regla afín es válida en todo su dominio, consolidando su poder predictivo sobre la situación y desligándose por completo de la necesidad de usar la simulación empírica o el conteo en la tabla.
Transferencia del modelo para la argumentación comparativa y selección (Fase 5)	El estudiante trata el caso de Isabela como un ejercicio nuevo y desconectado. No compara las dos funciones ni fundamenta una decisión sobre cuál conviene.	El estudiante logra extraer la función de Isabela, pero su comparación es superficial. No logra visualizar cómo las rectas interactúan o se cruzan proyectivamente.	El estudiante contrasta ambos modelos. Concluye acertadamente sobre las diferencias en el riesgo inicial y la ganancia marginal, identificando ventajas.	El estudiante ejecuta una argumentación de selección fundada en el modelo: determina no solo las diferencias estructurales, sino que define matemáticamente el punto

			relativas en cada caso.	exacto (intersección de ambas rectas) a partir del cual un modelo supera al otro en rentabilidad, validando la función afín como herramienta de toma de decisiones.
--	--	--	-------------------------	---

Tabla. Rúbrica final del Diseño 1: ¿Cómo puede el contexto de la monetización de plataformas digitales favorecer la comprensión del modelo de función afín?. Elaboración propia.

4.9.3 Rúbrica del Diseño 2: biomecánica y funciones trigonométricas

La rúbrica del Diseño 2 articula tres criterios funcionales derivados del análisis epistemológico del fenómeno biomecánico y de la aplicación del PFE, toma como referente epistemológico específico el marco de la socioepistemología de Montiel (2011) sobre la construcción del conocimiento trigonométrico. La elección de tres criterios en lugar de cinco no es arbitraria, sino que refleja la estructura propia de diseño y del objeto matemático en acción; la transición desde la razón trigonométrica geométrica hacia la función trigonométrica continua organiza la actividad cognitiva del estudiante en tres tránsitos centrales; problematización del modelo, conjeturas gráficas y consolidación predictiva. Las fases de Balda asociadas se indican entre paréntesis en la primera columna.

Tabla 9: Rúbrica para diseño 2. Elaboración propia.

Criterio	Inicial	En desarrollo	Competente	Sobresaliente
Problematización y patrones de adaptación (Fases 1–3 de Balda)	El estudiante aborda el problema de manera algorítmica y mecanicista. Intenta sustituir valores en fórmulas (por ejemplo, $F \cdot \cos \alpha$) aisladas de su significado biomecánico, sin lograr adaptar las variables físicas a un modelo que permita la visualización o el análisis.	El estudiante asocia algunas variables físicas (peso, ángulo) con representaciones matemáticas, pero asume el modelo como estático. Logra representar estados aislados, pero presenta dificultades para adaptar sistémicamente las condiciones (como el desfase) de manera que permitan una comparación dinámica.	El estudiante adapta el fenómeno físico al sistema de representación gráfico, identificando funcionalmente cómo interactúan las variables (ángulo, peso, desfase). Construye un modelo dinámico que le permite observar cómo la alteración de la postura modifica los componentes de fuerza.	El estudiante resignifica el fenómeno físico mediante una adaptación profunda de las variables al modelo matemático. Demuestra una comprensión estructural de cómo las alteraciones corporales (desfase) se traducen geométrica y algebraicamente, creando un escenario adecuado para la simulación y la toma de decisiones.
Conjetura y distinción de cualidades mediante modelación-graficación (Fase 4)	El estudiante describe características superficiales o puntos aislados de las gráficas sin percibir la	El estudiante reconoce diferencias visuales entre las gráficas (cruces, alturas), pero	El estudiante distingue cualidades críticas entre los estados (ejecución correcta vs.	El estudiante formula conjeturas robustas y predictivas utilizando las representaciones

	covariación. No logra distinguir la diferencia de impacto físico entre la gráfica de la ejecución correcta y la de la ejecución con desfase.	sus conjeturas carecen de fundamentación covariacional. La distinción entre estados se queda en el nivel geométrico, sin lograr vincular cómo ese cambio gráfico afecta el esfuerzo muscular.	ejecución con desfase) analizando la variación continua de la gráfica. Utiliza la modelación-graficación para formular conjeturas sobre cómo el desplazamiento de la curva (desfase) altera la distribución de la fuerza y el esfuerzo biomecánico a lo largo del movimiento.	s gráficas como base argumentativa. Relaciona la variación visual (amplitud, periodo, traslación) con el comportamiento físico del cuerpo, demostrando que comprende la función como un modelo del cambio continuo del esfuerzo y no solo como una curva dibujada.
Consolidación e institucionalización: identificación de lo estable para la selección (Fase 5)	El estudiante selecciona el ángulo o configuración basándose en intuiciones físicas empíricas o azar, abandonando el modelo matemático. No se evidencia el uso de la	El estudiante selecciona una configuración apoyándose en un cálculo puntual o un valor específico máximo, pero sin reconocer el comportamiento estructural de la función. Su decisión es local y no refleja	El estudiante argumenta su selección del ejercicio más adecuado identificando el comportamiento estable de la función trigonométrica. Reconoce las zonas de máxima eficacia y mínima	El estudiante institucionaliza el modelo trigonométrico como una herramienta predictiva. Argumenta su selección evidenciando que la invariabilidad de la función frente a condiciones

	matemática como herramienta de validación o decisión.	comprensión de una regla general o comportamiento estable.	pérdida de fuerza, utilizando las propiedades periódicas del modelo para justificar por qué una postura es biomecánicamente superior a otra.	de borde permite proyectar escenarios con menor riesgo postural, consolidando el uso de la matemática como instrumento de decisión.
--	---	--	--	---

Tabla. Rúbrica final del Diseño 2: ¿Cómo influye el ángulo en el que realizamos ejercicios de fuerza con poleas en nuestro cuerpo?. Elaboración propia.

4.9.4 Transformación profesional

La construcción de las rúbricas finales completa el recorrido del Momento 2. La transformación profesional que deja instalada es de orden integrador; las rúbricas no son la suma de descriptores aislados, sino el resultado articulación de un proceso de inmersión epistemológica, de identificación funcional y de redacción descriptiva. La distancia entre la versión inicial presentada en el Hito 5 y las rúbricas finales presentadas en este hito no solo son cuantitativas al tener más detalle y gradualidad; es cualitativa, con otra mirada, otro análisis y otra clase de criterios.

4.10 Síntesis: Orientaciones para la construcción de rúbricas de modelación matemática escolar

El recorrido de los siete hitos permite sistematizar, como producto de la pasantía, un conjunto de orientaciones para la construcción de rúbricas destinadas a evaluar situaciones de modelación matemática escolar desde una perspectiva socioepistemológica. Estas orientaciones no constituyen una receta ni un protocolo cerrado; ofrece, un conjunto de principios derivados del recorrido, articulado con las dimensiones desarrolladas en el Capítulo 3, que docentes e investigadores pueden adaptar a sus propios contextos y diseños.

Las orientaciones presentan una numeración y enunciado inicial para facilitar su recuperación operativa. Cada una se caracteriza por su justificación y derivado del recorrido.

Orientación 1. Identificar la Idea Fuerza

La construcción de una rúbrica para una situación de modelación matemática debe iniciar por la identificación, en las orientaciones didácticas del diseño, de las Ideas Fuerza que el diseñador ha formulado para cada momento de la situación. Este componente condensa el aprendizaje sustantivo esperado y constituye el insumo primario sobre el cual operará el resto del proceso evaluativo. Esta orientación deriva del Hito 1 y reconoce que el evaluador no inventa el criterio, lo lee en la huella dejada por el diseñador.

Orientación 2. Vivir el proceso de modelación antes de evaluarlo

La construcción de criterios evaluativos rigurosos requiere que el evaluador haya transitado el proceso de modelación como modelador. La experimentación previa con el diseño permite reconstruir los modelos, manipular los parámetros, anticipar los comportamientos. Esto posibilita la redacción de descriptores que capturen tránsitos cognitivos reales. Cuando esta experimentación directa no es posible, es necesario tener acceso al criterio de los autores originales del diseño. Esta orientación deriva del Hito 5 y se reafirma en el Hito 6.

Orientación 3: Realizar una inmersión epistemológica en el diseño

Cada diseño de modelación moviliza uno o más objetos matemáticos específicos, cuya naturaleza y formas de uso deben ser analizadas en profundidad antes de redactar descriptores. Esta inmersión epistemológica en el sentido propuesto por Méndez (2022), permite distinguir entre el dominio discreto de la actividad inicial del estudiante y el dominio continuo del modelo institucionalizado, entre la razón estática y la función dinámica, entre el parámetro algebraico y el valor que adquiere el sentido del fenómeno. Sin esta inmersión, los descriptores se reducen a etiquetas. Esta Orientación deriva del Hito 4.

Orientación 4. Articular la dimensión epistemológica con referentes específicos al objeto matemático

La dimensión epistemológica del trabajo evaluativo no se sostiene en un único referente teórico; se enriquece de manera situada según el objeto matemático del diseño. Para la función afín en uso, el referente puede ser Cordero (2006); para la transición de la razón a la función trigonométrica, Montiel (2011); para otro objeto, los referentes que la TSME haya desarrollado al respecto. Esta pluralidad no debilita el marco, lo precisa. Esta orientación deriva del Hito 4 y dialoga con el apartado 3.1 del Capítulo 3.

Orientación 5. Adoptar las fases de Balda como organizador pedagógico

Las cinco fases pedagógicas propuestas por Balda (2022) ofrecen un organizador común y compatible con la diversidad de diseños socioepistemológicos. Estas fases no pretenden imponer una secuencia rígida; ofrecen un mapa de progresión cognitiva que permite ubicar, para cada criterio evaluativo, en qué momento del recorrido didáctico se espera observar. Adoptar a Balda no significa que la rúbrica se organice por fases; significa que cada criterio puede ser situado en el momento de balda donde su evidencia es pertinente. Esta orientación deriva del Hito 1 y dialoga con el apartado 3.2.2 del Capítulo 3.

Orientación 6. Aplicar el Modelo de Funcionalidad Evaluativa para producir descriptores observables.

La transición desde la Idea Fuerza hasta los componentes de la rúbrica se realiza mediante una operación en tres fases:

1. Identificación epistémica - el Qué.
2. Funcionalidad - el Para qué.
3. Anclaje evidencial - en Qué se Reconoce.

El núcleo de esta operación es la verbalización del saber sustantivo en una acción cognitiva específica que el estudiante despliega ante el problema. De este verbo cognitivo, nacen simultáneamente dos componentes:

1. El criterio, como título de la fila, que enuncia qué se evalúa.
2. El descriptor pleno, que ancla el nivel superior.

Sin esta verbalización, los criterios tienden a quedarse en el enunciado del objeto matemático en lugar de la actividad del estudiante con ese objeto. Los niveles inferiores no se obtienen del PFE, sino graduando el ancla por degradación cualitativa.

Orientación 7. Redactar descriptores en lenguaje cualitativo progresivo

Los niveles de desempeño deben formularse en lenguaje descriptivo, no en juicios de valor. Las descripciones deben mostrar cómo se ve un trabajo en cada nivel y mantener un paralelismo que permita reconocer, a lo largo de los niveles, el mismo rasgo de desempeño con grados crecientes de complejidad, profundidad o autonomía (Brookhart, 2013). En articulación la Orientación 6, el nivel superior recoge el desempeño pleno que produce el PFE y los niveles inferiores se redactan por degradación en ese mismo rasgo. La calidad no se reduce a cantidad, redactar niveles por

conteo de errores o aciertos desvía la rúbrica de su función formativa. Esta orientación deriva del Hito 5 y se sustenta en el apartado 3.3 del Capítulo 3.

Orientación 8 Construir la rúbrica como acuerdo del equipo, no como producto individual

La construcción de una rúbrica requiere acuerdos con el equipo de diseñadores, con los profesores que implementarán el diseño y eventualmente con la comunidad de investigación que lo sostiene. La rúbrica es un dispositivo de comunicación entre quienes diseñan, quienes implementan, quienes evalúan y quienes aprenden. Esta orientación deriva del Hito 5.

Orientación 9. Permitir la pluralidad de criterios según la estructura del diseño

El número de criterios de la rúbrica no debe imponerse a priori. La rúbrica de Diseño 1 articula cinco criterios; la del Diseño 2 articula tres. Esta diferencia responde a la estructura cognitiva propia de cada diseño y del objeto matemático que moviliza. Esta orientación deriva del contraste entre el Hito 7 aplicado a ambos diseños.

Orientación 10. Reconocer la rúbrica como artefacto mediador del desarrollo profesional docente

Las rúbricas construidas según estas orientaciones no son solamente instrumentos para la calificación del estudiante, son artefactos que median la problematización de la matemática escolar, en el sentido de Reyes-Gasperini (2016). Cuando un docente las utiliza con propiedad no solo evalúa el desempeño de sus estudiantes, también resignifica su propia relación con el saber matemático que enseña. Esta dimensión formativa de la rúbrica es la que justifica que la pasantía se inscriba, finalmente, en el horizonte del Empoderamiento Docente.

Capítulo 5 Conclusiones

Este capítulo reúne las conclusiones sobre los hitos de la pasantía considerados como productos; eso aborda los alcances y límites de las orientaciones construidas, el análisis sobre el cumplimiento de los objetivos de este trabajo; la discusión sobre la pregunta que origina este trabajo y los campos que se abren a partir de él.

Posteriormente, se presentan las reflexiones que inician con los aspectos que emergen como transformación en un espacio de pasantía y se recorre diferentes temas que esta experiencia transitó. Finalmente se presenta un último apartado, donde se rescata una de las nociones más trascendentales de la evaluación.

5.1 Alcances y límites de las orientaciones

El producto final de la pasantía no se reduce a las dos rúbricas construidas para los diseños del proyecto, sino que abarca el conjunto de orientaciones sistematizadas para la construcción de rúbricas destinadas a evaluar situaciones de modelación matemática escolar. Estas orientaciones constituyen el principal alcance del trabajo, en la medida en que operan en un nivel de abstracción mayor que las rúbricas concretas y pueden ser adoptadas por docentes e investigadores que aborden otras situaciones de modelación, siempre que se inscriban en un marco compatible con la perspectiva socioepistemológica.

El alcance de las orientaciones se explica por la manera en que articularon, en un mismo procedimiento, marcos teóricos como dimensiones distintas. La dimensión pedagógica aportó, a través de las fases de modelación de Balda (2022), un organizador de la progresión cognitiva que permite situar cada criterio en el momento del recorrido didáctico donde su evidencia resulta pertinente.

La dimensión epistemológica, nutrida por la TSME, de modo específico a cada objeto matemático, Cordero (2006) para la función afín en uso, Montiel (2011) para la transición de la razón a la función trigonométrica, permitió distinguir el saber matemático efectivamente puesto en uso en cada diseño. La dimensión evaluativa, sostenida en Brookhart (2013), aportó la estructura de niveles cualitativos progresivos. El logro de la propuesta no reside en ninguno de estos marcos por separado, sino en haberlos articulado operativamente.

5.1.1 La articulación de los marcos teóricos

La articulación de las tres dimensiones requirió un dispositivo que enlazara en el momento concreto de redactar cada descriptor. Este dispositivo fue el Procedimiento de Funcionalidad

Evaluativa, sistematizado en el Hito 6. Su intención no fue añadir un cuarto marco teórico, sino operar como conexión entre los existentes adoptados en la pasantía; la noción de socioepistemológica de funcionalidad y resignificación del conocimiento, encuentran, a través del PFE una vía para inscribirse en la forma concreta de una rúbrica organizada según Brookhart (2013). De este modo, lo pedagógico, lo epistemológico y lo evaluativo quedan integrados en una estructura, sin que ninguno de los referentes pierda su especificidad.

5.1.2 Límites de la propuesta

El alcance describe convive con límites que se declaran, porque delimitan el estatus de la propuesta como un conjunto de orientaciones situadas antes que como una construcción teórica acabada.

El primero es la fundamentación. La propuesta hace converger marcos de procedencias distintas, la perspectiva socioepistemológica, de raíz latinoamericana y la teoría de rúbricas de Brookhart (2013), de tradición anglosajona. El PFE los hace operar juntos en el plano del procedimiento. Esta convergencia resulta productiva, pero su compatibilidad de fondo no fue examinada, del mismo modo, la noción de funcionalidad del conocimiento se operacionalizó al servicio de la redacción de criterios y descriptores.

El segundo es de transferibilidad. Las dos rúbricas, como ejemplo de uso de las Orientaciones, están estrechamente ligadas a los dos diseños asociados a esta pasantía; su aplicación a otros diseños no es directa, porque exige un trabajo de adaptación que supone, una experticia en análisis didáctico que posibilite la inmersión epistemológica. Las Orientaciones ayudan a estructurar esa adaptación, pero no sustituyen la competencia que demanda.

El tercero es de validación. Las orientaciones no fueron sometidas a implantación sistemática ni a juicio de expertos; su validez se sostiene en la coherencia interna del recorrido y en el diálogo con los referentes teóricos.

Estos tres límites no clausuran el trabajo, lo sitúan. Cada uno abre una línea de continuidad que se retoma en el siguiente apartado; dicho de otra manera, aquí se enuncian como límites y a continuación como campos por explorar.

5.1.2 Dos campos que se abren: Proyecciones

El reconocimiento de los límites del trabajo y del esfuerzo que significó construir dos rúbricas no agota su proyección. Hay aspectos que trascienden esas dos piezas y operan como orientación, abriendo dos campos diferenciados.

Para la investigación, el trabajo deja preguntas fértiles antes que respuestas cerradas. A partir del límite teórico señalado, cabe estudiar la compatibilidad de fondo entre la perspectiva socioepistemológica con la teoría de rúbricas y fundamentar con mayor profundidad la integración que el PFE realiza en el plano operativo. A partir de los límites de las Orientaciones, cabe estudiar empíricamente el comportamiento de las rúbricas cuando distintos evaluadores las aplican a producciones reales de estudiantes; indagar la enseñanza del propio PFE, si la operación de funcionalidad puede ser aprendida por otros docentes y en qué condiciones formativas. Poner a prueba su transferibilidad aplicándolo a otros objetos matemáticos y diseños, ampliando el repertorio de referentes epistemológicos.

Para la docencia, las Orientaciones funcionan como un punto de partida. Retoman las problemáticas, los vacíos y las necesidades planteadas en el Capítulo 1 y ofrecen al profesorado una vía estructurada para enfrentarlas, una manera de comenzar a evaluar la modelación sin reducirla a una lista de pasos ni a un conteo de aciertos. No pretenden indicar al docente qué hacer en cada caso, sino entregarle un recurso desde el cual construir, adaptar y decidir en su propio contexto. En esta función reside el carácter de las orientaciones como artefacto mediador del desarrollo profesional docente.

5.1.3 La pasantía como experiencia formativa: oportunidades de mejora

Un último conjunto de consideraciones se aborda desde la pasantía como experiencia formativa. Reconocerlas, como oportunidades que, de carencia, es coherente con el horizonte de Empoderamiento Docente.

La primera se refiere al tiempo. El proceso de Empoderamiento Docente es, por su naturaleza, un proceso que excede la duración acotada de una pasantía; lo que aquí se documenta es un inicio y no su consolidación. Disponer de plazos más extensos permitiría acompañar la apropiación de las Orientaciones más allá de su construcción.

La segunda, es de orden logístico y de coordinación académica; se presenta como la articulación entre los tiempos de la universidad y los de la entidad colaboradora. La intersección de estas agendas institucionales, productivas para el trabajo, constituye un foco a considerar cuando se plantean las metas que el espacio formativo propone.

5.2 Cumplimiento de los objetivos

El recorrido descrito permite establecer el grado de cumplimiento de los objetivos que orientaron la pasantía, sobre esa base. regresar a la pregunta que originó el trabajo.

El primer objetivo específico: caracterizar los elementos epistemológicos, pedagógicos y evaluativos sobre la modelación que se utilizan en el desarrollo profesional docente. Se cumplió a lo largo del Momento 1 y de los primeros hitos del Momento 2, en la identificación de la Idea Fuerza y la adopción de las fases de Balda (Hito 1), el reconocimiento de los marcos de referencia de los diseños (Hito 2) y la inmersión epistemológica de ambos diseños (Hito 4).

El segundo objetivo específico: construir rúbricas específicas para dos diseños didácticos de modelación matemática escolar. Se cumplió con las dos rúbricas finales presentadas en el Hito 7, una para el diseño de monetización y función afín y otra para el diseño de biomecánica y funciones trigonométricas.

El tercer objetivo específico: sistematizar los resultados en un conjunto de orientaciones didácticas para la construcción de rúbricas, considerando las tres dimensiones. Se cumplió con las orientaciones presentadas, derivadas del recorrido completo de los siete hitos.

El cumplimiento de los tres objetivos específicos sostiene el objetivo general: diseñar, desde la experiencia formativa en un espacio de desarrollo profesional docente, orientaciones para la construcción de rúbricas para situaciones de modelación matemática escolar, articulando las dimensiones epistemológica, pedagógica y evaluativa.

Las Orientaciones del apartado, fundadas en la articulación de marcos teóricos, constituyen el cumplimiento de este objetivo, con la precisión de que el producto excedió la tarea de construir rúbricas; originó un mecanismo (PFE) para visualizar la construcción de criterios y descriptores.

Respecto del supuesto de partida y la pregunta de investigación, la respuesta es parcial y situada. No resuelve el problema en su generalidad, pero entrega frente a esa carencia, un conjunto de orientaciones fundamentadas y dos rúbricas que las muestran en uso dentro de la pasantía. El recorrido permite, precisar la naturaleza del problema, la dificultad de evaluar formativamente la modelación no es de un solo orden, sino que articula tres componentes inseparables, el epistemológico, el pedagógico y el evaluativo. Allí reside lo que vuelve compleja la respuesta y a la vez define el aporte de este trabajo: No atender cada componente por separado, sino sostener su articulación en un mismo procedimiento. El propio recorrido sugiere, que las tres dimensiones podrían sumarse una componente actitudinal y a involucrarse en el fenómeno.

Desde aquí, se despliegan las reflexiones finales sobre la relación del producto con la trayectoria del Magíster, proyecciones del trabajo hacia otros entornos y el sentido de la pasantía como espacio formativo.

5.3 El recorrido como transformación profesional

El Capítulo 4 organizó la pasantía como una sucesión de hitos formativos, y el sentido de ese término solo se completa al mirar el recorrido en conjunto, cada hito instaló una transformación, y la suma de esas transformaciones describe el aprendizaje profundo que la pasantía exigió. Se decide reconstruir esta trayectoria, porque en él reside una gran parte del valor formativo del trabajo.

El punto de partida fue una reformulación del problema. Las entrevistas del Momento 1 mostraron que el campo no carece de instrumentos para evaluar la modelación, sino de articulación entre ellos; lo que faltaba no era una rúbrica más, sino un principio que permitiera construirlas con coherencia interna. A partir de allí, cada hito desplazó la posición del pasante-investigador frente al saber. Comprender que el criterio no se inventa, sino que se lee en la huella que el diseñador deja en la Idea Fuerza (Hito 1), modificó el lugar desde el cual se evalúa. Reconocer que los diseños se sostienen en un mismo sustento teórico condujo a una mirada epistemológica antes que didáctica, dejar de observar si una fase se cumple para preguntar qué objeto matemático se moviliza, en qué uso y con qué resignificaciones (Hito 2).

El giro decisivo llegó cuando el encargo dejó de ser construir dos rúbricas y pasó a ser construir una forma de construir rúbricas que otros pudieran replicar (Hito 3). Ese desplazamiento, de productor de instrumentos a articulador de orientaciones, reorientó el sentido completo del trabajo. Vino luego una convicción del proceso sobre la construcción de las orientaciones exigentes, no es posible evaluar la modelación sin haberla vivido, de modo que el evaluador debió volverse, momentáneamente, un modelador, construyendo simuladores para reconstruir el fenómeno antes de describirlo (Hito 4). Y junto a ello, la comprensión de que la evaluación no se construye en soledad, sino como un acuerdo intersubjetivo elaborado con el equipo a partir de la experiencia con los diseños (Hito 5).

Los dos últimos hitos consolidaron la trayectoria. La formulación del Modelo de Funcionalidad Evaluativa marcó el paso de pensar qué descriptor redactar a pensar qué operación cognitiva despliega el saber, el PFE no es un instrumento, sino una operación analítica que el evaluador realiza para producirlo (Hito 6). Y la construcción de las rúbricas finales completó una transformación de orden integrador, en la que las piezas dejaron de ser descriptores aislados para volverse el resultado articulado de la inmersión, la Funcionalidad y la redacción cualitativa (Hito 7). Visto en conjunto, el recorrido no fue la ejecución de un cronograma, sino un proceso en el que el sujeto que investiga y el saber que construye se modificaron mutuamente.

5.4 La inmersión en Empoderamiento Docente como decisión y como resignificación

La transformación no habría sido posible sin una decisión previa que conviene nombrar con franqueza: la de ingresar a un espacio de desarrollo profesional docente con disposición a ser modificado por él. La inmersión en Empoderamiento Docente no fue la aplicación de un saber ya constituido a un campo nuevo, sino una apuesta por la apertura y la flexibilidad. Las herramientas con las que culminó el trabajo, las fases de Balda, la Teoría Socioepistemológica de la Matemática Educativa, la noción de Idea Fuerza, no se trajeron al espacio; se recibieron de él. Aceptar esa procedencia supuso reconocer que el propio modo de entender la matemática escolar, consolidado en años de ejercicio profesional, podía y debía resignificar.

En este sentido, la pasantía operó sobre dos identidades simultáneas. Sobre el profesor de matemática, que puso en cuestión una práctica evaluativa que se ejercía de manera tácita y la obligó a volverse explícita, revisable y fundamentada; aquello que se hacía por oficio pasó a hacerse por método. Y sobre el estudiante de Magíster, en tanto orientó esa experiencia hacia un aporte al campo, transformando una dificultad personal, la de evaluar la modelación, en un objeto de investigación que dialoga con la problemática reportada en el Capítulo 1.

5.5 Contribuciones de la pasantía con el perfil de egreso del Magíster en Educación Matemática

La pasantía constituyó una síntesis aplicada de la trayectoria formativa del Magíster en Educación Matemática que permite explicitar las contribuciones que tuvo al desarrollo profesional de quien la realizó, en función de los desempeños comprometidos en el perfil de egreso del programa.

La contribución más directa se inscribe en el desempeño orientado a diseñar y evaluar propuestas metodológicas y didácticas para el fortalecimiento del aprendizaje matemático, con incorporación de variados recursos. El producto central de la pasantía, las orientaciones para la construcción de rúbricas son, precisamente, una propuesta de carácter evaluativo y su elaboración consolidó la capacidad profesional de pasar de una evaluación intuitiva a una evaluación fundamentada y comunicable. La incorporación de recursos diversos, los simuladores interactivos construidos en la inmersión epistemológica evidencian el dominio de medios tecnológicos al servicio de un modelo didáctico, y no como un fin en sí mismos.

La pasantía contribuyó también al desempeño de desarrollar proyectos de innovación e investigación para comprender y resolver problemas de los procesos de enseñanza y aprendizaje de la matemática, considerando las perspectivas de la Didáctica de la Matemática. El trabajo se estructuró como un proyecto que partió de un problema real y reportado, este es, la dificultad de

evaluar formativamente la modelación matemática sin reducirla a una mirada atomística y avanzó hacia una propuesta de solución transferible, posicionada en la perspectiva socioepistemológica. En este plano, la contribución al desarrollo profesional fue el tránsito desde una posición de profesor que aplica instrumentos hacia una de investigador que problematiza y sistematiza, capaz de transformar una dificultad de la propia práctica en un objeto de estudio.

Estos dos desempeños se sostuvieron sobre un tercero, relativo a la capacidad de realizar análisis didácticos con atención a la dimensión epistemológica de la construcción del saber matemático. La inmersión epistemológica en cada diseño que permitió distinguir el conocimiento matemático efectivamente puesto en uso, apoyándose en referentes como Cordero (2006) y Montiel (2011) fue la base sobre la cual se hizo posible toda la construcción posterior. Aquí la pasantía consolidó la capacidad de mirar el objeto matemático no como contenido a transmitir, sino como saber funcional cuya resignificación puede observarse y evaluarse.

Finalmente, el trabajo se proyecta, antes que cumplirse plenamente, sobre el desempeño vinculado a orientar y acompañar a equipos de profesores de matemática para el mejoramiento del desarrollo profesional docente. Las orientaciones fueron concebidas para apoyar a otros docentes en la implementación de situaciones de modelación y la pasantía se inscribió en la red de Empoderamiento Docente; sin embargo, el acompañamiento y la coordinación efectiva de equipos constituyen una proyección del trabajo más que una acción realizada y evidenciada en él. Reconocerlo como horizonte, y no como logro completado, es coherente con la prudencia que el propio trabajo asume respecto de sus alcances.

En conjunto, la trayectoria formativa no operó de manera acumulativa sino articuladora, las asignaturas no se superpusieron en el producto, sino que confluyeron en él. La base disciplinar matemática hizo posible reconocer la matemática en uso; las asignaturas teóricas y el electivo de evaluación proveyeran las categorías para mirar esa matemática como actividad situada; el análisis didáctico aportó la noción de funcionalidad; y los entornos de aprendizaje ofrecieron el horizonte tecnológico y colaborativo. La contribución de la pasantía al desarrollo profesional reside en haber integrado esas líneas en un desempeño investigativo concreto, consolidando un perfil de egreso orientado a la innovación y a la intervención sustentadas en la investigación.

5.6 Las rúbricas, el *chatbot* y el valor del humano detrás

Las rúbricas construidas no se orientaron únicamente al uso directo del docente, fueron concebidas, además, para alimentar un *chatbot* destinado a acompañar al profesorado en la implementación de situaciones de modelación. Esta proyección tecnológica, coherente con los

principios trabajados en Entornos de Aprendizaje Matemático, es importante examinarla con cuidado, porque revela algo sobre el lugar irremplazable del docente experto.

Una rúbrica experimentada, construida por quien transitó el proceso de modelación, manipuló los parámetros y anticipó los comportamientos del estudiante, conserva un conocimiento que no proviene del enunciado, sino de la experiencia. Una inteligencia artificial no vive ese proceso, no modela, no se equivoca, no resignifica. Por ello, librada a sí misma, no necesariamente podría anticipar condiciones que no ha podido observar ni experimentar. De ahí la importancia de un mediador humano que aporte rúbricas experimentadas, en una lógica de validación con la persona en el centro del proceso: la inteligencia artificial puede escalar y acompañar, pero la pertinencia de aquello que comunica descansa en el juicio experto de quien sí vivió la modelación.

Desde otra perspectiva, parte de esas condiciones podría, eventualmente, proporcionarse al sistema; el cuestionamiento no es que la inteligencia artificial sea incapaz por principio, sino que, sin esa mediación humana cuidadosa, carece del acceso a lo vivido que da sentido a la evaluación de la modelación. Esta consideración refuerza, antes que debilitar, el valor de los resultados; el escalamiento tecnológico de la evaluación no sustituye la experticia docente, sino que depende de ella. La rúbrica experimentada es, en este escenario, la forma en que el conocimiento práctico del docente se vuelve transferible a un sistema que, por sí solo, no podría producirlo.

5.7 Una pasantía que no concluye

El recorrido permite leer la pasantía como un círculo virtuoso. Lo que el espacio formativo entregó como referentes teóricos se transformó, a través del trabajo, en algo que puede devolverse a él: Orientaciones susceptibles de ser compartidas con otros docentes. El espacio dio y recibió, y esa reciprocidad es la forma más concreta en que la pasantía traduce el empoderamiento docente que la sostiene. En ese mismo sentido, se inscribe el origen del Modelo de Funcionalidad Evaluativa, que no fue concebido como un aporte teórico, sino como respuesta a una dificultad práctica surgida al construir las rúbricas, la necesidad de volver explícita y observable una operación que el docente realiza de manera tácita cada vez que evalúa. Su valor es, por ello, modesto y situado, hacer comunicable un saber-hacer que suele permanecer implícito y precisamente, por eso resulta coherente con el horizonte en que la pasantía se inscribe.

Desde la problemática reportada en el Capítulo 1, la dificultad de evaluar formativamente la modelación, debilitada por la escasez de orientaciones curriculares y por una formación docente incipiente para hacerlo, este trabajo no clausura la pregunta, pero contribuye a desplazarla hacia un terreno más fértil. Aportar, desde la posición de un profesor de matemática que se vuelve

investigador, un modo fundamentado de mirar la evaluación de la modelación es una manera concreta de incidir en ese vacío.

La sistematización y el fortalecimiento de estas orientaciones profundizando en sus bases epistemológicos, pedagógicos y evaluativos, y sometiendo a validación empírica configuran una línea que excede el marco de esta pasantía y que podría, con el tiempo, sustentar un posicionamiento más amplio sobre la evaluación de la modelación en la educación matemática.

Por todo ello, el trabajo no constituye un cierre, sino un cimiento. La pasantía termina, pero el problema que la originó permanece abierto, y el recorrido deja a quien lo transitó mejor equipado conceptual y profesionalmente para seguir abordando. Más que un punto final, esta experiencia formativa es el primer hito de un itinerario investigativo en Evaluación de la Modelación Matemática Escolar.

5.8 ¿Hacia dónde vamos? ¿Dónde estamos? ¿Cómo seguimos?

Cómo una última reflexión, la relevancia de las Orientaciones reside en que desplazan el foco de la evaluación. Frente a la práctica habitual de evaluar la adherencia del estudiante al discurso matemático escolar, las Orientaciones dirigen la mirada hacia la resignificación funcional de saber, es decir, hacia lo que el estudiante hace con el conocimiento matemático cuando lo pone en uso ante un fenómeno.

No obstante, este desplazamiento, no se agota en la evaluación. Si la rúbrica deja de medir la reproducción del objeto matemático y pasa a describir su puesta en uso, entonces orienta también qué vale la pena enseñar y cómo. Evaluar la resignificación presiona sobre la enseñanza para que abandone la presentación estática del objeto y disponga situaciones donde el conocimiento emerge como herramienta ante un fenómeno. En este sentido, adoptar las Orientaciones propuestas no transforma solamente la manera de evaluar la modelación, transforma con ella, la manera de enseñarla.

Referencias

- Alagoz, C., y Ekici, C. (2020). Cognitive diagnostic modelling for mathematical modelling assessment. En G. A. Stillman, G. Kaiser, y C. E. Lampen (Eds.), *Mathematical modelling education and sense-making: International perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling* (pp. 349–359). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37673-4_30
- Alhammouri, A., Durkee, J., y Foley, G. (2017). Where to place a post? Engaging students in the mathematical modeling process. *Ohio Journal of School Mathematics*, 75, 41–48.
- Arrieta, J., y Díaz, L. (2015). Una perspectiva de la modelación desde la Socioepistemología. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 18(1), 19–48. <http://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v18n1/v18n1a2.pdf>
- Aydogan Yenmez, A., Erbas, A. K., Cakiroglu, E., Alacaci, C., y Cetinkaya, B. (2017). Developing teachers' models for assessing students' competence in mathematical modelling through lesson study. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 48(6), 895–912. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2017.1298854>
- Balda Álvarez, P. A. (2022). Estructura para el diseño de situaciones de aprendizaje desde un enfoque socioepistemológico. *Investigación e Innovación en Matemática Educativa*.
- Barajas Arenas, C., Parada Rico, S. E., y Molina Zavaleta, J. G. (2018). Análisis de dificultades surgidas al resolver problemas de variación. *Educación Matemática*, 30(3), 297–323. <https://doi.org/10.24844/em3003.12>

- Blum, W., y Borromeo Ferri, R. (2009). Mathematical modelling: Can it be taught and learnt? *Journal of Mathematical Modelling and Application*, 1(1), 45–58.
<http://gorila.furb.br/ojs/index.php/modelling/article/download/1620/1087>
- Blum, W., y Borromeo Ferri, R. (2010). Insights into teachers' unconscious behaviour in modeling contexts. En R. Lesh, P. L. Galbraith, C. R. Haines, y A. Hurford (Eds.), *Modeling students' mathematical modeling competencies* (pp. 423–432). Springer.
- Blum, W., y Leiß, D. (2007). How do students and teachers deal with modelling problems? En C. Haines, P. Galbraith, W. Blum, y S. Khan (Eds.), *Mathematical modelling (ICTMA 12): Education, engineering and economics* (pp. 222–231). Horwood Publishing.
- Borromeo Ferri, R. (2018). *Learning how to teach mathematical modeling in school and teacher education*. Springer.
- Brookhart, S. M. (2013). *How to create and use rubrics for formative assessment and grading*. ASCD.
- Cordero, F. (2006). La institucionalización del conocimiento matemático y el rediseño del discurso matemático escolar. *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 19, 824–830.
- DEMRE. (2026). *Temario PAES Regular obligatoria de Competencia Matemática 1 (M1): Admisión 2027*. Universidad de Chile. <https://demre.cl/publicaciones/2027/2027-26-03-19-temario-paes-regular-m1>
- Diefes-Dux, H. A., Zawojewski, J. S., Hjalmarson, M. A., y Cardella, M. E. (2012). A framework for analyzing feedback in a formative assessment system for mathematical modeling problems. *Journal of Engineering Education*, 101(2), 375–406.
<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2012.tb00054.x>

- Frejd, P. (2013). Modes of modelling assessment—A literature review. *Educational Studies in Mathematics*, 84(3), 413–438.
- Huincahue, J., Borromeo Ferri, R., y Mena-Lorca, J. (2018). El conocimiento de la modelación matemática desde la reflexión en la formación inicial de profesores de matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 36(1), 99–115. <https://ensciencias.uab.es/ojs-ensciencias/ensciencias/article/view/v36-n1-huincahue-borromeo-mena>
- Jung, H., y Brady, C. (2023). Modeling actions foregrounded in whole-class modeling discourse: A case study of a model-eliciting activity and a three-act task. *Mathematical Thinking and Learning*. Publicación anticipada en línea.
<https://doi.org/10.1080/10986065.2023.2180849>
- Kaiser, G., y Sriraman, B. (2006). A global survey of international perspectives on modelling in mathematics education. *ZDM*, 38(3), 302–310.
- Kohen, Z., y Gharra-Badran, Y. (2023). A rubric for assessing mathematical modelling problems in a scientific-engineering context. *Teaching Mathematics and Its Applications*, 42(3), 266–288. <https://doi.org/10.1093/teamat/hrac018>
- Méndez, M. (2013). Modelación escolar desde la experimentación en el aula. *Memoria de la XVI Escuela de Invierno en Matemática Educativa*.
- Méndez, M. (2022). Modelación escolar como eje de diseños para resignificar la linealidad. En F. Cordero, M. Solís, y C. Opazo (Eds.), *La matemática en la ingeniería: Modelación y transversalidad de saberes* (pp. 47–67).
- Mineduc. (2015). *Bases curriculares 7° básico a 2° medio*. <https://www.curriculumnacional.cl/>
- Mineduc. (2016). *Programa de estudio segundo año medio: Matemática*.

- Mineduc. (2018). *Decreto 67: Aprueba normas mínimas nacionales sobre evaluación, calificación y promoción y deroga los decretos exentos N° 511 de 1997, N° 112 de 1999 y N° 83 de 2001, todos del Ministerio de Educación.*
<https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1127255>
- Mineduc. (2019). *Bases curriculares 3° y 4° medio.*
<https://www.curriculumnacional.cl/portal/Documentos-Curriculares/Bases-curriculares/91414:Bases-Curriculares-3-y-4-Medio>
- Montiel, G. (2011). *Construcción social del conocimiento trigonométrico.* Subsecretaría de Educación Básica.
- OCDE. (2023). *PISA 2022 assessment and analytical framework.* OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/dfe0bf9c-en>
- Pasarella, S. (2022). Supporting emergent modelling by implementing model eliciting activities: The case of 3D-Euclidean geometry. *Research in Mathematics Education*, 24(3), 347–366. <https://doi.org/10.1080/14794802.2021.1994869>
- Pettersen, A., y Braeken, J. (2019). Mathematical competency demands of assessment items. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(2), 405–425.
<https://doi.org/10.1007/s10763-017-9870>
- Reyes-Gasperini, D. (2016). *Empoderamiento docente y socioepistemología: Un estudio sobre la transformación educativa en Matemáticas.* Gedisa.
- Reyes-Gasperini, D., y Cantoral, R. (2014). Socioepistemología y empoderamiento: La profesionalización docente desde la problematización del saber matemático. *Bolema*, 28(48), 360–382. <http://www.scielo.br/pdf/bolema/v28n48/18.pdf>

- Reyes-Gasperini, D., y Gómez-Osalde, K. (2025). Resignificación del conocimiento matemático escolar en un espacio de desarrollo profesional docente. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa*, 28, e805.
<https://doi.org/10.12802/relime.2025.28.e805>
- Rockwell, E. (2009). *La experiencia etnográfica: Historia y cultura en los procesos educativos*. Paidós.
- Soto, D., Caamaño, J. L., y Díaz, V. B. (2025). Niveles de resignificación del conocimiento matemático en la formación docente: Análisis de un diseño de modelación escolar. *UCMaule*, (69), 82–114. <https://doi.org/10.29035/ucmaule.69.82>
- Soto, D., y Cantoral, R. (2014). Discurso matemático escolar y exclusión: Una visión socioepistemológica. *Bolema*, 28(50), 1525–1544. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v28n50a25>
- Taşpınar Şener, Z., y Dede, Y. (2024). Investigating design, implementation and evaluation process of the model eliciting activities: The perspective of model eliciting principles. *Irish Educational Studies*, 43, 459–480. <https://doi.org/10.1080/03323315.2022.2090984>
- Tekin Dede, A., y Bukova Güzel, E. (2023). Reflections from planning and implementing a modelling task. *International Electronic Journal of Mathematics Education*, 18(1). <https://doi.org/10.29333/iejme/12821>
- Toalongo, X., Trelles, C., y Alsina, Á. (2022). Design, construction and validation of a rubric to evaluate mathematical modelling in school education. *Mathematics*, 10(24), 4662. <https://doi.org/10.3390/math10244662>
- Werle de Almeida, L. M., y Granado Magalhães, G. (2022). Structuring and validating an assessment tool to use in mathematical modelling. *Avances de Investigación en Educación Matemática*, (22), 71–89. <https://doi.org/10.35763/aiem22.4144>

Anexos

Invitación Pasantía Empoderamiento Docente SpA

Santiago, 4 de agosto de 2025

Estimado Alejandro Díaz:

Junto con saludar, por medio de la presente me permito extender a usted una invitación formal para participar en una pasantía en el marco del proyecto **“Situaciones de modelación matemática escolar en entornos virtuales con retroalimentación asistida por inteligencia artificial”**, adjudicado en el Programa Vinculab 2025 del Consorcio Science Up, código interno **VincuLAB25-5**.

Este proyecto es desarrollado por la Universidad de Santiago de Chile, en colaboración con la entidad Empoderamiento Docente SpA, en el marco de una línea de investigación orientada al fortalecimiento de la modelación matemática escolar, la evaluación formativa y la integración de tecnologías e inteligencia artificial en educación matemática.

En este contexto, su participación como estudiante tesista del Magister en Educación Matemática resulta altamente pertinente, en tanto permite articular su proceso formativo con una experiencia de investigación aplicada, vinculada al diseño didáctico, la evaluación y el desarrollo de herramientas tecnológicas con impacto en el ámbito educativo.

La pasantía contempla una dedicación mínima de 30 horas de trabajo, distribuidas en función del plan de trabajo del proyecto. Dentro de sus principales responsabilidades se consideran:

- Participación activa en reuniones de codiseño con el equipo académico y la entidad colaboradora.
- Desarrollo de análisis didácticos y epistemológicos de situaciones de modelación matemática escolar.
- Diseño y validación de rúbricas de evaluación asociadas a los prototipos desarrollados en el proyecto.
- Articulación de criterios evaluativos con las fases del proceso de modelación y progresión del aprendizaje.
- Sistematización de insumos para la retroalimentación formativa y su integración en entornos de inteligencia artificial educativa.
- Colaboración en la estructuración de información para el desarrollo del chatbot educativo del proyecto.

Adicionalmente, la pasantía considera su participación en procesos de reflexión pedagógica, análisis de coherencia entre diseño didáctico, evaluación y tecnología, así como el aporte a la consolidación de los productos del proyecto, incluyendo situaciones de modelación, instrumentos de evaluación y recursos para su transferencia mediante plataforma web.

Se espera que esta instancia contribuya tanto al desarrollo de productos del proyecto como al fortalecimiento de su formación en investigación en educación matemática, particularmente en el ámbito de la modelación, la evaluación formativa y el uso crítico de inteligencia artificial.

Agradeciendo desde ya su disposición, quedo atenta a su confirmación para coordinar los aspectos operativos de esta pasantía.

Sin otro particular, le saluda atentamente,



Dra. Daniela Geraldiny Soto Soto

Extracto convenio Pasantía y confidencialidad

CUARTA: Confidencialidad

Los derechos y obligaciones, comprometidos en virtud del presente Convenio, así como también la información de respaldo suministrada por parte de las partes, comunicaciones internas, información puesta a su disposición, los términos del presente Convenio y sus posteriores anexos, constituyen "Información Confidencial", y esta será regulada en su totalidad por las normativas y reglamentos vigentes de la Universidad de Santiago de Chile.

QUINTA: Vigencia

El presente Convenio regirá durante toda la ejecución del Proyecto, es decir 12 meses, incluidas las prórrogas o ampliaciones de plazo que se pacten por escrito, sin embargo, quedará vigente la obligación de confidencialidad establecida en la cláusula precedente.

SEXTA: Solución de Controversias

Las partes declaran su voluntad de resolver amistosamente y de buena fe todos los conflictos que eventualmente puedan suscitarse, procurando evitar la judicialización de los mismos.

No obstante lo anterior, en caso de que las posiciones fueren irreconciliables, y para todos los demás efectos legales del presente Convenio, las partes fijan su domicilio en la ciudad de Santiago y le otorgan competencia a sus Tribunales Ordinarios de Justicia.



JUAN ESCRIG MURÚA



**DANIELA GERALDINY
SOTO SOTO**



**IVÁN ESTEBAN PÉREZ
VERA**

**COORDINADOR DEL
PROYECTO SCIENCE UP
UNIVERSIDAD
DE SANTIAGO DE CHILE**

**DIRECTORA DE
PROYECTO EMPODERAMIENTO PARA LA
DOCENTE SPA**

**REPRESENTANTE
PROYECTO EMPODERAMIENTO PARA LA**

Carta solicitud estancia investigativa Dra. Sandra Parada Rico



FACULTAD DE CIENCIA
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA Y CIENCIA
DE LA COMPUTACIÓN



Santiago de Chile, 31 de julio de 2025

Dra. Sandra Parada Rico
Universidad Complutense de Madrid
Madrid, España
Presente

Cordial saludo Dra. Parada.

Como Director del Magíster en Educación Matemática de la Universidad de Santiago de Chile, me es grato presentarle al Sr. Alejandro Díaz Cortés, estudiante de nuestro programa, quien se encuentra desarrollando su Trabajo de Graduación en el marco de nuestras líneas de investigación y áreas de desarrollo.

Como parte de su proceso formativo y en coherencia con los objetivos del programa, Alejandro ha planificado una estancia académica breve en Madrid, durante la cual espera sostener una entrevista con usted, con el propósito de profundizar aspectos relevantes de su investigación. Esta instancia reviste un alto valor formativo, considerando su reconocida trayectoria y la significativa colaboración que ha tenido con nuestro programa.

Queremos expresarle nuestro agradecimiento por su permanente disposición y generosidad académica, que sin duda han contribuido al fortalecimiento de la formación de nuestros estudiantes. Asimismo, manifestamos nuestro respaldo institucional a esta actividad y reiteramos nuestro compromiso con el desarrollo de vínculos internacionales que favorezcan experiencias de aprendizaje significativas y contextualizadas.

Agradeciendo de antemano su acogida al estudiante y la disposición para colaborar con esta iniciativa, le saluda atentamente,


Dr. Carlos Vanegas Ortega
Director
Magíster en Educación Matemática

UNIVERSIDAD DE SANTIAGO DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIA
DEPARTAMENTO DE MATEMÁTICA Y CIENCIA DE LA COMPUTACIÓN
PROGRAMA MAGÍSTER EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA
Av. Las Sophoras 185, Comuna de Estación Central, Santiago de Chile, Chile.
Teléfonos: (56 2) 27182000 - 27182001
E-mail: carlos.vanegas.o@usach.cl

Carta de aceptación estancia Dra. Sandra Parada Rico



Madrid, agosto 13 de 2025

Doctor
Carlos Vanegas Ortega
Director del Magister en Educación Matemática de la Universidad de Santiago de Chile

Reciba un cordial saludo.

Por medio de la presente, acuso recibo de la presentación del señor Alejandro Díaz Cortés, estudiante del programa de Magister en Educación Matemática, y manifiesto mi plena disposición para acogerlo, brindarle acompañamiento y apoyar el plan de trabajo que tiene previsto desarrollar bajo mi supervisión en la Universidad Complutense de Madrid, institución en la que me encuentro en calidad de investigadora visitante, entre los días 24 y 28 de agosto del presente año.

Atentamente,


SANDRA EVELY PARADA RICO
Profesora Titular Escuela de Matemáticas
Universidad Industrial de Santander
Investigadora Visitante
Universidad Complutense de Madrid



Sandra Evely Parada Rico
Ciudad Universitaria, Carrera 27 – Calle 9
PBX: (7) 6344000 Ext. 2315
sanevepa@uis.edu.co
Bucaramanga, Colombia



Pauta operativa de entrevista

- ¿Podría contarme brevemente su trayectoria en investigación o docencia sobre modelación matemática?
- ¿Ha trabajado en formación inicial docente o enseñanza escolar relacionada con modelación? ¿En qué niveles?

Eje de análisis	Aspectos de la modelación	Enlace con evaluación	Coherencia curricular (Bases / D°67)	Preguntas a entrevista do o Pregunta guía	Análisis a priori
Finalidad	Modelación para comprender fenómenos, decidir, criticar	Evaluar proceso vs. producto, nivel de comprensión, toma de decisiones	Bases: modelar como habilidad para tomar decisiones; D°67: evaluar aprendizajes profundos	¿Qué sentido tiene evaluar modelación matemática en el aula? ¿Qué aspecto del proceso considera más formativo?	Evaluar la modelación permite evidenciar la comprensión profunda de fenómenos, no solo el dominio de técnicas matemáticas. El aspecto más formativo es el proceso: cómo el estudiante construye el modelo, toma decisiones, evalúa

					supuestos y valida su pertinencia en un contexto. Esto permite evaluar pensamiento crítico, uso significativo de la matemática y capacidad de transferir aprendizajes.
Tipología de modelos	Uso de distintos tipos de modelos (representacional, funcional, crítico)	Criterios según tipo de modelo: ajuste, interpretación, contexto	Bases no específica tipos; evaluación debe adecuarse a las metas de aprendizaje contextualizadas	¿Cómo se ajustan los criterios evaluativos según el tipo de modelo trabajado?	Los criterios deben variar según si el modelo es representacional (claridad y fidelidad), funcional (ajuste numérico y predictividad) o crítico (pertinencia sociocultural y argumentación). Evaluar con una rúbrica común no siempre es justo, por lo

					que es necesario explicitar qué tipo de modelación se espera y adaptar los indicadores.
Criterios de evaluación	Razonamiento matemático, pertinencia contextual, criticidad	Criterios deben reflejar comprensión matemática y uso significativo de modelos	Bases promueven modelación con sentido; D°67 exige coherencia entre OA, enseñanza y evaluación	¿Qué criterios considera centrales al evaluar competencias de modelación? ¿Cómo se validan?	Son centrales: la pertinencia del modelo en relación con el contexto, el razonamiento matemático usado en su construcción y la capacidad de interpretación y crítica del modelo. Se validan mediante co-construcción con docentes, pilotaje en aula y alineamiento con los objetivos curriculares y

					las prácticas reales.
Evidencias de aprendizaje	Producto (modelo), proceso (reflexión), aplicación (decisión)	Portafolios, debates, informes, rúbricas	Orientaciones : uso variado de evidencias según el sentido de la actividad	¿Qué evidencia representa mejor un proceso de modelación exitoso para usted?	No hay una única evidencia. Idealmente, una combinación de producto (el modelo construido), proceso (registro reflexivo, justificaciones) y aplicación (decisiones tomadas o propuestas). Portafolios, informes de modelación, cápsulas orales o debates pueden capturar esa complejidad.

Participación del estudiante	Trabajo colaborativo, toma de decisiones compartidas	Autoevaluación, coevaluación, retroalimentación formativa	D°67 promueve la participación activa del estudiante en su proceso de aprendizaje	¿Qué rol cumple el estudiante en la evaluación de modelación ? ¿Cómo potenciarlo ?	El estudiante debe ser protagonista: evaluar sus decisiones, justificar sus elecciones y recibir retroalimentación que le permita mejorar. La autoevaluación y la coevaluación guiadas son clave para desarrollar metacognición y agencia. El rol docente es facilitar espacios seguros para que emerjan estas prácticas.
Instrumentos	Modelación como proceso abierto y no lineal	Rúbricas analíticas, diarios de aprendizaje, fichas reflexivas	Decreto 67 impulsa coherencia entre objetivos y evaluación	¿Qué instrumentos ha utilizado o recomendaría para evaluar	Rúbricas analíticas con foco en dimensiones del proceso, diarios reflexivos, y

				modelación ? ¿Por qué?	fichas de autoevaluación. También grabaciones de argumentaciones orales. Porque permiten capturar dimensiones diversas de la competencia, no solo resultados numéricos o "correctos".
Progresión de aprendizajes	Secuencia de habilidades desde modelaciones simples a complejas	Diseño de niveles de logro progresivos en rúbricas o portafolios	Bases y D°67 abogan por evaluación diferenciada y progresiva	¿Cómo definiría niveles de logro en modelación para distintos niveles escolares?	Los niveles pueden definirse por la complejidad del fenómeno modelado, el grado de autonomía, la riqueza de los supuestos y la calidad de la argumentación. En niveles iniciales se espera identificación

					del problema y representación simple; en niveles superiores, análisis crítico, toma de decisiones y transferencia a otros contextos.
Decisiones pedagógicas	Modelación como herramienta para diagnosticar y profundizar aprendizajes	Evaluación que oriente la enseñanza, con base en análisis de evidencia	D°67 enfatiza la toma de decisiones pedagógicas informadas	¿Cómo la evaluación de la modelación puede retroalimentar las decisiones de enseñanza ?	Permite detectar obstáculos en la comprensión conceptual, sesgos en la interpretación de fenómenos o dificultades en vincular lo matemático con lo contextual. Estas evidencias pueden guiar ajustes didácticos, reforzar habilidades

					subyacentes o redefinir actividades formativas.
Tensiones y oportunidades	Exigencias curriculares vs. condiciones reales de aula	Evaluación flexible y realista, situada en el contexto escolar	D°67 impulsa contextualización de la evaluación	¿Qué tensiones y oportunidades ve al evaluar modelación matemática en el sistema escolar chileno?	Tensiones: tiempo reducido, presión por resultados estandarizados, escasa formación docente en modelación, y falta de instrumentos adecuados. Oportunidades: transversalidad curricular, conexión con problemas reales, desarrollo de pensamiento crítico y sentido matemático. Se puede avanzar con

					orientaciones claras y apoyo en desarrollo profesional docente.
Sistematización	Modelación como competencia transversal	Necesidad de sistematizar evaluaciones con foco en habilidades y transferencias	Bases y orientaciones llaman a documentar y analizar la evaluación en el aula	¿Cómo sistematizar las evaluaciones de modelación en el aula? ¿Qué aspectos considerar?	Registrar las producciones estudiantiles (digital o físico), usar rúbricas comunes en diferentes cursos, promover reflexiones docentes sobre los resultados y retroalimentar el diseño de tareas. Es clave tener una bitácora o portafolio docente que conecte tareas, evidencias y ajustes didácticos.

