MatIA · INNOVA-MatIA

ESCUELA DE MATEMÁTICA · INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

# Prompts e IA generativa en matemática

## Herramientas para el docente de secundaria

Melvin Ramírez Bogantes · Marco Gutiérrez Montenegro · Reiman Acuña Chacón · Luis Gerardo Meza Cascante

510.28563
R173p

Ramírez-Bogantes, Melvin, autor/a.

Prompts e IA generativa en matemática: herramientas para el docente de secundaria / autores/as Melvin Ramírez-Bogantes, Marco Gutiérrez-Montenegro, Reiman Acuña-Chacón, Luis Gerardo Meza-Cascante. – 1 edición. – Cartago, Costa Rica : Instituto Tecnológico de Costa Rica, Escuela de matemática, 2026.

1 recurso en línea (1 archivo PDF, 5 MB).

Incluye referencias.

ISBN: 978-9930-656-18-1 (e-book)

1. Matemáticas – Educación secundaria. 2. Matemáticas – Innovaciones tecnológicas. 3. Inteligencia artificial – Aplicaciones educativas. 4. Enseñanza de las matemáticas. 5. Procesamiento de textos – Informática. 6. Software de aplicación – Matemáticas. 7. Procesamiento de textos – Prompts. I. Gutiérrez-Montenegro, Marco, autor/a. II. Acuña-Chacón, Reiman, autor/a. III. Meza-Cascante, Gerardo, autor/a. IV. Título.

## De la idea al aula

*Diseñar experiencias de aprendizaje con IA: prompts para crear recursos interactivos en secundaria.*

Proyecto INNOVA-MatIA · Red Académica MatIA.
Escuela de Matemática, Instituto Tecnológico de Costa Rica.
Cartago, Costa Rica, 2026.

Autores: Melvin Ramírez Bogantes, Marco Gutiérrez Montenegro, Reiman Acuña Chacón y Luis Gerardo Meza Cascante.

Esta obra constituye el primer manual del proyecto INNOVA-MatIA, una iniciativa de extensión de la Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica, desarrollada en el marco de la Red Académica MatIA. El proyecto busca incorporar la inteligencia artificial generativa como apoyo a la enseñanza y el aprendizaje de la matemática en la educación secundaria, mediante el acompañamiento al profesorado en el diseño y la creación de recursos digitales interactivos con asistentes conversacionales.

A través de la colaboración con la Dirección Regional de Educación de Cartago, INNOVA-MatIA promueve un aprovechamiento pedagógico, ético y reflexivo de estas herramientas, ofreciendo materiales formativos y manuales prácticos que orienten al profesorado en su integración pertinente dentro del aula.

ISBN Obra independiente: **978-9930-656-18-1**

**Cómo citar este libro:**

Ramírez-Bogantes, M., Gutiérrez-Montenegro, M., Acuña-Chacón, R., y Meza-Cascante, L. G. (2026). *Prompts e IA generativa en matemática. Herramientas para el docente de secundaria*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. https://hdl.handle.net/2238/18937

**Citas en el texto:**

Al ser un libro con 4 autores, según las normas APA 7.ª edición, se debe acortar la referencia desde la primera mención utilizando la abreviatura *et al.* (que significa «y otros»):

- **Cita parentética:** (Ramírez-Bogantes *et al.*, 2026)
- **Cita narrativa:** Ramírez-Bogantes *et al.* (2026) indicaron que...

# Índice


**I Fundamentos** **9**

**1 Presentación** **10**
1.1 Qué propone y qué no propone este libro . . . 10
1.2 Tres tesis que orientan la lectura . . . 11
1.3 Para quién está escrito . . . 11
1.4 Cómo está organizado . . . 12
1.5 Una palabra sobre el formato . . . 12
1.6 Agradecimientos . . . 12

**2 ¿Qué es un prompt docente?** **14**
2.1 IA generativa y modelos de lenguaje . . . 14
2.2 Prompt, salida y artefacto . . . 14
2.3 Alucinación: cuando la IA se equivoca con seguridad . . . 15
2.4 Curaduría docente y trazabilidad . . . 15
2.5 HTML autocontenido y otros formatos . . . 16
2.6 Un pequeño glosario para arrancar . . . 17

**3 La anatomía del prompt: las Seis R** **18**
3.1 R1 · Rol . . . 18
3.2 R2 · Resultado . . . 18
3.3 R3 · Receptor . . . 18
3.4 R4 · Restricciones . . . 19
3.5 R5 · Recursos . . . 19
3.6 R6 · Revisión . . . 19
3.7 Las Seis R en un mismo prompt: pendiente de la recta, en tres versiones . . . 19

**4 El docente como orquestador** **22**
4.1 Rol 1 · Diseñador . . . 22
4.2 Rol 2 · Mediador . . . 23
4.3 Rol 3 · Curador . . . 23
4.4 Rol 4 · Evaluador . . . 23
4.5 Articulación de los cuatro roles . . . 24

**5 Criterios pedagógicos para diseñar recursos digitales** **25**
5.1 Criterio 1 · Rigor disciplinar y notación correcta . . . 25
5.2 Criterio 2 · Alineación con el Programa MEP . . . 25
5.3 Criterio 3 · Registros semióticos y tránsito entre representaciones . . . 26
5.4 Criterio 4 · Mediación instrumental . . . 26

5.5 Criterio 5 · Proporcionalidad entre forma y propósito . . . . . 26
5.6 Un ejemplo de prompt débil con su crítica . . . . . 27

**II Artefactos HTML autocontenidos** **29**

**6 El formato base: prompts para HTML autocontenido** **30**
6.1 Qué es un HTML autocontenido . . . . . 30
6.2 KaTeX por CDN: cuándo y cómo pedirlo . . . . . 30
6.3 SVG embebido para figuras geométricas . . . . . 31
6.4 Diseño responsive y proyección desde el celular . . . . . 31
6.5 El formato base completo bajo las Seis R . . . . . 31

**7 Actividades de práctica guiada** **36**
7.1 Anatomía de una práctica guiada . . . . . 36
7.2 Niveles de dificultad sin perder al grupo . . . . . 37
7.3 Retroalimentación útil frente a retroalimentación decorativa . . . . . 37
7.4 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA . . . . . 39
7.5 Curaduría aplicada antes de llevar al aula . . . . . 40
7.6 El recurso resultante . . . . . 41

**8 Juegos didácticos** **44**
8.1 Tres familias que casi siempre funcionan . . . . . 44
8.2 Ruletas, retos por puntos y niveles . . . . . 44
8.3 Cómo evitar que el juego oculte el contenido matemático . . . . . 45
8.4 Tiempo real en el aula . . . . . 45
8.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA . . . . . 46
8.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula . . . . . 48
8.7 El recurso resultante . . . . . 48

**9 Exploradores dinámicos** **51**
9.1 Deslizadores y manipulación directa . . . . . 51
9.2 Lo que un explorador HTML puede y lo que conviene dejar a GeoGebra . . . 51
9.3 Visualización con SVG: rectas, parábolas, polígonos . . . . . 52
9.4 La consigna que acompaña al explorador . . . . . 52
9.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA . . . . . 53
9.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula . . . . . 55
9.7 El recurso resultante . . . . . 55

**III Claude y React** **58**

**10 Artefactos en Claude** **59**
10.1 Qué es un artefacto en Claude . . . . . 59
10.2 HTML autocontenido o artefacto en Claude: cuándo cada uno . . . . . 59
10.3 Tipos de componentes interactivos útiles en matemática . . . . . 60

10.4 El prompt para un artefacto en Claude . . . . . 61
10.5 La salida bruta del artefacto: lo que Claude renderiza primero . . . . . 62
10.6 Curaduría aplicada y traslado a HTML autocontenido . . . . . 64
10.7 Cómo trasladar de artefacto a HTML autocontenido . . . . . 64

**IV GeoGebra, LaTeX y otras salidas** **68**

**11 Prompts para GeoGebra Clásico 6** **69**
11.1 Por qué Clásico 6 y no la versión 5 ni la versión web . . . . . 69
11.2 Sintaxis de la barra de entrada . . . . . 69
11.3 Elementos típicos: deslizadores, casillas, textos dinámicos . . . . . 70
11.4 Estructura recomendada del prompt . . . . . 70
11.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA . . . . . 71
11.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula . . . . . 73
11.7 Cómo dejar el archivo listo para compartir . . . . . 74

**12 Prompts para LaTeX y Overleaf** **76**
12.1 Por qué LaTeX para fichas, guías y exámenes . . . . . 76
12.2 Estructura mínima del documento . . . . . 76
12.3 TikZ y pgfplots . . . . . 77
12.4 El encabezado MEP de una ficha . . . . . 77
12.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA . . . . . 78
12.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula . . . . . 80
12.7 Cómo verificar que el código compila . . . . . 81

**13 Infografías y cuadernos dinámicos** **83**
13.1 Qué debe contener una infografía didáctica . . . . . 83
13.2 El cuaderno dinámico: estructura tipo bitácora . . . . . 83
13.3 Del texto estructurado a la plantilla visual . . . . . 84
13.4 Cómo se ve, paso a paso: del texto estructurado a la composición visual . . . 84
13.5 Y cómo se ve un cuaderno dinámico: mockup de una página . . . . . 85
13.6 El riesgo principal: datos inventados . . . . . 86
13.7 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA . . . . . 87
13.8 Curaduría aplicada antes de maquetar . . . . . 88

**V Planeamiento y evaluación MEP** **91**

**14 Prompts para planes de clase alineados al MEP** **92**
14.1 Encabezado del plan . . . . . 92
14.2 Conocimientos previos y aprendizajes esperados . . . . . 92
14.3 Los cuatro momentos del enfoque MEP . . . . . 93
14.4 Evaluación formativa y adecuaciones . . . . . 93
14.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA . . . . . 95
14.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula . . . . . 96

14.7 Cómo enlazar el plan con un recurso digital . . . . . 97

**15 Evaluaciones, rúbricas y bancos de ítems** **99**
15.1 Selección única con distractores justificados . . . . . 99
15.2 Ítems de desarrollo y de aplicación . . . . . 99
15.3 Rúbricas analíticas de cuatro niveles . . . . . 100
15.4 Calibración: pilotear el ítem antes de calificar con él . . . . . 100
15.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA . . . . . 101
15.6 Curaduría aplicada antes de aplicar el ítem . . . . . 103

**VI Integración y cierre** **107**

**16 Adaptación de prompts por área del programa MEP** **108**
16.1 Números y operaciones . . . . . 108
16.2 Geometría . . . . . 109
16.3 Relaciones y álgebra . . . . . 109
16.4 Estadística y probabilidad . . . . . 110
16.5 La salida bruta: un ejemplo concentrado en Geometría . . . . . 111
16.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula . . . . . 112
16.7 Tabla rápida de ajustes por área . . . . . 113

**17 Conectividad y aula real costarricense** **114**
17.1 El aula costarricense que existe . . . . . 114
17.2 Recursos que funcionan sin conexión . . . . . 114
17.3 Estrategias para el celular único del docente . . . . . 115
17.4 Cómo evitar dependencias críticas . . . . . 115
17.5 Plan de contingencia: cuando el recurso digital falla . . . . . 116
17.6 Un prompt para recursos resilientes sin conexión . . . . . 116

**18 Adecuaciones y diversidad funcional** **119**
18.1 El marco normativo en breve . . . . . 119
18.2 Adaptaciones del prompt para diversas necesidades . . . . . 119
18.3 Discalculia: cuando la matemática es la dificultad . . . . . 121
18.4 Altas capacidades: la adecuación hacia arriba . . . . . 123
18.5 LESCO: matemática para estudiantes con sordera . . . . . 126
18.6 TEA: ritmos, predictibilidad y carga sensorial . . . . . 128

**19 Ética e integridad académica del estudiantado** **131**
19.1 La situación que ya existe . . . . . 131
19.2 Cómo conversar sobre integridad sin demonizar . . . . . 131
19.3 Tareas robustas frente al uso desleal de la IA . . . . . 132
19.4 La autoría en la era de la IA . . . . . 132
19.5 Consignas que no se pueden delegar . . . . . 132
19.6 Herramienta 1: prompt para diseñar tareas IA-resistentes . . . . . 133
19.7 Herramienta 2: plantilla de acuerdo de aula sobre uso de IA . . . . . 135

19.8 Herramienta 3: guion de conversación ante sospecha de copia . . . . . 136

**20 El ciclo de curaduría docente: revisar, iterar, mejorar 139**
20.1 Revisión disciplinar: ¿la matemática está bien? . . . . . 139
20.2 Revisión pedagógica: ¿está al nivel del grupo? . . . . . 139
20.3 Revisión técnica: ¿abre, se ve, funciona? . . . . . 140
20.4 Iteración inteligente del prompt . . . . . 140
20.5 Tiempo real de preparación . . . . . 140
20.6 Un meta-prompt para acelerar la curaduría crítica . . . . . 141
20.7 Versión final y archivo . . . . . 143

**21 Banco final, lista de cotejo, cierre crítico y glosario 145**
21.1 Banco de quince prompts . . . . . 145
21.2 Lista de cotejo de bolsillo . . . . . 166
21.3 Costo y sostenibilidad institucional del uso de IA . . . . . 167
21.4 Sobre la obsolescencia de este libro . . . . . 168
21.5 Cierre crítico . . . . . 169
21.6 Glosario consolidado . . . . . 170
21.7 Cierre . . . . . 175

**Sobre los autores 176**

**A Galería de errores comentados 180**
A.1 Error 1: Cuenta mal resuelta en práctica guiada . . . . . 180
A.2 Error 2: Habilidad MEP mal citada . . . . . 180
A.3 Error 3: Ítem con dos respuestas correctas . . . . . 181
A.4 Error 4: SVG con ejes invertidos . . . . . 181
A.5 Error 5: Cita bibliográfica inventada . . . . . 181
A.6 Error 6: Textos en inglés filtrados . . . . . 182

**B Mapa de decisión por tipo de recurso 183**
B.1 Tabla de decisión . . . . . 183
B.2 Cómo leer la tabla . . . . . 184
B.3 Ajuste por contexto . . . . . 184

**Referencias 186**

PARTE I

# Fundamentos

CAPÍTULO 1

# Presentación

*¿Por qué este libro y para quién? Este capítulo le ofrece un mapa para leerlo, las tres tesis que lo orientan y los agradecimientos que lo hicieron posible.*

Este libro nace de una constatación práctica del aula costarricense. En los últimos dos años, la inteligencia artificial generativa pasó de ser una curiosidad académica a una herramienta que muchos docentes de matemática de secundaria abren todas las semanas en su celular o en la computadora del laboratorio. La pregunta ya no es si la usaremos, sino cómo. Y dentro de ese cómo, hay una pregunta más fina, técnica, profesional, que es la que aborda este libro: cómo escribir las instrucciones que le damos a la IA para que el recurso que devuelve tenga valor educativo. A esas instrucciones se les llama *prompts*, y son el objeto central de las páginas que siguen.

El libro continúa la tarea iniciada en los talleres del Proyecto INNOVA-MatIA, donde se introdujo la figura del docente como *orquestador* y se propusieron las bases conceptuales para incorporar la IA generativa en la enseñanza de la matemática. Aquellas actividades respondieron la pregunta «¿qué cambia en mi papel como docente?»; este libro responde una más concreta: «¿cómo redacto un prompt que produzca un recurso digital útil para mi clase del lunes?»

## 1.1 Qué propone y qué no propone este libro

Este libro propone, primero, una **anatomía del prompt**: una manera de organizar lo que le pedimos a la IA, llamada las Seis R, que será el marco transversal de toda la obra. Propone, segundo, un **catálogo de salidas**: HTML autocontenidos, artefactos en Claude, fichas en LaTeX, exploradores en GeoGebra, infografías, planes de clase, bancos de ítems. Para cada salida ofrece un prompt completo, listo para copiar, y los criterios para revisarlo. Propone, tercero, una **ética profesional** del uso de IA en educación: trazabilidad, curaduría, respeto a la Ley 8968 de protección de datos personales, sospecha permanente frente a la apariencia de calidad.

Este libro no propone reemplazar el criterio docente. No propone tampoco que la IA produzca aprendizaje por sí sola: el aprendizaje sigue ocurriendo en la mediación entre el estudiantado, el contenido matemático y el docente. No es un manual de programación; usted no aprenderá aquí a escribir HTML desde cero. Y no es un compendio de prompts mágicos: cada prompt del libro está pensado para ser leído, comprendido, modificado y devuelto al banco personal

de cada lector.

## 1.2 Tres tesis que orientan la lectura

Conviene poner por escrito, desde el inicio, las tres tesis sobre las que descansa el libro entero.

La primera: **un prompt no es magia, es un texto profesional**. Tiene estructura, tiene anatomía, se redacta con cuidado y se evalúa por su utilidad pedagógica. Pedirle a la IA «hazme una actividad sobre triángulos» rinde lo que merece la consigna. Pedirle con las Seis R produce, en general, algo que se puede llevar al aula tras una pasada de curaduría.

La segunda tesis: **la IA no sustituye al docente; lo desplaza hacia decisiones de mayor nivel**. Donde antes el docente dedicaba horas a maquetar una ficha en Word, ahora puede dedicar ese tiempo a decidir qué habilidad MEP va a movilizar, qué contexto disparador conecta con su grupo, qué adecuaciones aplicar, qué tipo de evaluación corresponde. El centro de gravedad de la profesión no desaparece: se eleva.

La tercera tesis: **un recurso visualmente atractivo pero matemáticamente débil es peor que ningún recurso**. La IA produce con facilidad recursos que se ven bien y enseñan mal: ecuaciones con soluciones incorrectas, distractores triviales, gráficos con ejes invertidos, habilidades MEP mal citadas. La curaduría docente no es un paso opcional al final; es parte del propio diseño y aparecerá en cada capítulo como un recuadro recurrente.

## 1.3 Para quién está escrito

El destinatario principal es el profesor o profesora de matemática de educación secundaria en Costa Rica, de sétimo a undécimo año, con dominio disciplinar y curricular, pero con poca o ninguna experiencia previa programando o trabajando con IA generativa. El libro evita los tecnicismos innecesarios y, cuando los introduce, los explica de forma sencilla y los consolida en el glosario final. La voz del libro es directa al lector, en español de Costa Rica, en tono cálido pero riguroso, en coherencia con lo desarrollado en los talleres del Proyecto INNOVA-MatIA.

Pueden encontrar utilidad también, en lecturas selectivas: estudiantes de profesorado en matemática, asesores pedagógicos de las direcciones regionales, formadores en universidades públicas y privadas, y docentes de otras disciplinas que quieran adaptar los principios del libro a sus propios contextos. La columna vertebral, sin embargo, es la mediación matemática en secundaria.

**Brújula de lectura**

**Cómo leer este libro según su perfil**

**Si es la primera vez que usa IA generativa para preparar clase**, lea los capítulos 1 al 6 de manera lineal antes de saltar a los prompts prácticos. Los fundamentos le ahorrarán muchos intentos fallidos.
**Si ya usa IA con regularidad pero siente que los resultados son inconsistentes**, vaya directo al Capítulo 3 (las Seis R) y luego al Capítulo 17 (curaduría). Es muy probable

que la inconsistencia se resuelva con estructura, no con más intentos.
**Si busca un recurso específico para una clase concreta**, consulte el banco del Capítulo 18, copie el prompt que más se acerque, modifíquelo siguiendo el recuadro «Qué puede modificar el docente» del capítulo correspondiente, y aplique la lista de cotejo antes de proyectar.
**Si coordina un departamento o lidera formación docente**, los capítulos 4, 5, 16 y 17 ofrecen el marco conceptual para acompañar a un grupo de colegas en el proceso. Los demás capítulos sirven como ejemplos concretos.

## 1.4 Cómo está organizado

El libro se compone de seis partes y un total de veintiún capítulos cortos, autocontenidos, cada uno respondiendo a una pregunta concreta del docente. La Parte I, que comienza aquí, sienta los fundamentos: qué es un prompt docente, cómo se estructura mediante las Seis R, qué cuatro roles sigue ejerciendo el docente como orquestador y qué criterios pedagógicos definen un buen recurso digital de matemática. La Parte II entra de lleno en el formato más versátil para el aula costarricense. La Parte III aborda los artefactos en Claude. La Parte IV recorre tres salidas especializadas: GeoGebra, LaTeX y las infografías. La Parte V trata el planeamiento MEP y las evaluaciones. La Parte VI integra todo, ofrece adaptaciones por área del programa y entrega un banco final de prompts listos para copiar.

Cada capítulo conserva una misma estructura para que el lector se oriente con facilidad: una pregunta-guía al inicio, una explicación breve del concepto o técnica, ejemplos contextualizados al MEP y a Costa Rica, recuadros con prompts listos para copiar, análisis bajo las Seis R, indicaciones de qué modificar, cómo revisar, qué cuidados tener con la alucinación de la IA, qué decisiones siguen siendo del docente y qué archivar para mantener trazabilidad.

## 1.5 Una palabra sobre el formato

Este libro se publica como documento en PDF, pensado para una lectura cómoda tanto en pantalla como impreso. Cada prompt que se discute aparece transcrito de forma íntegra y lista para copiarse a un asistente conversacional, y cada recurso digital que el libro propone se acompaña de las indicaciones necesarias para reproducirlo. El documento se puede leer en computadora, en tableta o en celular, y conserva su formato al imprimirse. La versión se aloja en el repositorio institucional del TEC, desde donde puede descargarse y consultarse libremente.

## 1.6 Agradecimientos

Esta obra se inscribe en el Proyecto INNOVA-MatIA de la Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Agradecemos al Tecnológico de Costa Rica por sostener institucionalmente este trabajo, y a la Dirección Regional de Educación de Cartago del Ministerio de Educación Pública, en particular a profesora MSc. Ana María Navarro Ceciliano, por la apertura para articular esta producción con la realidad de las aulas de secundaria. A los colegas

de la Escuela de Matemática que leyeron versiones preliminares, ensayaron prompts en sus propios espacios y devolvieron observaciones valiosas, nuestro reconocimiento.

> *Enseñar matemática en secundaria es, ante todo, un acto profesional. Las herramientas cambian; el oficio se sostiene. Este libro ofrece nuevas herramientas, pero no pretende redefinir el oficio: pretende, modestamente, ampliarlo.*

Con esa convicción, lo invitamos a continuar.

CAPÍTULO 2

# ¿Qué es un prompt docente?

*Antes de redactar un prompt, conviene tener claros cinco términos que se confunden con frecuencia: IA generativa, modelo de lenguaje, prompt, alucinación y artefacto. Este capítulo los define en lenguaje de aula.*

Buena parte de la frustración con la inteligencia artificial generativa nace de una expectativa equivocada. Muchos docentes la abordan como si fuera un buscador inteligente, una base de datos que sabe matemática, una colega que ha leído todos el programa MEP. No es ninguna de las tres cosas. Comprender qué es realmente una IA generativa, sin pretensiones técnicas pero sin ingenuidad, es el primer paso para usarla con criterio profesional.

## 2.1 IA generativa y modelos de lenguaje

Una IA generativa, en el sentido que interesa al aula, es un programa que produce textos, imágenes, audios o videos nuevos a partir de una instrucción del usuario. El tipo de IA con el que trabajaremos en este libro son los *modelos de lenguaje*, que producen texto. Cuando le pedimos a Claude, a Gemini o a ChatGPT que escriba el código de una práctica guiada, el modelo no consulta una biblioteca; *predice*, palabra por palabra, qué texto continúa razonablemente al texto que le dimos. Esta predicción se basa en regularidades aprendidas durante el entrenamiento del modelo sobre cantidades enormes de texto.

De esta definición operativa se siguen tres consecuencias prácticas. Primero, el modelo no «sabe» matemática en el sentido en que un docente sabe matemática; reconoce patrones del lenguaje matemático con mucha precisión, pero no resuelve un problema verificando paso a paso como lo haría un humano experto. Segundo, no consulta fuentes en tiempo real: la información con la que fue entrenado tiene una fecha de corte y, salvo que esté conectado a internet en su versión actual, no sabrá del MEP del año en curso. Tercero, su salida depende sensiblemente de cómo se redacte la entrada: dos prompts ligeramente diferentes pueden producir resultados muy distintos.

## 2.2 Prompt, salida y artefacto

Tres palabras se usan a menudo como sinónimos y no lo son. El **prompt** es lo que el docente escribe: la instrucción que envía al modelo. La **salida** es lo que el modelo devuelve: el texto, el código, la rúbrica, la explicación. El **artefacto** es el recurso final que el docente lleva al aula, una vez revisada, ajustada y validada la salida. La distinción importa porque la salida

es del modelo, pero el artefacto es del docente. La responsabilidad pedagógica recae sobre el artefacto, no sobre la salida.

Esta es una de las razones por las que el libro insiste en la trazabilidad: archivar el prompt, la salida y el artefacto permite reconstruir el proceso, mejorar futuros prompts y mostrar transparentemente, ante coordinaciones académicas o ante el propio estudiantado, qué fue obra de la IA y qué fue obra del docente. En la práctica profesional contemporánea, esa transparencia es una virtud, no una concesión.

## 2.3 Alucinación: cuando la IA se equivoca con seguridad

La palabra *alucinación*, en el mundo de los modelos de lenguaje, designa un fenómeno específico: el modelo produce información falsa con el mismo tono de seguridad con el que produce información verdadera. No es un error que vaya a corregirse por sí solo con más datos: es una característica estructural de la manera en que los modelos generan texto. Esto es importante porque la alucinación no se anuncia: no aparece con una marca roja, no viene con una advertencia. Aparece en medio de una respuesta correcta, en una sola línea, casi imperceptible.

En el contexto del aula de matemática, las alucinaciones más frecuentes son cuatro: cuentas mal resueltas presentadas con paso a paso impecable, referencias a habilidades del Programa de Estudios del MEP que no existen o están mal numeradas, citas a autores con frases inventadas, y gráficos descritos verbalmente con propiedades que no se corresponden con la figura real que la IA imagina. La consecuencia profesional es directa: **cada salida de la IA debe ser revisada antes de proyectarse al aula**, sin excepción.

**Cuidado con la alucinación**

**Cuatro alucinaciones típicas en matemática**

- **Cuentas mal resueltas con procedimiento aparentemente correcto.** El modelo describe los pasos bien y comete un error aritmético en uno de ellos. Verifique siempre el resultado numérico final con calculadora.
- **Habilidades MEP inventadas o mal numeradas.** El modelo puede citar «la habilidad 4.7 del Programa de octavo año» aunque esa numeración no exista. Verifique contra el documento oficial.
- **Referencias bibliográficas falsas.** El modelo inventa títulos, años, páginas con apariencia académica. Si necesita una cita, no la pida; bríndela usted desde su biblioteca personal.
- **Descripciones gráficas inconsistentes.** El modelo dice que la parábola abre hacia arriba mientras el código que produjo dibuja una que abre hacia abajo. Abra el código y verifique visualmente.

## 2.4 Curaduría docente y trazabilidad

La **curaduría docente** es el conjunto de decisiones que el profesional toma sobre la salida de la IA antes de convertirla en artefacto. Curar no es recibir pasivamente: es seleccionar lo que

sirve, descartar lo que no, ajustar lo que requiere matiz, completar lo que falta y, sobre todo, verificar. La curaduría se ejerce en tres planos: *disciplinar* (¿la matemática está correcta?), *pedagógico* (¿es apropiada para este grupo, este momento del curso, este nivel?), y *técnico* (¿abre, se ve, funciona en celular y en proyector?). Cada capítulo de este libro incluirá un recuadro «Cómo revisar el resultado» que detalla la curaduría para el tipo de salida correspondiente.

La **trazabilidad** es el registro del proceso. En la práctica significa guardar, para cada recurso que se lleva al aula, una pequeña carpeta con: el prompt original tal como se envió, la salida cruda de la IA, la versión adaptada por el docente, y una nota breve con las decisiones de curaduría. Este archivo no es burocracia; es la huella profesional que protege al docente y le permite mejorar prompts futuros.

> **Decisión docente**
>
> **Lo que la IA jamás decide**
>
> A lo largo de este libro encontrará un recuadro recurrente con este nombre, recordando que ciertas decisiones siguen siendo, por su naturaleza, exclusivas del profesional docente. En este momento inicial conviene fijar las cuatro más generales:
>
> - **Qué enseñar.** La selección de la habilidad, el indicador, el contenido del programa MEP que se va a movilizar es decisión del docente, no del modelo.
> - **A quién se enseña.** Las características del grupo, las adecuaciones, los conocimientos previos, las dinámicas de aula son información que el docente conoce y el modelo no.
> - **Cuándo introducir un recurso.** Si una práctica guiada consolida o si introduce un concepto, si una rúbrica evalúa o si forma, es una decisión de timing pedagógico irrenunciable.
> - **Cómo evaluar el aprendizaje.** El juicio sobre el progreso de cada estudiante, sustentado en evidencias, no se delega.

## 2.5 HTML autocontenido y otros formatos

El formato de salida que más usaremos en este libro es el **HTML autocontenido**: un único archivo, con extensión `.html`, que el docente puede abrir con doble clic en un navegador, proyectar en pantalla, compartir por correo, descargar en un celular y usar sin conexión a internet (salvo, en algunos casos, una pequeña descarga inicial de KaTeX para renderizar matemática). La virtud principal del HTML autocontenido es que sobrevive a casi cualquier escenario tecnológico del aula costarricense: funciona igual en la computadora de la sala de docentes, en la tableta del laboratorio y en el celular del estudiantado.

Pero no es el único formato. El libro discutirá también artefactos interactivos producidos por Claude (componentes React con interactividad avanzada), construcciones en GeoGebra Clásico 6 (para geometría dinámica y exploración funcional), fichas y guías en LaTeX compiladas en Overleaf (para impresión profesional), e infografías y cuadernos dinámicos en Canva o Genially (para síntesis visuales). La elección del formato depende del propósito pedagógico,

no del entusiasmo técnico.

> **Advertencia legal**
>
> **Ley 8968: protección de datos personales del estudiantado**
>
> La Ley de Protección de la Persona frente al tratamiento de sus datos personales (8968) y la Política del MEP en la materia obligan al docente a no incorporar a una IA generativa datos identificables del estudiantado: nombres completos, cédulas, fotografías, trabajos firmados, situaciones familiares específicas. Antes de subir cualquier material producido por el estudiantado para que la IA lo analice, asegúrese de *anonimizar*: elimine nombres, cédulas, fotografías; sustituya por iniciales o por etiquetas tipo «Estudiante 1». Si el material incluye datos que no puede anonimizar sin perder sentido, no lo suba: analícelo manualmente.
> Esta advertencia aparecerá, cuando corresponda, en otros capítulos. Su lugar central es aquí, al inicio: ningún capítulo posterior la invalida.

## 2.6 Un pequeño glosario para arrancar

Los términos que se usan en este libro están consolidados en el glosario final, pero conviene anticipar cinco que aparecen desde la primera línea: *IA generativa*, programa que produce contenido nuevo a partir de una instrucción; *modelo de lenguaje*, tipo de IA generativa que produce texto, imágenes, audio, video,...; *prompt*, la instrucción que el docente le da al modelo; *salida*, la respuesta que el modelo devuelve; *artefacto*, el recurso final llevado al aula tras curaduría. Con estos cinco basta para empezar; el resto se irá introduciendo de manera situada.

En el siguiente capítulo aprenderemos a estructurar el prompt mediante las Seis R, el marco vertebrador del libro.

CAPÍTULO 3

# La anatomía del prompt: las Seis R

*¿Qué elementos debe llevar un prompt para que la IA produzca un recurso útil para mi clase? Seis bloques articulados, ni más ni menos, conforman el marco que vertebra el libro entero.*

Las Seis R son el marco práctico que organiza todo lo que el docente le pide a una IA generativa. Cada R representa un bloque del prompt con una función específica: **Rol**, **Resultado**, **Receptor**, **Restricciones**, **Recursos** y **Revisión**. Cuando los seis bloques están presentes, la salida del modelo mejora de forma notable. Cuando alguno falta, la salida puede ser técnicamente correcta pero pedagógicamente pobre, o pedagógicamente sólida pero técnicamente inservible. El orden en que se presentan las R no es arbitrario: cada una prepara el terreno para la siguiente.

## 3.1 R1 · Rol

El primer bloque define la **perspectiva profesional** desde la cual debe trabajar el modelo. Pedirle a la IA que actúe como diseñador pedagógico con experiencia en secundaria costarricense no es una pose: orienta el lenguaje, el tipo de ejemplos, la profundidad disciplinar. Compare la diferencia entre «hazme una actividad de fracciones» y «actúa como diseñador pedagógico y programador educativo, con experiencia en mediación matemática para estudiantes de secundaria en Costa Rica; necesito una actividad de fracciones...». La segunda formulación posiciona al modelo en un registro profesional que se refleja en la salida.

## 3.2 R2 · Resultado

Aquí se especifica **qué formato técnico** debe entregar el modelo. ¿Un archivo HTML único? ¿Un componente React? ¿Un documento en LaTeX para Overleaf? ¿Un texto estructurado para Canva? La indicación debe ser inequívoca, porque el modelo, ante la duda, suele ofrecer lo más genérico. Sin un Resultado claro, una práctica guiada se entrega como prosa explicativa, no como código ejecutable.

## 3.3 R3 · Receptor

El receptor es el **grupo concreto** al que va dirigido el recurso. El año escolar, las edades aproximadas, la zona, los conocimientos previos, el número de estudiantes con adecuación curricular, los repitentes, los intereses. Esta información sirve para ajustar el lenguaje, los contextos

disparadores y el nivel de los ejemplos. La IA no conoce a su grupo: usted sí. Un prompt sin Receptor produce salidas calibradas para un grupo promedio inexistente.

## 3.4 R4 · Restricciones

Las restricciones son las condiciones que el recurso debe respetar. Conviene dividirlas en dos planos. Las **pedagógicas**: número de ítems, escalonado de dificultad, tipo de retroalimentación, presencia o ausencia de gamificación, idioma y registro. Las **técnicas**: archivo único, dependencias permitidas, tamaño máximo, dispositivos compatibles, tipografía mínima, accesibilidad, ausencia de emojis, ausencia de enlaces externos. Un prompt sin restricciones rinde un recurso correcto sobre el papel y catastrófico en el aula proyectada.

## 3.5 R5 · Recursos

Los recursos son los **insumos verificados** que usted le pasa al modelo para que no los invente. Esto incluye, típicamente, la habilidad o indicador del programa MEP que se desea movilizar, el contexto disparador costarricense (una situación cotidiana del estudiantado), y entre dos y cuatro ejemplos resueltos con cuentas que usted ya verificó. Sin este bloque, la IA inventará habilidades, fabricará tarifas del ICE inexistentes y propondrá ejemplos cuyas soluciones no son enteras donde usted quería enteras.

## 3.6 R6 · Revisión

La sexta R es un **autocontrol explícito** que el docente le pide al modelo antes de entregar la salida. Verifica que el HTML sea válido, que las cuentas estén bien, que la notación matemática se renderice correctamente, que no haya texto en inglés en la interfaz, que el tamaño del archivo respete el límite. Esta revisión del modelo no sustituye la curaduría del docente, pero reduce drásticamente los errores básicos. Es la diferencia entre un primer borrador y un borrador con corrección de pruebas.

## 3.7 Las Seis R en un mismo prompt: pendiente de la recta, en tres versiones

Para apreciar el efecto de cada R conviene comparar tres versiones del mismo prompt, dirigidas todas a producir una actividad sobre la pendiente de la recta para octavo año. La versión 1 es la que muchos docentes prueban primero. La versión 2 añade Rol, Resultado y Receptor. La versión 3 incorpora las Seis R completas.

**Comparación de prompts**

**Misma intención · Tres niveles de estructura**

```
Versión 1 · Sin estructura
Hazme una actividad sobre pendiente de la recta para octavo.
```

*La salida típica es un texto explicativo genérico con uno o dos ejemplos, sin formato definido, sin contexto costarricense, sin retroalimentación, sin instrucciones de uso en aula. Útil como referencia, inservible como recurso.*

```
Versión 2 · Con tres R: Rol, Resultado, Receptor
Actúa como diseñador pedagógico de matemática para secundaria en Costa
↪  Rica. Necesito un archivo HTML autocontenido con una actividad sobre
↪  pendiente de la recta para estudiantes de octavo año, edades 13 a 14,
↪  en una zona urbano-marginal.
```

*La salida ya tiene formato definido y registro lingüístico ajustado. Pero las restricciones técnicas no están explícitas (puede traer librerías externas innecesarias), los recursos no están dados (la IA inventará el contexto y los ejemplos), y no hay revisión final.*

```
Versión 3 · Las Seis R completas
[ROL] Actúa como diseñador pedagógico y programador educativo, con
↪  experiencia en mediación matemática para secundaria en Costa Rica.

[RESULTADO] Un archivo HTML autocontenido para una práctica guiada sobre
↪  pendiente de la recta en contexto de rampas de acceso para personas con
↪  discapacidad.

[RECEPTOR] Octavo año, 13-14 años, zona urbano-marginal de Cartago. Dos
↪  adecuaciones no significativas. Conocen ya razón y proporción.

[RESTRICCIONES] Pedagógicas: 5 ítems escalonados 2-2-1, retroalimentación
↪  útil, 3 intentos por ítem. Técnicas: archivo único, KaTeX por CDN, sin
↪  otras dependencias, menor a 200 KB, responsive, fuente base 18 px, sin
↪  emojis.

[RECURSOS] Habilidad MEP (Octavo año, Relaciones y álgebra): relacionar
↪  pendiente con razón de cambio constante. Contexto: Ley 7600, pendiente
↪  máxima permitida en rampas (12 %). Tres ejemplos resueltos: (1) rampa
↪  de 60 cm en 5 m, pendiente 12 %; (2) rampa de 80 cm en 8 m, pendiente
↪  10 %; (3) rampa de 100 cm en 7 m, pendiente 14,3 %, fuera de norma.

[REVISIÓN] Antes de entregar verifica: HTML válido, KaTeX bien renderizado,
↪  cuentas correctas (mostrar verificación como comentario HTML), tamaño
↪  menor a 200 KB, sin texto en inglés.
```

*La salida, en este caso, suele ser un recurso usable casi sin retoques. Las cuentas están verificadas, el contexto es real (Ley 7600 de Igualdad de Oportunidades para las Personas con Discapacidad), el formato es ejecutable, el archivo cumple los límites. La curaduría docente se reduce a abrir el archivo, probarlo en celular y proyector, y ajustar detalles menores.*

El salto de calidad entre la versión 1 y la versión 3 no proviene de un modelo más potente, sino de un prompt mejor escrito. Por eso este libro insiste en redactar prompts con cuidado profesional, no en buscar modelos más sofisticados. Un prompt bien estructurado bajo las Seis R produce resultados consistentes incluso con modelos modestos; un prompt sin estructura produce resultados erráticos incluso con el modelo más avanzado.

### Las Seis R en acción

**Síntesis del marco para tener a mano**

- **Rol.** Quién debe ser el modelo al redactar.
- **Resultado.** Qué formato técnico debe entregar.
- **Receptor.** A quién va dirigido el recurso.
- **Restricciones.** Qué condiciones pedagógicas y técnicas debe respetar.
- **Recursos.** Qué insumos verificados aporta el docente.
- **Revisión.** Qué debe autoverificar el modelo antes de entregar.

Las Seis R no son una camisa de fuerza: son una lista de verificación para que el prompt no salga incompleto. Con la práctica, redactarlas se vuelve un acto natural.

### Qué puede modificar el docente

**Adaptaciones rápidas sobre la versión 3**

1. Cambiar el tema: reemplazar «pendiente de la recta» por proporcionalidad inversa, función lineal, sistemas $2 \times 2$, según su unidad.
2. Cambiar el contexto: en lugar de rampas, una caminata con desnivel, una escalera de servicio, una calle inclinada del barrio.
3. Cambiar la cantidad y el escalonado: pedir 7 ítems en 3-3-1, o reducir a 4 ítems en 2-1-1.
4. Cambiar el receptor: noveno año en zona rural, undécimo en colegio técnico.
5. Endurecer la revisión: pedir además que verifique accesibilidad básica (contraste de color, navegación por teclado).

### Trazabilidad

**Qué archivar al iterar prompts**

Cuando experimente con las Seis R, conviene archivar las versiones que pruebe. Una carpeta llamada por ejemplo `2026-octavo-pendiente/` puede contener: `prompt-v1.txt` (versión sin estructura), `prompt-v2.txt` (con tres R), `prompt-v3.txt` (con las Seis R), y un breve `notas.md` con observaciones sobre qué cambió y por qué. Este archivo es oro: en seis meses, cuando vuelva a preparar el tema, comenzará desde la versión 3, no desde cero.

En el siguiente capítulo veremos cómo las Seis R se articulan con los cuatro roles del docente como orquestador: diseñador, mediador, curador y evaluador.

CAPÍTULO 4

# El docente como orquestador

*¿Qué cuatro roles sigue ejerciendo el docente cuando incorpora IA generativa? Diseñador, mediador, curador y evaluador. Este capítulo los recorre uno a uno y los mapea sobre las Seis R.*

La investigación, la experiencia en el aula y la literatura especializada coinciden en una imagen que organiza todo el trabajo profesional del docente que incorpora IA generativa en su práctica: la del **orquestador**. Como un director de orquesta, el docente no toca todos los instrumentos, pero decide qué se toca, cómo, cuándo entra cada sección, cuándo se detiene una para que otra brille. Las herramientas tecnológicas son los instrumentos; la mediación con el estudiantado es la música. Sin orquestador no hay obra. En este capítulo profundizamos esa imagen y la traducimos en cuatro roles concretos y verificables, que reaparecerán a lo largo del libro.

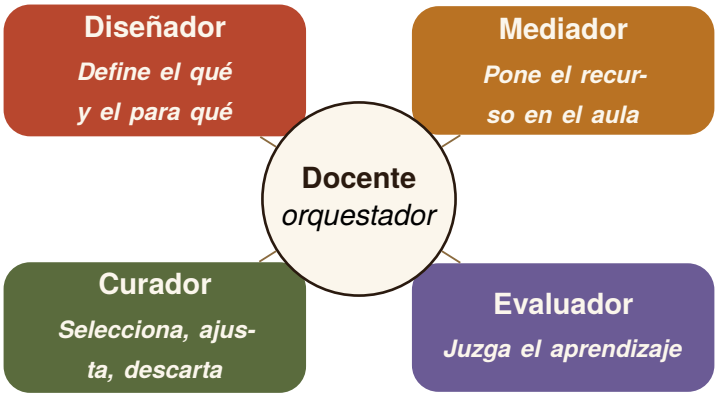


*Figura 4.1. Los cuatro roles del docente como orquestador. Cada uno dialoga con el centro y con los demás; ninguno desaparece cuando entra la IA.*

## 4.1 Rol 1 · Diseñador

El **diseñador** es el primer rol porque ocurre antes de cualquier interacción con la IA. Aquí el docente decide qué habilidad del programa MEP quiere movilizar, qué aprendizaje espera evidenciar al final de la clase, qué contexto disparador conecta con el grupo, qué tiempo dedicar, qué tipo de recurso conviene (introducción, consolidación, evaluación), qué adecuaciones aplicar. Esta decisión es enteramente pedagógica y precede al prompt. Si el diseñador no hizo bien su trabajo, las Seis R no salvarán al resto del proceso: la IA producirá con eficacia un recurso para un propósito mal definido.

El diseñador se reconoce en las primeras tres R: *Rol* (qué tipo de profesional debe ser el modelo, lo que depende del propósito), *Resultado* (qué formato sirve mejor al propósito), *Receptor* (a qué grupo concreto y con qué características).

## 4.2 Rol 2 · Mediador

El **mediador** es quien convierte el recurso en experiencia de aprendizaje. Aquí no hay IA: hay docente, estudiantado, recurso, espacio físico y tiempo de clase. La mediación incluye la presentación del recurso (cómo se introduce, qué consigna oral acompaña), la gestión del aula (quién trabaja con quién, qué circulación de docente), el acompañamiento situado (a quién se le da una pista oral antes de la digital, a quién se le sube el nivel), la conversación posterior (qué se sintetiza, qué queda pendiente).

Rabardel (1995), en su *aproximación instrumental*, distinguió entre *artefacto* (el objeto material o digital tal como llega) e *instrumento* (el artefacto puesto en uso por un sujeto en una actividad). Un HTML interactivo es un artefacto; cuando un estudiantado de octavo lo usa, guiado por la mediación del docente, se vuelve instrumento de aprendizaje. La mediación es lo que opera ese tránsito. Sin mediación, el artefacto es solo una pantalla más.

## 4.3 Rol 3 · Curador

El **curador** revisa, selecciona, ajusta y descarta. Es quien recibe la salida de la IA, la lee con sospecha profesional, identifica los errores que pueda contener, decide qué conservar tal cual, qué reescribir, qué eliminar. Es también quien adapta el recurso a su grupo: introduce los nombres de las pulperías del barrio, cambia los ejemplos por situaciones que el estudiantado reconozca, ajusta los tiempos al ritmo del aula, refina los distractores de los ítems para que cada uno represente un error típico real.

El curador trabaja sobre todo en dos R: *Restricciones* (las que escribió en el prompt para acotar la salida) y *Revisión* (las que aplica al recurso ya producido). Si el diseñador define la apuesta, el curador la sostiene en el terreno.

## 4.4 Rol 4 · Evaluador

El **evaluador** juzga el aprendizaje, no la apariencia del recurso. Esta distinción es central. Un recurso puede ser visualmente espectacular y no haber producido aprendizaje; un recurso modesto puede haber generado una conversación de aula que avanzó la comprensión del grupo. El evaluador atiende a lo segundo. Diseña rúbricas alineadas con las habilidades del programa, observa procesos durante la actividad, recoge evidencias del trabajo del estudiantado, ajusta sus próximas decisiones de enseñanza.

El evaluador interactúa con la R5 (*Recursos*, cuando aporta criterios y rúbricas como insumo del prompt) y, sobre todo, con la salida final del aula: el aprendizaje observado. Esta cuarta tarea no se delega a la IA bajo ningún concepto.

## 4.5 Articulación de los cuatro roles

Los cuatro roles no se ejercen en secuencia rígida ni en compartimentos estancos. Un docente experimentado los recorre varias veces durante el ciclo de una clase: diseña, escribe el prompt, recibe la salida, cura, vuelve a diseñar (porque al curar descubre que el propósito requiere otro tipo de recurso), media en el aula, evalúa lo que observa, ajusta para la próxima clase. Las Seis R son la anatomía del prompt; los cuatro roles son la anatomía del trabajo profesional alrededor de ese prompt.

> *El docente que orquesta no es menos docente. Es más docente, porque las decisiones que toma exigen ahora articular el contenido matemático, el grupo concreto, la herramienta digital y la salida de un modelo que puede equivocarse con elegancia.*

**Decisión docente**

**Una decisión irrenunciable por cada rol**

- **Como diseñador:** cuál habilidad MEP moviliza en esta clase concreta y por qué.
- **Como mediador:** a qué tres estudiantes se va a acercar en el momento del trabajo individual.
- **Como curador:** qué error de la salida de la IA *no* va a aceptar bajo ninguna circunstancia, incluso si esto le toma media hora corregir.
- **Como evaluador:** qué evidencia concreta de aprendizaje recoge al cierre de la clase y cómo la usa la próxima sesión.

**Cuidado con la alucinación**

**Alucinaciones que solo el curador puede cazar**

Hay errores que la IA jamás detectará por sí misma porque presupone que su salida es correcta. Estos errores caen, por defecto, sobre el rol curador del docente. Tres ejemplos típicos:

- **Contradicción interna no señalada.** El modelo enuncia que la pendiente es 0,12 y luego, dos líneas después, escribe 0,10 al sustituir. La IA no se autocontradice de forma explícita; el curador sí lee con atención lineal.
- **Habilidades MEP plausibles pero inexistentes.** «Habilidad 4.3 de octavo: representación gráfica de funciones cuadráticas». Suena bien, pero la cuadrática se ve en décimo. El curador verifica contra el documento oficial.
- **Contextos costarricenses inventados con detalle.** «En la Feria del Agricultor de Tres Ríos, los lunes...». La Feria de Tres Ríos no abre los lunes. El curador sabe.

En el último capítulo de esta Parte I veremos qué criterios pedagógicos hacen que un recurso digital, más allá de su apariencia, tenga valor educativo en el aula de matemática.

CAPÍTULO 5

# Criterios pedagógicos para diseñar recursos digitales

*¿Qué hace que un recurso digital de matemática sea bueno, más allá de que se vea bonito? Cinco criterios sostienen la respuesta y orientan todo el resto del libro.*

Un recurso digital de matemática puede ser visualmente atractivo y, al mismo tiempo, pedagógicamente débil. La trampa más frecuente en el uso de IA generativa en educación es confundir lo primero con lo segundo. Un explorador con deslizadores brillantes que no articula registros de representación entre sí enseña tan poco como una hoja de papel mal diseñada, con la desventaja añadida de que el docente confió en su apariencia. Para evitar esa confusión, este capítulo propone cinco criterios pedagógicos que sostendrán las decisiones del libro entero: rigor disciplinar, alineación con el Programa MEP, registros semióticos, mediación instrumental y proporcionalidad entre forma y propósito.

## 5.1 Criterio 1 · Rigor disciplinar y notación correcta

El primero, y sin el cual ningún otro tiene sentido, es el **rigor disciplinar**. El recurso debe ser matemáticamente correcto en cada uno de sus componentes: definiciones, notación, resultados, ejemplos. Esto incluye detalles que la IA suele atender mal: la diferencia entre función y fórmula, entre variable y parámetro, entre igualdad y equivalencia, entre representación gráfica y bosquejo. Incluye también la notación: $f(x) = ax + b$ no es lo mismo que $f = ax + b$; los paréntesis del dominio se cierran de manera distinta a los del codominio; los logaritmos requieren la base explícita cuando hay riesgo de ambigüedad.

La IA tiende a producir notación que se ve bien pero está parcialmente mal. Una práctica guiada puede usar $x$ en un ítem y $n$ en el siguiente para referirse a lo mismo, sin advertirlo. Una rúbrica puede mencionar «la variable independiente» en un descriptor y «la incógnita» en el siguiente, contagiando una confusión que el estudiantado no necesita. El criterio de rigor exige al docente leer la salida con el ojo del matemático, no del usuario.

## 5.2 Criterio 2 · Alineación con el Programa MEP

El segundo criterio es la **alineación curricular**. Un recurso digital de matemática para una clase de secundaria en Costa Rica debe responder a una habilidad o indicador del Programa de Estudios del MEP. No basta con que el tema sea «de octavo»: debe poder identificarse,

idealmente, con qué habilidad concreta se relaciona, en qué unidad del año, y cómo se inscribe en el enfoque de resolución de problemas que vertebra el Programa desde 2012.

Ruiz (2013), en su exposición fundacional del enfoque MEP, recordaba que la matemática se aprende resolviendo problemas, no aplicando procedimientos a ejercicios. La distinción es práctica: un ejercicio es una tarea cuyo procedimiento el estudiantado ya conoce; un problema es una tarea para la que aún no tiene un procedimiento disponible y debe construirlo. La mayoría de los recursos digitales que la IA produce por defecto son ejercicios. Conseguir que produzca problemas requiere indicarlo explícitamente en las restricciones del prompt y, sobre todo, aportar contextos no rutinarios en el bloque de recursos.

## 5.3 Criterio 3 · Registros semióticos y tránsito entre representaciones

El tercer criterio proviene de Duval (2004) y de su *teoría de los registros semióticos de representación*. La matemática trabaja con objetos a los que no accedemos directamente sino a través de representaciones: una función puede aparecer como expresión algebraica, como tabla, como gráfico cartesiano, como descripción verbal de un fenómeno, como diagrama de flechas. Duval argumentó que la comprensión matemática se evidencia, sobre todo, en la capacidad de *transitar entre registros*: pasar de la tabla al gráfico, del enunciado a la fórmula, del gráfico a la palabra.

Un recurso digital con valor pedagógico real explicita ese tránsito. Un explorador de la función lineal que muestra la fórmula y, al mover el deslizador, actualiza simultáneamente la tabla, el gráfico y un breve enunciado en lenguaje natural, encarna el criterio. Uno que solo muestra el gráfico no. Cuando usted redacte el prompt, conviene incluir la articulación de registros como una restricción pedagógica explícita.

## 5.4 Criterio 4 · Mediación instrumental

El cuarto criterio retoma la distinción que Rabardel introdujo entre *artefacto* e *instrumento*, ya mencionada en el capítulo anterior. Un recurso digital es un artefacto; se vuelve instrumento de aprendizaje cuando un sujeto lo pone en uso dentro de una actividad situada. La *génesis instrumental* es el proceso, no instantáneo, mediante el cual el estudiantado se apropia del artefacto y lo integra a sus esquemas de acción.

En la práctica este criterio orienta dos decisiones del diseñador. Primera: un recurso digital nuevo no se entrega sin acompañamiento; requiere una mediación que oriente sus primeros usos, antes de que se vuelva instrumento. Segunda: el mismo artefacto puede generar instrumentos distintos en estudiantes distintos, según cómo cada uno lo apropie. La heterogeneidad no es un fallo del recurso; es una propiedad del proceso. El docente lo sabe y lo gestiona.

## 5.5 Criterio 5 · Proporcionalidad entre forma y propósito

El quinto y último criterio es de economía profesional: **la sofisticación técnica del recurso debe estar proporcionada con el propósito pedagógico**. Una actividad de cinco minutos para

repasar identidades notables no necesita un componente React con animaciones avanzadas; basta una práctica guiada en HTML simple. Una introducción a la función cuadrática puede justificar un explorador con tres deslizadores, varias representaciones articuladas y registro de exploración del estudiantado. Pero forzar el segundo formato sobre el primer propósito es desperdicio profesional: tiempo de diseño, tiempo de curaduría, tiempo de aula.

Este criterio se traduce, al redactar prompts, en una pregunta previa: ¿cuál es el recurso más sencillo que cumple este propósito? Pedirle a la IA el recurso más sencillo, antes de pedirle el más sofisticado, suele rendir mejores resultados pedagógicos y menos curaduría posterior.

**Cómo revisar el resultado**

**Lista de cotejo inicial de calidad de un recurso**

Esta lista se irá refinando capítulo por capítulo según el tipo de salida. Su versión genérica, aplicable a casi cualquier recurso digital de matemática:

1. ¿La matemática del recurso es **correcta** en notación, definiciones y cuentas?
2. ¿Se identifica con claridad la **habilidad o indicador del Programa MEP** que moviliza?
3. ¿El recurso **articula al menos dos registros** de representación o promueve el tránsito entre ellos?
4. ¿El nivel y el contexto son **apropiados para el grupo** concreto al que va dirigido?
5. ¿La complejidad técnica está **proporcionada con el propósito pedagógico**?
6. ¿Sobrevivirá el recurso a **las condiciones reales del aula** (proyector, celular, conectividad intermitente)?

Si la respuesta a cualquiera de las seis preguntas es «no», conviene iterar el prompt antes de proyectar.

## 5.6 Un ejemplo de prompt débil con su crítica

Para fijar los criterios conviene examinar un prompt deliberadamente débil y aplicarle la crítica criterio por criterio. Considérese:

```
prompt débil · contraejemplo
Hazme una actividad bonita en HTML para que mis estudiantes
practiquen fracciones. Que tenga colores, animaciones, sonidos,
y que sea divertida. Para niños de secundaria.
```

Bajo el criterio de *rigor disciplinar*, el prompt no indica qué operación con fracciones (suma con denominadores distintos, multiplicación, división, representación), por lo que la IA elegirá la más genérica y probablemente la peor calibrada. Bajo *alineación MEP*, no se cita la habilidad ni el nivel exacto; cualquier salida será «de secundaria» en abstracto. Bajo *registros*, no se exige tránsito entre fracción numérica, modelo de área y modelo de recta numérica. Bajo *mediación instrumental*, no se prevé acompañamiento ni se anticipa heterogeneidad. Bajo *proporcionalidad*, el énfasis en colores, animaciones y sonidos sugiere que la sofisticación técnica

está sobredimensionada frente a un propósito que ni siquiera se ha precisado.

La reescritura, bajo las Seis R, ataría cada criterio a una decisión concreta: en R1, el rol técnico-pedagógico; en R2, un HTML autocontenido con KaTeX; en R3, el grupo de octavo año con sus características; en R4, restricciones que exijan articulación de al menos dos registros y sobriedad visual; en R5, la habilidad MEP exacta y ejemplos verificados; en R6, una revisión que cierre el círculo. El recurso resultante será más útil y mucho más sobrio.

**Cuidado con la alucinación**

**Cuando el recurso simula rigor sin tenerlo**

Las salidas de la IA pueden adoptar formalmente las marcas del rigor sin cumplirlo. Tres señales de alerta:

- El recurso muestra un «procedimiento paso a paso» muy ordenado, pero el último paso no se sigue de los anteriores.
- Aparecen palabras del registro experto («dominio», «codominio», «biyectiva») usadas con imprecisión.
- Se citan habilidades del Programa MEP con numeración inventada, aprovechando que el lector rara vez verifica.

El rigor no se reconoce por la apariencia; se verifica por la coherencia interna.

**Decisión docente**

**Qué registro priorizar y cuándo**

La articulación de registros, en abstracto, es siempre deseable. En la práctica, cada momento del curso requiere priorizar uno. Esta priorización es decisión docente y depende del estado de la conceptualización del grupo:

- En las primeras sesiones de un nuevo concepto, suele convenir el registro **verbal y de contexto**: que el estudiantado describa con palabras qué ocurre.
- En las sesiones intermedias, el registro **tabular y gráfico**: que vea regularidades antes de formalizarlas.
- En las sesiones de consolidación, el registro **algebraico**: la fórmula como síntesis de lo descubierto, no como punto de partida.

La IA no sabe en qué momento está su curso. Usted sí.

Con estos cinco criterios cerramos la Parte I. Lo que viene a partir del próximo capítulo es la parte más práctica del libro: cómo redactar, paso a paso, prompts que produzcan los tipos de recursos digitales más útiles para el aula de matemática en secundaria. El primero, el más versátil y el más usado, es el HTML autocontenido.

PARTE II

# Artefactos HTML autocontenidos

CAPÍTULO 6

# El formato base: prompts para HTML autocontenido

*¿Cómo se ve un prompt completo que produce un archivo HTML listo para usar en clase? Este capítulo presenta la plantilla canónica del libro, sobre la cual se construyen los siguientes.*

Como vimos, el HTML autocontenido es el formato más versátil para el aula de matemática en secundaria de Costa Rica. Ningún otro reúne al mismo tiempo esa simplicidad técnica, un solo archivo que se abre con doble clic, se proyecta, se comparte y funciona sin conexión, y esa flexibilidad pedagógica. Por eso será nuestro punto de partida. Este capítulo describe el formato base del prompt que lo produce: una plantilla bajo las Seis R que volveremos a usar, con variaciones, en los capítulos siguientes de esta parte.

## 6.1 Qué es un HTML autocontenido

Un archivo HTML autocontenido es un único documento, con extensión `.html`, que incluye dentro de sí mismo todo lo necesario para funcionar: la estructura del contenido en HTML, los estilos en CSS y la lógica de interacción en JavaScript, embebidos en el mismo archivo. No requiere instalar nada, no requiere un servidor, no requiere otros archivos al lado. Basta con guardarlo, abrirlo con un navegador moderno y usarlo. Esta autonomía es exactamente lo que el aula costarricense necesita: en muchos colegios la conectividad es intermitente, los equipos no aceptan instalaciones, y compartir un recurso entre docentes ocurre a menudo por WhatsApp o por una memoria USB.

La autonomía del formato tiene un precio que conviene conocer. Como todo va en un solo archivo, el tamaño debe vigilarse: recursos por encima de 200 KB ya se notan al cargarse, especialmente desde un celular con red 3G. Esto disciplina la sobriedad: animaciones extensas, imágenes pesadas, librerías inútiles, todo eso se omite. La excepción que vale la pena permitirse es la carga de KaTeX desde un CDN público, que se discute más adelante.

## 6.2 KaTeX por CDN: cuándo y cómo pedirlo

La notación matemática en una página web puede escribirse de tres maneras: como texto plano (`x^2+3x+2`), como imagen, o renderizada con una biblioteca que interprete sintaxis LaTeX. El texto plano es ilegible para el estudiantado y profesionalmente inaceptable. Las

imágenes son rígidas y multiplican el tamaño del archivo. La opción profesional es **KaTeX**, una biblioteca ligera que se carga desde una dirección pública en internet (un CDN, *Content Delivery Network*) y que renderiza expresiones LaTeX directamente en el navegador.

Para incluirla, el prompt debe pedir que la salida cargue KaTeX desde su CDN oficial y que envuelva cada expresión matemática en delimitadores reconocibles: `$...$` para expresiones en línea y `$$...$$` para expresiones centradas. Cuando el modelo respeta esta convención, el resultado se ve como en cualquier libro académico bien tipografiado. Cuando no la respeta, el estudiantado verá `x^2` en lugar de $x^2$, y la actividad pierde profesionalismo.

## 6.3 SVG embebido para figuras geométricas

Cuando una actividad requiere figuras geométricas (un triángulo, una circunferencia, una gráfica cartesiana), el camino más limpio en HTML autocontenido es el **SVG embebido**. SVG es un formato vectorial: las figuras se describen mediante coordenadas y comandos, no como mosaicos de píxeles. Esto significa que se ven nítidas en cualquier tamaño, pesan muy poco, y se pueden modificar línea por línea desde el código. Pedirle a la IA que dibuje una figura con SVG en lugar de una imagen externa es la diferencia entre un recurso liviano y portable y un recurso pesado y frágil.

Las alucinaciones más típicas de la IA en SVG son los ejes invertidos (en SVG el eje y crece hacia abajo, contrario al hábito matemático), las escalas mal calculadas, los polígonos cerrados al revés. La revisión del docente debe abrir el archivo en navegador y comparar visualmente con un boceto en cuaderno antes de proyectar.

## 6.4 Diseño responsive y proyección desde el celular

Un recurso de aula no se ve únicamente en una computadora portátil. Se proyecta desde un cable HDMI conectado al celular del docente, se abre desde la tableta del laboratorio, se prueba en el teléfono de un estudiante de la fila de atrás. El diseño **responsive** es la propiedad de un recurso que se adapta automáticamente al ancho de la pantalla donde se ve: el celular muestra una sola columna; la computadora aprovecha el ancho mayor; el proyector amplía la tipografía para que se lea desde el fondo del aula. Pedirle a la IA que produzca diseño responsive, con un tamaño base de fuente de 18 px o más, botones grandes y alto contraste, es una restricción técnica que debe aparecer siempre en las Seis R.

## 6.5 El formato base completo bajo las Seis R

Lo que sigue es la plantilla canónica del libro. Cópiela tal como está, sustituya los marcadores entre corchetes por la información de su grupo y su tema, y tendrá la base sobre la cual la IA producirá un HTML autocontenido. En los siguientes capítulos veremos cómo ajustar esta plantilla para producir prácticas guiadas, juegos didácticos y exploradores dinámicos.

**Prompt listo para copiar**

**Formato base canónico para HTML autocontenido**

Plantilla maestra. Vamos a aplicarla a continuación con un ejemplo concreto sobre porcentajes en facturas del AyA para sétimo año.

```
prompt · formato base
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y programador educativo,
con experiencia en mediación matemática para estudiantes
de secundaria en Costa Rica.

[RESULTADO]
Necesito un único archivo HTML autocontenido (con CSS y
JavaScript embebidos en el mismo archivo) que pueda abrir
con doble clic en un navegador y proyectar en pantalla,
para una actividad interactiva sobre [tema]
dirigida a estudiantes de [nivel] año de
educación secundaria.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año, edades aproximadas
entre [____] y [____] años.
Características del grupo: [zona, ausentismo,
adecuaciones, repitentes, intereses, conocimientos previos].

Objetivo de aprendizaje: [habilidad o indicador
del programa MEP].
Tipo de recurso: [juego, práctica guiada, memoria,
ruleta, reto, arrastrar y soltar, explorador, cuestionario,
simulación].
Duración estimada: [tiempo].
Dispositivo principal: celular, tableta y computadora.
Nivel de dificultad: [básico, intermedio, avanzado].

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Lenguaje claro, español de Costa Rica, usted formal.
- Instrucciones breves.
- Retroalimentación inmediata después de cada respuesta.
- Permite equivocarse y volver a intentar.
- Incluye al menos [número] ejercicios o retos.
- Felicitación al finalizar.

Técnicas:
- Un solo archivo HTML autocontenido.
- HTML, CSS y JavaScript en el mismo archivo.
- Sin librerías externas, salvo el CDN de KaTeX si hay
  notación matemática.
- Compatible con navegadores modernos de iOS, Android,
  Windows y macOS.
- Diseño responsive: proyector, computadora y celular.
- Tamaño base de fuente 18 px o más; botones grandes;
```

```
  alto contraste.
- Notación matemática siempre con LaTeX renderizado por
  KaTeX, nunca como texto plano.
- Figuras geométricas con SVG embebido.
- Sin emojis. Sin enlaces externos salvo el CDN de KaTeX.
- Tamaño del archivo menor a 200 KB.

[RECURSOS]
Habilidad o indicador del programa MEP: [___].
Contexto disparador costarricense: [___].
Ejemplos resueltos a incluir: [___].

[REVISIÓN]
Antes de entregar el código, verifica:
1. Que el HTML sea válido y abra sin errores.
2. Que todas las expresiones matemáticas estén envueltas
   en delimitadores compatibles con KaTeX.
3. Que las cuentas de los ejemplos sean correctas
   (verificación al final del archivo como comentario HTML).
4. Que el tamaño del archivo sea menor a 200 KB.
5. Que no haya texto en inglés en la interfaz.
6. Que el diseño sea legible desde el fondo del aula.

Entrega final:
1. Resumen breve de la idea pedagógica.
2. Código completo.
3. Lista de verificación para probar el recurso.
```

### Las Seis R en acción

**Cómo se mapea el formato base**

El formato canónico no es un texto libre: cada bloque corresponde a una de las Seis R y cumple una función diferente. Conviene verlo así para poder modificarlo con intención.

- **[ROL]** implementa la R1: define la perspectiva profesional del modelo.
- **[RESULTADO]** implementa la R2: especifica el formato técnico inequívoco.
- **[RECEPTOR]** implementa la R3: caracteriza al grupo y al propósito pedagógico.
- **[RESTRICCIONES]** implementa la R4: las condiciones pedagógicas y técnicas, separadas.
- **[RECURSOS]** implementa la R5: aporta la habilidad MEP, el contexto y los ejemplos verificados.
- **[REVISIÓN]** implementa la R6: el autocontrol explícito antes de entregar la salida.

Si alguno de estos bloques queda incompleto, la salida tiende a flojear en la dimensión correspondiente.

### Qué puede modificar el docente

**Adaptaciones del formato base**

1. **Tema y nivel**: reemplace `[tema]` y `[nivel]` por su unidad y año.
2. **Tipo de recurso**: *práctica guiada*, *juego*, *explorador*, *cuestionario*. Cada uno se desarrolla en su capítulo.
3. **Número de ítems**: típicamente entre 3 y 7. Más de 10 fatigan al estudiantado.
4. **Habilidad MEP**: cítela explícitamente, no la deje que la IA la invente.
5. **Contexto disparador**: una situación real costarricense que conecte con el grupo.
6. **Restricciones técnicas adicionales**: por ejemplo, accesibilidad por teclado, o ausencia total de animaciones para grupos con epilepsia fotosensible.

### Cómo revisar el resultado

**Lista de cotejo para todo HTML autocontenido**

1. El archivo abre con doble clic, sin errores en la consola del navegador.
2. La notación matemática se ve correctamente renderizada por KaTeX.
3. Las cuentas de los ítems son correctas (verifíquelas a mano).
4. El archivo pesa menos de 200 KB.
5. No hay texto en inglés en la interfaz.
6. Se ve bien en celular: pruebe abriéndolo en su propio teléfono.
7. Es legible desde el fondo del aula al proyectar.
8. Funciona sin conexión a internet, salvo la carga inicial de KaTeX.

### Cuidado con la alucinación

**Errores típicos en HTML autocontenido**

- **KaTeX mal cerrado.** El modelo abre `$` y olvida cerrarlo, o usa comillas inglesas que rompen la sintaxis. Resultado: el estudiantado ve código en lugar de fórmulas.
- **SVG con coordenadas erróneas.** Una parábola que abre hacia arriba dibujada como si abriera hacia abajo, ejes invertidos, escalas inconsistentes. Abra el archivo y verifique visualmente.
- **Tamaño excesivo por imágenes embebidas en base64.** El modelo puede incluir imágenes pesadas codificadas dentro del HTML, inflando el archivo. Solicite explícitamente que use SVG y limite el tamaño.
- **Texto en inglés filtrado.** Mensajes como «Try again» o «Submit» aparecen sin querer. Pida revisión explícita de idioma en la R6.
- **Dependencias ocultas.** El modelo carga librerías además de KaTeX (jQuery, Bootstrap, fuentes de Google) que no se pidieron. Verifique que solo cargue KaTeX.

**Trazabilidad**

**Carpeta sugerida para HTML autocontenidos**

Para cada recurso digital que lleve al aula, mantenga una carpeta con el siguiente contenido mínimo:

- `prompt.txt`: el prompt tal como se envió, en limpio.
- `salida-bruta.html`: la respuesta original de la IA, sin modificar.
- `recurso-aula.html`: la versión adaptada por usted, lista para proyectar.
- `notas.md`: una nota breve con los cambios introducidos y por qué.

Con cuatro archivos por recurso, en seis meses tendrá un banco profesional propio que ningún colega podrá replicar improvisadamente.

En los siguientes tres capítulos, el formato base se especializa en tres tipos de recursos: la práctica guiada, el juego didáctico y el explorador dinámico.

CAPÍTULO 7

# Actividades de práctica guiada

*¿Cómo le pido a la IA un ejercicio con retroalimentación inmediata y varios niveles de dificultad, para que el estudiantado pueda equivocarse, recibir orientación y volver a intentarlo?*

La práctica guiada es probablemente el tipo de recurso digital que más usted utilizará en su clase semanal. No es un examen, no es un juego, no es una clase magistral: es ese espacio intermedio en el que el estudiantado consolida un procedimiento mediante intentos sucesivos, con orientaciones cortas que llegan justo cuando se equivoca. Bien diseñada, una práctica guiada permite que cada estudiante avance a su ritmo y que usted libere tiempo para acompañar a quien más lo necesita en el aula. Mal diseñada, se reduce a una hoja de ejercicios disfrazada de pantalla.

En este capítulo aprenderá a redactar un prompt que produzca un archivo HTML autocontenido con todas las características que una práctica guiada de matemática necesita en secundaria: ítems escalonados por nivel de dificultad, retroalimentación inmediata, tres intentos por ítem, pistas opcionales, registro de avance y una felicitación de cierre.

## 7.1 Anatomía de una práctica guiada

Una práctica guiada de matemática descansa en cuatro elementos que conviene tener presentes antes de pedirle algo a la IA. Primero, el **ítem**: una situación concreta, breve, con un único objetivo procedimental claro. Segundo, el **intento**: el espacio donde el estudiantado escribe o selecciona una respuesta. Tercero, la **retroalimentación**: el mensaje que recibe tras cada intento, que no se limita a decir «correcto» o «incorrecto» sino que orienta sobre qué revisar. Y cuarto, la **repetición**: la posibilidad de volver a intentar con una pista o con un nuevo enfoque.

Estos cuatro elementos se corresponden, no de manera mecánica sino por afinidad didáctica, con ideas centrales de la teoría de los campos conceptuales de Vergnaud (1990): la actividad del sujeto ante una situación, la movilización de esquemas, la información que la situación devuelve sobre la acción realizada y la progresiva reorganización de esos esquemas. Cuando una práctica guiada respeta esta secuencia, lo que el estudiantado hace en pantalla se aproxima a una actividad matemática con retroalimentación, aunque mediada por un recurso digital.

## 7.2 Niveles de dificultad sin perder al grupo

Un error frecuente al pedir prácticas guiadas a una IA es solicitar «diez ejercicios sobre ecuaciones» sin más. La salida resulta plana: diez ejercicios igualmente difíciles, o diez ejercicios trivialmente fáciles. La práctica guiada efectiva escalona deliberadamente la dificultad. En este libro recomendamos cinco ítems en proporción **2 : 2 : 1**: dos ítems básicos que aseguran el procedimiento elemental, dos ítems intermedios que añaden una transformación previa al despeje, y un ítem avanzado que exige integrar la propiedad distributiva o una interpretación contextual.

Esta proporción no es caprichosa. El docente costarricense que enseña en grupos con repitencia y ausentismo variables sabe que una práctica de cinco ítems donde todos son avanzados desmotiva al estudiantado de niveles bajos, mientras que una práctica donde todos son básicos aburre a los de niveles altos. La proporción 2 : 2 : 1 permite que la mayoría del grupo complete los primeros cuatro ítems en clase y que el quinto quede como un reto al que se vuelve al día siguiente.

## 7.3 Retroalimentación útil frente a retroalimentación decorativa

La retroalimentación decorativa es la que dice «¡Muy bien!» cuando la respuesta es correcta y «Inténtalo de nuevo» cuando es incorrecta. La retroalimentación útil, en cambio, indica *qué* revisar sin entregar la respuesta. Para una ecuación de la forma $ax + b = c$, una retroalimentación útil ante un error puede decir: «Esa respuesta no satisface la ecuación. Intente despejar paso a paso: aísle primero el término con $x$.» La pista, que es un recurso aparte, sí puede contener una indicación más específica: «Reste $b$ a ambos lados antes de dividir.»

Cuando usted le pide a la IA una práctica guiada, debe explicitar esta distinción. De lo contrario, la salida tenderá a producir mensajes genéricos que no aportan a la mediación.

**Prompt listo para copiar**

**Práctica guiada de ecuaciones de primer grado, octavo año**

Este prompt parte del formato base del Capítulo 6 y lo especializa para una práctica guiada. Sustituya los marcadores entre corchetes para adaptarlo a su grupo y a su tema.

```
prompt · práctica guiada
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y programador educativo,
con experiencia en mediación matemática para secundaria
en Costa Rica.

[RESULTADO]
Un único archivo HTML autocontenido para una práctica guiada
sobre ecuaciones de primer grado en contexto de facturas
del ICE, dirigida a estudiantes de octavo año.

[RECEPTOR]
```

```
Octavo año, 13-14 años. Grupo urbano-marginal con tres
adecuaciones no significativas y dos repitentes. Familiar
con la factura eléctrica del hogar.

Objetivo: resolver ecuaciones $ax+b=c$ y $a(x-h)+k=c$
en contextos de facturación de servicios públicos.
Tipo: práctica guiada con retroalimentación inmediata y
tres niveles de dificultad.
Duración: 25 minutos.
Dispositivo: celular y proyector.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Cinco ítems en proporción 2-2-1 (básico-intermedio-avanzado).
- Tres intentos por ítem antes de mostrar la solución.
- Botón de pista opcional en cada ítem.
- Retroalimentación útil, no decorativa: indica qué revisar
  sin entregar la respuesta.
- Felicitación de cierre con puntaje y opción de reintentar.

Técnicas:
- HTML autocontenido, KaTeX por CDN.
- Sin otras dependencias.
- Responsive, fuente base 18 px, botones grandes.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
- Tamaño menor a 200 KB.

[RECURSOS]
Habilidad MEP: resolver ecuaciones de primer grado en una
variable en contextos reales (Programa, octavo, Relaciones
y álgebra).
Contexto: facturación del ICE en hogares costarricenses.
Tres ejemplos verificados:
1) 1500 + 95x = 5300, con x = 40 kWh.
2) 0,5C − 800 = 1700, con C = 5000 colones.
3) 3(x − 20) + 50 = 230, con x = 80 kWh.

[REVISIÓN]
Verifica antes de entregar:
1. HTML válido, abre sin errores.
2. KaTeX correctamente renderizado.
3. Cuentas de los ítems correctas (verificación al final
   del archivo como comentario HTML).
4. Tamaño menor a 200 KB.
5. Sin texto en inglés.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico breve.
2. Código completo.
3. Lista de verificación para probar el recurso.
```

## 7.4 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA

El prompt anterior, enviado a un modelo contemporáneo, devuelve entre 600 y 900 líneas de HTML. Esa salida nunca está lista para el aula directamente: trae aciertos sólidos junto a errores sutiles y opciones técnicas que conviene revisar antes de proyectar. Presentamos un fragmento abreviado y anotado del ítem 1 tal como suele aparecer, con los problemas más frecuentes señalados con marcas numeradas.

*salida bruta · fragmento del ítem 1*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
<div class="item" id="item-1">
  <p>(1) El recibo del ICE de Don Carlos tiene un cargo
     fijo de 1500 colones y un costo por kWh de 95 colones.
     Si pagó \$5300 este mes, ¿cuántos kWh consumió?</p>
  <input type="number" id="r1" placeholder="(2)Try answer">
  <button onclick="check(1, 40)">Verificar</button>
  <p class="feedback" id="fb1"></p>
</div>

<script>
function check(n, correct) {
  const val = (3)parseFloat(
    document.getElementById('r'+n).value);
  const fb = document.getElementById('fb'+n);
  if (val === correct) {
    fb.innerHTML = '¡Correcto!';
  } else {
    fb.innerHTML = '(4)Intenta de nuevo.';
  }
}
</script>
```

1. **Símbolo monetario incoherente.** El cuerpo del enunciado dice «1500 colones» pero más adelante escribe `\{}$5300`, herencia de la sintaxis LaTeX para dólares mezclada con la convención costarricense. El estudiantado verá `$5300` en el navegador, no ₡`5300` ni `5300colones`: la IA combinó dos registros monetarios sin advertirlo y sin coherencia interna.
2. **Texto en inglés filtrado.** El *placeholder* quedó como «Try answer». Es la filtración más típica de los modelos entrenados mayoritariamente en inglés: las cadenas auxiliares (placeholders, mensajes de consola, comentarios y etiquetas `aria-label`) se cuelan en inglés aun cuando todo el resto del contenido salió en español. La R6 lo había pedido revisar; el modelo lo pasó por alto.
3. **Comparación numérica frágil.** El uso de `===` sobre `parseFloat` falla con respuestas como `40.0`, con `40,0` (coma decimal habitual en español) o cuando el estudiantado escribe un espacio al inicio. El detalle parece menor; en el aula real, multiplica las respuestas marcadas como incorrectas que son matemáticamente correctas.
4. **Retroalimentación decorativa, no útil.** «Intenta de nuevo» no orienta nada. El prompt pidió retroalimentación útil que indicara qué revisar, y tres intentos por ítem con pista opcional. La IA implementó ni lo uno ni lo otro: este es el incumplimiento más frecuente

de las restricciones pedagógicas, y el más costoso porque desactiva la mediación.

## 7.5 Curaduría aplicada antes de llevar al aula

Las cuatro intervenciones que aplicamos sobre esta salida bruta para producir la versión que verá embebida más abajo, lista para proyectar, son las siguientes.

1. **Normalización monetaria.** Todas las cifras en colones pasaron al formato `₡5 300`, sin signo de dólar, con espacio fino como separador de miles. El símbolo ₡ se introduce como entidad HTML `₡` para garantizar que se vea correctamente en cualquier navegador. No es una preferencia estética: es la convención del MEP.
2. **Limpieza sistemática de idioma.** Búsqueda dirigida con `Ctrl+F` de las palabras *try*, *submit*, *correct*, *wrong*, *answer*, *hint*, *next*. Cada ocurrencia se reemplazó por su equivalente en español. Confiar en una lectura lineal no funciona; los filtros en inglés son tan finos que el ojo los salta.
3. **Tolerancia numérica y normalización de entrada.** La comparación estricta se reemplazó por `Math.abs(val-correcta)<0.001` y la entrada se normalizó (`valor.trim().replace(',','.')`) para aceptar coma o punto decimal indistintamente. Detalle pequeño en el código, impacto grande en la experiencia del aula real.
4. **Retroalimentación útil y tres intentos reales.** El mensaje genérico se reemplazó por una orientación específica que no entrega la respuesta: «Esa respuesta no satisface la ecuación. Pruebe a aislar primero el término con $x$ restando 1 500 a ambos lados.» Y se añadió la lógica del contador de intentos, con una pista disponible tras el segundo intento, tal como el prompt había solicitado.

Estas cuatro intervenciones, hechas con disciplina, toman al docente entre doce y veinte minutos. Ese es el costo profesional inevitable de mediar entre la salida bruta de la IA y el aula real. Pretender saltárselo es exactamente lo que el Capítulo 5 advirtió como «confundir lo bonito con lo bueno».

> **Tiempo real de preparación**
>
> **De la idea a la versión proyectable, en minutos**
>
> - **Redacción del prompt** a partir del formato base del Capítulo 6: 8 a 12 minutos.
> - **Espera de la salida** del modelo: 1 a 3 minutos según el servicio.
> - **Verificación matemática** sustituyendo cada solución en su ecuación: 5 a 8 minutos.
> - **Curaduría técnica** (idioma, monedas, tolerancias, retroalimentación, intentos): 12 a 20 minutos.
> - **Prueba en el dispositivo de aula** (proyector y celular del docente): 3 a 5 minutos.
>
> **Total: entre 30 y 50 minutos** para una práctica guiada lista para proyectar. La promesa de «la IA lo hace todo en cinco minutos» es publicidad; el oficio sigue exigiendo tiempo profesional.

## 7.6 El recurso resultante

El recurso embebido es exactamente la salida del prompt anterior tras una pasada de curaduría: el modelo había propuesto una factura de ₡19 900 que no daba kWh enteros; el docente la corrigió a ₡19 800. Use el recurso, ábralo en pantalla completa para proyectar, descárguelo para modificar.

### Qué puede modificar el docente

**Adaptaciones rápidas**

1. **Cambio de tema**: porcentajes, áreas y perímetros, sistemas $2 \times 2$, regla de tres, función lineal en contexto.
2. **Cambio de nivel**: sétimo, noveno, undécimo. Recalibre las edades y la complejidad de los ejemplos.
3. **Cambio de contexto disparador**: factura del AyA, transporte público en GAM, costos de la pulpería del barrio.
4. **Cambio del escalonado**: 3-3-1 para más cantidad, o 1-2-2 para mayor exigencia.
5. **Cambio de los ejemplos**: reemplácelos por casos verificados de su libro de texto o de su banco personal.

### Misma técnica, otra área

**El mismo formato aplicado a Geometría · sétimo año**

La misma plantilla de práctica guiada con cinco ítems escalonados 2-2-1 funciona idénticamente bien para geometría, cambiando solo el contexto disparador y la habilidad MEP. Por ejemplo, para sétimo año sobre cálculo de perímetros y áreas en figuras compuestas:

- **Habilidad MEP de origen:** reconocer y calcular el perímetro y el área de polígonos regulares e irregulares, descomponiéndolos en figuras conocidas.
- **Contexto disparador costarricense:** el plano del aula real del estudiantado (puede medirse el aula y modelar el ejercicio), o un croquis del patio del colegio con secciones rectangulares y triangulares.
- **Escalonamiento sugerido 2-2-1:** dos ítems básicos (rectángulo simple, triángulo rectángulo); dos intermedios (figura compuesta de dos rectángulos, figura compuesta de un rectángulo más un triángulo); uno avanzado (área de una sección irregular del patio del colegio que requiera descomposición en al menos tres figuras conocidas).
- **Restricción adicional para Geometría:** incluir un SVG embebido con el dibujo de cada figura, con la cuadrícula visible para que el estudiantado pueda contar unidades si lo necesita.
- **Errores típicos de la IA que conviene anticipar:** confundir perímetro con área en alguna retroalimentación, dar resultados sin unidades cuadradas para el área, omitir

la cuadrícula al solicitar SVG.

El tiempo de adaptación a partir del prompt original es de unos diez minutos: reemplazar la habilidad MEP, los ítems, las soluciones, e incluir la R4 con la restricción del SVG embebido y cuadrícula visible. El resto del prompt se conserva tal cual.

### Cómo revisar el resultado

**Lista de cotejo de la práctica guiada**

- Las cinco cuentas son correctas. Resuélvalas en cuaderno antes de confiar en la IA.
- La notación se renderiza correctamente (no aparece `x^2` sino $x^2$).
- Los tres niveles de dificultad están efectivamente diferenciados.
- La retroalimentación incorrecta orienta sin entregar la respuesta; la pista sí es más explícita.
- El recurso funciona en celular: pruébelo en el suyo antes de la clase.
- La felicitación de cierre aparece y permite reiniciar la práctica.

### Cuidado con la alucinación

**Errores típicos del modelo en prácticas guiadas**

- **Respuestas marcadas como correctas que no lo son.** El error más grave. Verifique *cada* respuesta antes de usar el recurso.
- **Ecuaciones cuya solución no es un número entero** cuando se quería un entero. Pida explícitamente soluciones enteras o decimales con un solo decimal.
- **Notación inconsistente entre ítems.** Un ítem usa $x$, otro $n$, otro la palabra «variable». Pida coherencia explícita.
- **Contexto fantasioso.** Tarifas del ICE inexistentes o cifras desactualizadas. Use cifras redondas y aclare que son ilustrativas.

### Decisión docente

**Lo que la IA no decide por usted**

- **Cuándo introducirla.** ¿Primera vez con ecuaciones lineales, o ya hay una semana de trabajo previo? La práctica funciona como consolidación, no como primer encuentro.
- **A quién acompañar.** Mientras el grupo trabaja, usted decide a quién se acerca, a quién le da una pista oral antes de la digital, a quién le sube el nivel.
- **Qué hacer con quien termina pronto.** El recurso ofrece reiniciar, pero reintentar lo mismo tiene valor educativo bajo. Tenga un segundo recurso o una extensión escrita lista.

En el próximo capítulo veremos cómo este formato se transforma cuando lo que se busca no es consolidar un procedimiento, sino introducir un concepto a través del juego.

CAPÍTULO 8

# Juegos didácticos

*¿Cómo le pido a la IA un juego que tenga valor matemático y no solo entretenimiento? La distinción no es accesoria: es la diferencia entre tiempo de aprendizaje y tiempo de pantalla.*

Pocas palabras encierran tanta ambigüedad pedagógica como «juego didáctico». Para algunos significa cualquier actividad que tenga puntos, niveles y un mensaje de victoria al final. Para otros, una experiencia diseñada con una intención cognitiva precisa, donde la mecánica de juego no decora el contenido sino que *es* el contenido. Este capítulo defiende la segunda acepción. Un juego didáctico bien diseñado obliga al estudiantado a poner en práctica una habilidad matemática para avanzar; uno mal diseñado disfraza un ejercicio rutinario con vestimenta de juego.

## 8.1 Tres familias que casi siempre funcionan

De entre los muchos formatos posibles, tres familias funcionan con consistencia en el aula de matemática de secundaria. La primera es la **memoria**, donde el estudiantado descubre pares ocultos que representan el mismo objeto matemático en registros distintos: una expresión y su desarrollo, un gráfico y su ecuación, un enunciado y su modelo. La memoria, en este uso, no es solo ejercitación de recuerdo: es articulación de representaciones, en el sentido que Duval llamó *tránsito entre registros semióticos*.

La segunda familia es la **asociación**, donde dos columnas o dos conjuntos de tarjetas deben enlazarse: situación con fórmula, problema con estrategia, dato con unidad. La asociación promueve discriminación; obliga a leer con cuidado antes de elegir. La tercera familia es la **clasificación**, donde un conjunto de objetos matemáticos se agrupa según un criterio: funciones según su tipo, números según su naturaleza, figuras según una propiedad. La clasificación moviliza una operación cognitiva fundamental, que es construir categorías y aplicar criterios de pertenencia.

## 8.2 Ruletas, retos por puntos y niveles

Una segunda categoría incluye dinámicas de azar e incremento. La **ruleta de retos** presenta un conjunto de problemas y el estudiantado, al girarla, recibe uno al azar. Esta mecánica reduce la ansiedad asociada a la elección y democratiza la dificultad: cada quien recibe el suyo. Los **retos por puntos y niveles** escalonan la dificultad de manera explícita: superar el

nivel 1 desbloquea el 2, y así. La gamificación tiene sus críticos legítimos, pero, usada con sobriedad, ayuda a sostener la motivación cuando el contenido lo requiere.

Lo crucial, en cualquiera de estas familias, es que el azar y los puntos no *sustituyan* el contenido matemático: lo enmarcan. Una ruleta de retos cuyas preguntas son todas equivalentes en dificultad y técnica no juega ningún rol pedagógico distintivo.

## 8.3 Cómo evitar que el juego oculte el contenido matemático

La pregunta más útil al diseñar un juego didáctico es: ¿si quito la mecánica de juego, ¿queda algo que valga la pena? Si la respuesta es no, el juego es entretenimiento envuelto en pretextos matemáticos. Si la respuesta es sí, la mecánica está apoyando un contenido real. En la práctica esto significa que la matemática del juego no debe quedar oculta tras animaciones, sonidos o efectos visuales; debe ser visible, manipulable, discutible. El estudiantado debe poder, al terminar, explicar qué aprendió, no solo cuántos puntos consiguió.

## 8.4 Tiempo real en el aula

El segundo riesgo de los juegos en clase es subestimar el tiempo que consumen. Un juego «de diez minutos» en la cabeza del diseñador suele requerir veinte en el aula: explicar la mecánica, formar parejas o equipos, gestionar la primera ronda, atender consultas, sintetizar al final. Conviene calcular el tiempo realista de antemano y reservar siempre cinco minutos finales para la conversación de cierre: ¿qué notaron?, ¿cuál par fue más difícil?, ¿qué patrón observaron al final del juego? Sin ese cierre, el juego se queda en juego.

**Prompt listo para copiar**

**Memoria de identidades notables, noveno año**

Un juego de memoria con cuatro pares: cada expresión algebraica se enlaza con su desarrollo. El recurso resultante aparece embebido más abajo.

```
prompt · juego de memoria
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y programador educativo,
con experiencia en mediación matemática para secundaria
en Costa Rica.

[RESULTADO]
Un único archivo HTML autocontenido con un juego de memoria
sobre identidades notables, dirigido a estudiantes de
noveno año.

[RECEPTOR]
Noveno año, 14-15 años. Grupo con manejo previo de
operaciones con polinomios. Algunos estudiantes con
dificultades en multiplicación de binomios.
```

```
Objetivo: reconocer la equivalencia entre una identidad
notable y su desarrollo, articulando los registros
factorizado y desarrollado.
Tipo: juego de memoria con cuatro pares (ocho cartas).
Duración: 15 minutos (incluye cierre).
Dispositivo: celular y proyector.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Cuatro pares de cartas. Una carta muestra la expresión
  factorizada; su par muestra el desarrollo.
- Al voltear dos cartas, si forman par, quedan reveladas.
- Si no, vuelven a voltearse tras una espera breve.
- Marcador de pares encontrados y de intentos realizados.
- Mensaje de cierre que felicite y comente el desempeño
  según la cantidad de intentos.
- Botón de reinicio que mezcle las cartas nuevamente.

Técnicas:
- HTML autocontenido. KaTeX por CDN para la notación.
- Sin otras dependencias.
- Responsive, tarjetas legibles desde el proyector.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
- Menor a 200 KB.

[RECURSOS]
Habilidad MEP: factorizar y desarrollar identidades notables
(Programa, noveno, Relaciones y álgebra).
Cuatro pares verificados:
1) (a+b)^2     a^2 + 2ab + b^2
2) (a-b)^2     a^2 - 2ab + b^2
3) (a+b)(a-b)     a^2 - b^2
4) (x+3)^2     x^2 + 6x + 9

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. HTML válido, abre sin errores.
2. KaTeX renderizado correctamente en todas las cartas.
3. Lógica del juego correcta (los pares se identifican bien;
   las no-pares regresan tras espera).
4. Cada desarrollo verificado matemáticamente como comentario
   HTML al final del archivo.
5. Menor a 200 KB.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico breve.
2. Código completo.
3. Lista de verificación para probar el juego.
```

## 8.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA

A diferencia de una práctica guiada, un juego como el de memoria introduce un problema técnico nuevo: el contenido de las cartas se inyecta en el DOM *después* de que la página termina de cargar, y allí es donde KaTeX suele fallar. A continuación, un fragmento abreviado del

JavaScript devuelto por la IA con los errores más típicos en este tipo de juego.

*salida bruta · fragmento del constructor del tablero*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
const pares = [
  { id: 1, expr: (1)"(a+b)^2",      desa: "a^2 + 2ab + b^2" },
  { id: 2, expr: "(a-b)^2",      desa: "a^2 - 2ab + b^2" },
  { id: 3, expr: "(a+b)(a-b)",  desa: "a^2 - b^2" },
  { id: 4, expr: "(x+3)^2",      desa: "x^2 + 6x + 9" }
];

function construir() {
  cartas = [];
  pares.forEach(p => {
    cartas.push({ par: p.id, contenido: p.expr });
    cartas.push({ par: p.id, contenido: p.desa });
  });
  (2)// mezcla aleatoria - pero sin seed
  cartas.sort(() => Math.random() - 0.5);

  const tablero = document.getElementById('tablero');
  cartas.forEach((c, idx) => {
    const carta = document.createElement('div');
    carta.className = 'carta';
    carta.innerHTML = `<div class="dorso">(3)${c.contenido}</div>`;
    carta.addEventListener('click', () => voltear(carta, idx));
    tablero.appendChild(carta);
  });
  (4)// KaTeX no se vuelve a invocar después de inyectar las cartas
}

function voltear(carta, idx) {
  (5)if (carta.classList.contains('volteada')) {
    // permite voltear una carta ya emparejada
  }
  carta.classList.add('volteada');
  // ...
}
```

1. **Notación matemática sin delimitadores KaTeX.** Las expresiones están como cadenas planas (`(a+b)^2`) en lugar de envueltas en `$...$`. Sin los delimitadores, KaTeX no las reconocerá ni cuando se invoque. El estudiantado verá `(a+b)^2` con el circunflejo literal, no la potencia tipográficamente correcta.
2. **Mezcla con `Math.random()` sin semilla.** Es un patrón conocido: `sort(()=>Math.random()-0.5)` produce mezclas no uniformes en navegadores que aplican optimizaciones. Para un juego de cuatro pares la consecuencia es menor, pero conviene reemplazarlo por un Fisher-Yates correcto, sobre todo si se amplía a más pares.
3. **Contenido inyectado vía `innerHTML` sin escapar.** Funciona aquí porque los contenidos son matemáticos, pero es un mal hábito que la IA arrastra. Si el contenido viniera de una fuente externa (por ejemplo, expresiones generadas por otro modelo), abriría la puerta a inyección de HTML. Conviene usar `textContent` o, si se necesita HTML, sanitizar explíci-

tamente.

4. **KaTeX no se vuelve a invocar después de inyectar las cartas.** Este es el error crítico. La función `renderMathInElement` de KaTeX se ejecuta una sola vez al cargarse la página, sobre el DOM existente. Las cartas creadas dinámicamente después no se renderizan. Al voltear una carta, el estudiantado verá el código fuente de la expresión, no la fórmula. Es invisible para el ojo no entrenado y catastrófico para la actividad.
5. **Lógica incompleta: las cartas emparejadas siguen siendo clicables.** La condición `if(carta.classList.contains('volteada'))` está incompleta: el cuerpo del `if` está vacío. Una carta que ya se descubrió como par puede volver a voltearse, rompiendo el conteo de intentos. Falta también la verificación de la clase `encontrada`.

## 8.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula

Las cinco intervenciones sobre esta salida bruta para producir el juego embebido más abajo:

1. **Delimitadores KaTeX en cada expresión.** Cada cadena algebraica se envolvió en `$...$`: `'$(a+b)^2$'` en lugar de `'(a+b)^2'`. Es una corrección de una sola pulsación por carta, pero sin ella el juego es ilegible.
2. **Mezcla con Fisher-Yates clásico.** Se sustituyó `sort(()=>Math.random()-0.5)` por un bucle `for` que recorre el arreglo de atrás hacia adelante intercambiando posiciones aleatorias. Doce líneas más, distribución uniforme garantizada.
3. **Invocación explícita de KaTeX tras construir el tablero.** Al final de `construir()` se añadió: `if(typeofrenderMathInElement===`'function'`){renderMathInElement(tablero,{delimiters:[...]});}`. Esta sola línea resuelve el problema más serio de la salida bruta y es el cambio que más comúnmente la IA omite en este tipo de recursos.
4. **Bloqueo de cartas ya emparejadas.** La condición de retorno temprano en `voltear` se completó: `if(bloqueado||carta.classList.contains('volteada')||carta.classList.contains('encontrada'))return;`. Tres clases verificadas en lugar de una vacía.
5. **Cierre con mensaje calibrado por desempeño.** Se añadió un cierre que clasifica el resultado en tres bandas (excelente si fueron seis intentos o menos, bueno hasta diez, conviene repasar más allá) y un botón de reinicio que restituye el estado del juego sin recargar la página. La IA había omitido el cierre por completo.

Estas cinco intervenciones, en conjunto, toman entre quince y veinticinco minutos. El error de KaTeX dinámico (intervención 3) es el más sutil de detectar y el más frecuente en juegos: conviene tenerlo en la lista de cotejo permanente del docente.

## 8.7 El recurso resultante

Pruebe a voltear cartas; verá las expresiones algebraicas correctamente renderizadas. El contador de intentos sube solo cuando se voltea el segundo par, y al completar las cuatro parejas aparece el cierre con un mensaje según el número de intentos.

**Recurso digital interactivo · Memoria de identidades notables · Noveno año**

Este recurso es una actividad interactiva que vive en la edición digital (HTML) del libro. En esta versión impresa se documenta el prompt que lo genera y su descripción; ábralo en la edición digital para usarlo o proyectarlo en el aula.

## Qué puede modificar el docente

**Variaciones del juego de memoria**

1. **Más pares**: amplíe a cinco o seis pares. Más allá de seis, la dificultad de memoria interfiere con la dificultad matemática.
2. **Otro tipo de equivalencia**: ecuación y gráfica, situación verbal y modelo algebraico, fracción y porcentaje, ángulo en grados y en radianes.
3. **Otro registro**: tarjetas que muestren tablas de valores en lugar de fórmulas; cartas con bocetos geométricos en SVG.
4. **Versión competitiva**: dos jugadores por turno, registro de pares por persona.

## Cómo revisar el resultado

**Lista de cotejo del juego de memoria**

- Los cuatro pares son matemáticamente correctos. Verifique cada desarrollo a mano.
- La notación KaTeX se renderiza en todas las cartas, sin caracteres crudos.
- Al voltear dos cartas, la lógica de comparación funciona; los falsos pares regresan.
- El marcador de intentos se incrementa solo al voltear dos cartas, no una.
- El mensaje de cierre aparece al encontrar el último par.
- El botón de reinicio realmente mezcla las cartas (que no aparezcan en el mismo orden).

## Cuidado con la alucinación

**Errores típicos en juegos didácticos**

- **Pares mal emparejados.** El modelo presenta $(a+b)^2$ y al lado $a^2+b^2$, que es matemáticamente falso. Verifique cada par.
- **Puntajes inconsistentes.** El contador de intentos no avanza cuando debe, o avanza cuando no debe. Pruebe la lógica con varias rondas antes de proyectar.
- **Cartas que se quedan volteadas en estados intermedios** y bloquean el juego. Pruebe escenarios de error de clic rápido.
- **Mensaje de cierre con elogios desmedidos.** El modelo tiende a felicitar exageradamente. Modere el tono en las restricciones.

**Decisión docente**

**Cuándo el juego es pertinente y cuándo no**

Un juego didáctico no es siempre la mejor opción. Conviene reservarlo para ciertos momentos del curso:

- **Sí** al inicio o al cierre de una unidad, para movilizar conocimientos previos o consolidarlos.
- **Sí** cuando el contenido requiere automatización de un emparejamiento conceptual.
- **No** cuando se está introduciendo un concepto nuevo: el juego presupone que el contenido ya se conoce parcialmente.
- **No** cuando el grupo está fatigado de gamificación: el efecto pedagógico decrece con la frecuencia.

En el último capítulo de esta parte abordamos el formato más exigente y, posiblemente, el más potente para la comprensión conceptual en matemática: el explorador dinámico.

CAPÍTULO 9

# Exploradores dinámicos

*¿Cómo le pido a la IA un explorador con deslizadores que ayude a entender un concepto, en lugar de solo mostrar un gráfico bonito? El secreto está en articular registros, no en multiplicar efectos visuales.*

Si la práctica guiada consolida procedimientos y el juego articula representaciones conocidas, el explorador dinámico cumple una función distinta y, en cierto modo, más ambiciosa: hacer visible el comportamiento de un objeto matemático cuando uno de sus parámetros varía. Mover un deslizador y ver que la recta se inclina, observar que cuando la pendiente se vuelve negativa la recta cambia de dirección, comprobar que al variar la intersección la recta se traslada paralelamente: estas experiencias, que en cuaderno requerirían dibujar diez gráficas, ocurren en un explorador en cuestión de segundos. El valor pedagógico está en la conexión que el estudiantado construye entre el cambio del parámetro y el cambio del comportamiento.

## 9.1 Deslizadores y manipulación directa

El deslizador, en su forma más sencilla, es un control que el estudiantado mueve con el dedo o con el ratón y cuyo valor numérico se actualiza en tiempo real. Su virtud pedagógica reside en la *manipulación directa*: la conexión entre la acción (mover el control) y la respuesta visual (el gráfico que se actualiza) es inmediata y reversible. La manipulación directa sostiene una intuición que el lápiz no permite con la misma fluidez: la intuición de la *familia* de objetos matemáticos, no de uno solo. La función $y = 2x + 1$ aparece, entonces, no como una entidad aislada sino como un caso particular de la familia $y = mx + b$.

Esta intuición es matemáticamente potente y conceptualmente difícil. Por eso un explorador debe acompañarse de una consigna que oriente la observación. Sin consigna, el estudiantado mueve los deslizadores sin sistema y se queda con una impresión vaga. Con consigna, descubre regularidades concretas: cuando $m > 0$ la recta es creciente; cuando $m < 0$, decreciente; cuando $b$ aumenta, la recta sube paralelamente.

## 9.2 Lo que un explorador HTML puede y lo que conviene dejar a GeoGebra

Un explorador en HTML autocontenido es ideal para conceptos donde uno o dos parámetros controlan un comportamiento visualizable de manera simple: la función lineal, la función cuadrática en forma vértice, la circunferencia trigonométrica, la dispersión de un conjunto de

datos. Cuando el explorador requiere herramientas más sofisticadas (varias funciones simultáneas, geometría dinámica con puntos móviles que cumplan restricciones, manipulación de polígonos definidos por construcción), GeoGebra es la herramienta correcta, y al Capítulo 11 le corresponde discutirla. La sobriedad consiste en elegir el formato más sencillo que cumple el propósito.

## 9.3 Visualización con SVG: rectas, parábolas, polígonos

La gráfica del explorador, en HTML autocontenido, se dibuja con SVG. La estrategia recomendada para que la IA no se enrede en cálculos de coordenadas es la siguiente: solicite explícitamente que el origen del sistema cartesiano se ubique en el centro del SVG, que la unidad matemática equivalga a un número fijo de píxeles (por ejemplo, 20 píxeles por unidad), que el eje $y$ se dibuje correctamente hacia arriba (a pesar de que en SVG el eje vertical crece hacia abajo, lo cual obliga a invertir el signo de las $y$ matemáticas), y que se muestren grilla y marcas en valores enteros razonables.

## 9.4 La consigna que acompaña al explorador

Un explorador sin consigna es un juguete; con consigna, es un instrumento de aprendizaje. La consigna debe ser corta, dirigir la observación a regularidades específicas, y pedir al estudiantado que *escriba* lo que observa antes de discutirlo. Tres consignas típicas para un explorador de la función lineal: «Encuentre dos valores de $m$ para los que la recta sea creciente y dos para los que sea decreciente. ¿Qué tienen en común?»; «Mantenga $m$ fijo en $1$ y mueva $b$. Describa qué sucede con la recta.»; «Encuentre los valores de $m$ y $b$ para los que la recta pasa por el origen.»

**Prompt listo para copiar**

**Explorador de la función lineal y = mx + b, octavo año**

```
prompt · explorador dinámico
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y programador educativo,
con experiencia en mediación matemática para secundaria
en Costa Rica.

[RESULTADO]
Un único archivo HTML autocontenido con un explorador
dinámico de la función lineal y = m·x + b, dirigido a
estudiantes de octavo año.

[RECEPTOR]
Octavo año, 13-14 años. Manejo previo de pares ordenados
y plano cartesiano. Primer encuentro con el papel de los
parámetros m y b en la función lineal.

Objetivo: explorar cómo varía la recta cuando cambian los
```

```
parámetros m (pendiente) y b (intersección con el eje y).
Tipo: explorador dinámico con dos deslizadores y SVG.
Duración: 20 minutos (con consigna escrita).
Dispositivo: celular y proyector.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Dos deslizadores: m (de -3 a 3, paso 0,1); b (de -5 a 5,
  paso 0,5).
- Gráfico SVG cartesiano con grilla y marcas numéricas en
  los ejes, origen en el centro.
- La recta se redibuja en tiempo real al mover deslizadores.
- Ecuación visible arriba en KaTeX, con los valores numéricos
  actuales sustituidos.
- Tabla de valores con al menos cinco x distintos,
  recalculada en tiempo real.
- Cuadro de interpretación verbal: cómo se comporta la recta
  según el signo de m, qué representa b geométricamente.

Técnicas:
- HTML autocontenido. KaTeX por CDN.
- SVG embebido. Origen en el centro. Eje y hacia arriba
  (invertir signo en SVG).
- Sin otras dependencias.
- Responsive. Tamaño base 17 px o más.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
- Menor a 200 KB.

[RECURSOS]
Habilidad MEP: identificar y caracterizar la función lineal
y sus parámetros (Programa, octavo, Relaciones y álgebra).
Articulación de registros requerida: algebraico (ecuación),
gráfico (SVG), tabular (tabla de valores), verbal (cuadro
de interpretación).

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. HTML válido, abre sin errores.
2. SVG con escalas correctas. Eje y hacia arriba.
3. La recta se actualiza correctamente al mover deslizadores.
4. La ecuación KaTeX se actualiza con valores actuales.
5. La tabla de valores recalcula correctamente.
6. La interpretación verbal coincide con el signo de m y b.
7. Menor a 200 KB.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico breve.
2. Código completo.
3. Lista de verificación para probar el explorador.
```

## 9.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA

Los exploradores con SVG concentran un error característico que casi ningún otro tipo de recurso comparte: la inversión del eje vertical. En SVG las coordenadas $y$ crecen hacia abajo (la

convención de pantallas), pero en matemática $y$ crece hacia arriba (la convención de Descartes). El modelo, entrenado masivamente sobre ambos contextos, los mezcla con frecuencia. Junto a este error específico aparecen otros tres patrones recurrentes que conviene reconocer.

*salida bruta · función de actualización del gráfico*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
function actualizar() {
  (1)const m = slidm.value;  // valor del deslizador (cadena)
  const b = slidb.value;

  document.getElementById('valm').textContent = m;
  document.getElementById('valb').textContent = b;

  // Recta: dos puntos extremos en el rango visible
  const x1m = -10, x2m = 10;
  const y1m = m * x1m + b;
  const y2m = m * x2m + b;

  (2)// Conversión a coordenadas SVG (eje y NO invertido)
  const x1 = CX + x1m * ESC, y1 = CY + y1m * ESC;
  const x2 = CX + x2m * ESC, y2 = CY + y2m * ESC;

  const r = document.getElementById('recta');
  r.setAttribute('x1', x1);
  r.setAttribute('y1', y1);
  r.setAttribute('x2', x2);
  r.setAttribute('y2', y2);

  (3)// Ecuación: actualiza el texto pero KaTeX no se vuelve a renderizar
  document.getElementById('ecu').textContent =
    '$y = ' + m + ' \\cdot x + ' + b + '$';

  (4)// Interpretación
  const dir = m > 0 ? 'creciente' : 'decreciente';
  document.getElementById('interp').innerHTML =
    'Pendiente m = ' + m + '. La recta es ' + dir + '.';
}
```

1. **Valor del deslizador sin convertir a número.** `slidm.value` devuelve una cadena (`"1.5"`, no `1.5`). La línea `consty1m=m*x1m+b` aparenta funcionar porque JavaScript multiplica, pero `m+b` en otra parte concatenaría: `"1.5"+"0"` es `"1.50"`, no `1.5`. La omisión de `parseFloat` es uno de los bugs más sutiles de detectar.
2. **Eje $y$ sin invertir.** Este es el error característico de SVG. La fórmula `y1=CY+y1m*ESC` hace que cuando $y$ matemática es positiva, el punto se dibuje hacia abajo en pantalla, porque en SVG el origen está arriba a la izquierda y $y$ crece hacia abajo. Una pendiente positiva se mostrará descendiendo. Para alguien sin conocimiento previo de SVG, este error puede pasar desapercibido si la grilla no tiene marcas numéricas claras.
3. **KaTeX no se vuelve a invocar.** Se usa `textContent` con la cadena `$y=...$`, lo que pone el código LaTeX literal sin renderizar. Aunque la página cargó KaTeX al inicio, esa invocación se ejecutó una sola vez. Las actualizaciones del deslizador inyectan texto nuevo que KaTeX

nunca vuelve a procesar. El estudiantado verá `$y=1.5\{}cdotx+0$` tal cual, con el signo de dólar y la barra invertida.

4. **Interpretación verbal incompleta.** Cuando $m = 0$ la recta es horizontal, no decreciente. El ternario solo contempla mayor o menor que cero, ignorando el caso límite. El estudiantado al deslizar a cero leerá «decreciente», lo que contradice el comportamiento visible en el gráfico.

## 9.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula

Las cuatro intervenciones sobre el código anterior:

1. **Conversión explícita a número.** Cada lectura del deslizador pasa por `parseFloat()`: `const=parseFloat(slidm.value)`. Una línea por deslizador, dos en total, que eliminan una clase entera de bugs futuros.
2. **Inversión del eje $y$.** Se cambió `y1=CY+y1m*ESC` por `y1=CY-y1m*ESC` en los dos extremos. El signo menos es el que corrige el sistema de coordenadas. Esta es la corrección más importante del recurso, sin la cual la actividad enseña lo opuesto de lo que pretende.
3. **Re-invocación de KaTeX tras cada cambio.** Después de actualizar el texto de la ecuación se añadió: `if(typeofrenderMathInElement==='function'){renderMathInElement(document.getElementById('ecu'),{delimiters:[...]});}`. Idéntico patrón al del Capítulo 8: cualquier contenido matemático inyectado dinámicamente requiere re-invocar la biblioteca.
4. **Tres casos en la interpretación.** El ternario se reemplazó por un condicional de tres ramas que distingue creciente ($m > 0$), decreciente ($m < 0$) y horizontal ($m = 0$). Se añadió, además, una segunda línea sobre la intersección con el eje vertical, articulando los dos parámetros simultáneamente. La articulación de registros (gráfico, algebraico, verbal) que pedía el Capítulo 5 se hace explícita.

Tiempo total de curaduría: entre veinte y treinta minutos. La intervención del eje $y$ se identifica visualmente en segundos (basta deslizar la pendiente positiva y ver si la recta sube o baja); las otras tres requieren leer el código con detenimiento.

## 9.7 El recurso resultante

El explorador embebido a continuación es la salida bruta tras la curaduría descrita. Mueva los deslizadores: la recta se actualiza correctamente, la ecuación se renderiza con KaTeX, la interpretación verbal distingue los tres casos, y la tabla de valores recalcula en tiempo real. Cuatro registros articulados, como exige el Capítulo 5.

**Qué puede modificar el docente**

**Otros exploradores con la misma estructura**

1. **Función cuadrática en forma vértice**: $y = a(x - h)^2 + k$, tres deslizadores ($a$, $h$, $k$).

2. **Circunferencia trigonométrica**: deslizador del ángulo, visualización de seno y coseno.
3. **Función exponencial**: $y = a \cdot b^x$, deslizadores para $a$ y $b$.
4. **Estadística**: deslizador para agregar puntos a una nube, actualización de la media y la desviación. Noveno.
5. **Geometría**: triángulo con deslizadores para sus ángulos, mostrando que suman 180°.

### Cómo revisar el resultado

**Lista de cotejo del explorador dinámico**

- La recta se actualiza al mover ambos deslizadores. Pruebe extremos: $m = -3$, $m = 3$, $b = -5$, $b = 5$.
- El eje $y$ crece hacia arriba (no hacia abajo).
- La grilla está bien escalada: una unidad matemática equivale a un número fijo de píxeles.
- La ecuación en KaTeX muestra los valores actuales, no los iniciales.
- La tabla de valores recalcula en tiempo real al mover los deslizadores.
- El cuadro de interpretación cambia de manera correcta según el signo de $m$.
- Pruebe valores frontera: $m = 0$ (¿la recta es horizontal?), $b = 0$ (¿pasa por el origen?).

### Misma técnica, otra área

**El mismo formato aplicado a Estadística · noveno año**

La técnica del explorador con deslizadores y articulación de tres registros funciona idénticamente bien para introducir conceptos estadísticos. Un ejemplo concreto: el efecto de un valor atípico sobre la media y la mediana.

- **Habilidad MEP de origen:** comparar las medidas de tendencia central (media, mediana, moda) y reconocer su sensibilidad a los valores extremos del conjunto de datos.
- **Tres deslizadores en lugar de dos:** el primer deslizador agrega un valor atípico ($-50$ a $50$ unidades por encima del rango habitual); los otros dos modifican el tamaño de la muestra ($n = 5$ a $30$) y la dispersión interna del conjunto sin el atípico.
- **SVG con dos elementos:** diagrama de puntos donde se ve el atípico desplazarse, y dos rectas verticales marcadas como «media» (roja) y «mediana» (oliva). Al mover el atípico, la media se desplaza visiblemente; la mediana, casi nada. El estudiantado *ve* la propiedad de robustez en tiempo real.
- **Articulación de registros:** el cuadro de interpretación verbal explicita el efecto: «Cuando el dato atípico se aleja del grupo, la media se desplaza pero la mediana se

mantiene. Por eso, en muestras con valores extremos, la mediana describe mejor el centro.»

- **Trampa típica de la IA en este recurso:** calcular la mediana incorrectamente cuando $n$ es par (debe ser el promedio de los dos centrales), o no recalcular en tiempo real al cambiar la muestra. Verificar siempre con dos casos a mano.

El tiempo de adaptación a partir del prompt original es de aproximadamente quince minutos: añadir un deslizador extra, ajustar las restricciones del SVG para mostrar puntos y dos rectas verticales, y modificar la R5 con la habilidad MEP de estadística. La estructura de tres registros (numérico, gráfico, verbal) se preserva sin modificaciones.

### Cuidado con la alucinación

**Errores específicos en exploradores SVG**

- **Eje $y$ invertido**. En SVG el eje vertical crece hacia abajo. Si el modelo olvida invertir el signo, una pendiente positiva se ve descendente.
- **Escalas inconsistentes**. La grilla se dibuja con un paso y la recta con otro. Verifique que se correspondan.
- **Deslizadores que no afectan al gráfico**. La interfaz se mueve pero la recta no se actualiza. Pruebe siempre los extremos del deslizador.
- **Interpretación verbal desconectada**. El cuadro de interpretación describe una pendiente positiva mientras la recta dibujada es decreciente. Pruebe con $m$ negativo.

### Decisión docente

**La consigna que acompaña al explorador**

El explorador no es la actividad: la consigna lo es. Antes de proyectar, redacte una consigna de tres a cinco preguntas que dirijan la observación. Pídale al estudiantado que las responda *por escrito*, no de palabra. Reserve cinco minutos finales para discutir las respuestas en plenaria. Sin esa estructura, el explorador se reduce a un juguete brillante.

*Un explorador dinámico responde una pregunta que el lápiz no contesta con la misma elegancia: ¿qué pasa cuando este parámetro cambia? Esa pregunta, antes reservada a la imaginación matemática, ahora se vuelve experiencia sensorial. El docente decide qué hacer con esa experiencia.*

Con este capítulo cerramos la Parte II del libro. En la Parte III pasamos a un formato distinto: los artefactos producidos por Claude como componentes React interactivos, que extienden las posibilidades del HTML autocontenido sin sustituirlo.

PARTE III

# Claude y React

CAPÍTULO 10

# Artefactos en Claude

*¿Cuándo conviene pedirle a Claude un artefacto en React en lugar de un HTML simple? El criterio no es la sofisticación: es el tipo de interactividad que el aprendizaje requiere.*

Hasta este punto del libro, todos los recursos digitales han sido archivos HTML autocontenidos. Es el formato más versátil y más adecuado para el aula costarricense, pero no el único disponible. Claude, el modelo de IA generativa de Anthropic, ofrece un entorno particular llamado *artefactos*, donde los recursos no se entregan como código que el docente tiene que abrir aparte, sino que se renderizan dentro de la propia conversación con el modelo. Este capítulo explica qué es un artefacto, en qué se diferencia del HTML autocontenido, cuándo conviene preferirlo y cómo trasladar el resultado al formato que el repositorio del TEC y los colegios costarricenses pueden usar sin fricción.

## 10.1 Qué es un artefacto en Claude

Un **artefacto en Claude** es un componente interactivo que el modelo construye dentro de su propio entorno y muestra al usuario en un panel adyacente al chat. Técnicamente, la mayoría de los artefactos son *componentes React*: piezas de código que se ejecutan en el navegador y producen interfaces interactivas con estado interno (deslizadores que recuerdan su valor, botones que cambian el contenido visible, formularios que validan respuestas en tiempo real). El docente conversa con Claude, le pide ajustes («hazlo más sencillo», «cambia el contexto a la pulpería», «añade un botón de reinicio») y ve el artefacto actualizarse en vivo, sin necesidad de copiar y pegar código entre ventanas.

Esta dinámica conversacional es la principal diferencia con el HTML autocontenido. En el flujo de HTML, el docente recibe un archivo, lo abre, evalúa, vuelve al chat para pedir cambios, recibe nueva versión, abre, evalúa, y así. En el flujo de artefactos, la iteración ocurre en una sola pantalla y el resultado se ve sin pasos intermedios. Para tareas de prototipado rápido, esta diferencia ahorra tiempo y reduce errores de manipulación.

## 10.2 HTML autocontenido o artefacto en Claude: cuándo cada uno

Los dos formatos cumplen propósitos distintos. Conviene tener presente cuándo elegir uno y cuándo el otro.

**HTML autocontenido — conviene cuando**

- El recurso debe vivir fuera del entorno de Claude (repositorio TEC, correo, USB, WhatsApp).
- El docente trabajará sin conexión o con conectividad intermitente.
- El recurso se compartirá con colegas que no usan Claude.
- El estudiantado debe abrirlo desde su celular sin cuenta de Claude.
- Se necesita imprimir, archivar o adjuntar el recurso a un plan de clase.
- El recurso debe sobrevivir cambios de plataforma a lo largo del año.

**Artefacto en Claude — conviene cuando**

- Se está prototipando un recurso y se quiere iterar rápidamente.
- El recurso requiere interactividad compleja con estado interno: animaciones, varios componentes que se comunican entre sí, validación dinámica.
- El propio docente lo usará desde su sesión con Claude (no para entregarlo).
- Se necesita el modelo cerca para hacer ajustes en vivo durante el diseño.
- La actividad se discutirá con colegas en una sesión donde Claude está presente.

La regla práctica que conviene aplicar en este libro es la siguiente: **diseñe en artefacto, entregue en HTML autocontenido**. La iteración rápida con Claude es valiosa durante el diseño; el archivo final que se proyecta en el aula y se sube al repositorio debe ser HTML autocontenido, por las razones de portabilidad ya discutidas.

## 10.3 Tipos de componentes interactivos útiles en matemática

El entorno de artefactos resulta particularmente ventajoso para cuatro familias de recursos en matemática de secundaria. Primero, los **exploradores con varios parámetros simultáneos**: la función cuadrática en forma vértice con tres deslizadores, la función exponencial $y = a \cdot b^x$ con dos, las transformaciones rígidas con desplazamientos horizontales, verticales y rotaciones. Segundo, los **resolvedores paso a paso**: el estudiantado plantea una ecuación, el componente la verifica, la divide en etapas y permite que el estudiantado complete cada paso con retroalimentación. Tercero, las **simulaciones estadísticas**: agregar puntos a una nube, ajustar una recta de regresión, observar cómo cambian media y desviación. Y cuarto, los **sistemas** $2 \times 2$ con visualización gráfica simultánea al despeje algebraico, que articulan los dos registros en una sola pantalla.

El recurso embebido más abajo ilustra el primer caso: un explorador de la función cuadrática en forma vértice $y = a(x - h)^2 + k$ con tres deslizadores, vértice marcado, eje de simetría y cuadros de interpretación. Es el tipo de componente que conviene diseñar en artefactos y luego trasladar a HTML para el repositorio.

## 10.4 El prompt para un artefacto en Claude

El prompt sigue la estructura de las Seis R, pero la R2 (Resultado) cambia: en lugar de pedir un archivo HTML autocontenido, se pide un artefacto en React, y se mencionan explícitamente las restricciones técnicas de ese entorno. Esto es importante porque Claude entiende que el código se ejecutará dentro de su entorno particular y no como archivo independiente.

**Prompt listo para copiar**

**Explorador de la cuadrática en forma vértice, décimo año**

Este prompt está pensado para enviarlo a Claude dentro de su interfaz de chat y obtener un artefacto en React que se renderiza en el panel adyacente. Después se traslada a HTML autocontenido para distribuir.

```
prompt · artefacto Claude
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y desarrollador React,
con experiencia en mediación matemática para secundaria
en Costa Rica.

[RESULTADO]
Construye un artefacto en Claude (componente React funcional
con Hooks) para explorar la función cuadrática en forma
vértice y = a(x-h)^2 + k, dirigido a estudiantes de décimo año.

[RECEPTOR]
Décimo año, 15-16 años. Manejo previo de la función lineal
y de la cuadrática en forma general. Primer encuentro
sistemático con la forma vértice.

Objetivo: comprender el papel geométrico de los parámetros
a, h y k mediante manipulación directa.
Tipo: explorador interactivo con tres deslizadores y
visualización en SVG.
Duración: 25 minutos.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Tres deslizadores: a (de -3 a 3, paso 0,1), h (de -5 a 5,
  paso 0,5), k (de -5 a 5, paso 0,5).
- Gráfico cartesiano con grilla, marcas numéricas y eje
  de simetría visible (línea discontinua).
- Vértice marcado como punto destacado.
- Parábola redibujada en tiempo real.
- Ecuación en la parte superior con valores actuales,
  sustituyendo los signos correctamente
  ((x - 3) si h = 3; (x + 2) si h = -2).
- Botones de preajuste: y = x^2, y = -x^2, y = 2x^2,
  y = 0,5x^2, y = (x-3)^2 - 2, y = -(x+2)^2 + 3.
- Dos cuadros de interpretación: uno sobre apertura
  y ancho; otro sobre vértice y eje de simetría.
```

```
Técnicas:
- Componente React funcional. Solo Hooks de React (useState),
  sin librerías externas.
- Estilos en línea o Tailwind, según convenga al artefacto.
- Diseño responsive: aceptable en pantalla de chat
  y en proyección.
- Notación matemática con KaTeX (cargada desde CDN si es
  permitido en el entorno) o con texto Unicode si KaTeX
  no se permite.
- Sin emojis. Sin texto en inglés en la interfaz.

[RECURSOS]
Habilidad MEP: identificar y caracterizar la función
cuadrática y sus parámetros (Programa, décimo, Relaciones
y álgebra).
Articulación requerida: algebraico, gráfico, verbal.
Preajustes pedagógicamente significativos:
- y = x^2: caso base.
- y = -x^2: cambio de apertura.
- y = 2x^2 y y = 0,5x^2: comparación de anchos.
- y = (x-3)^2 - 2 y y = -(x+2)^2 + 3: traslaciones combinadas.

[REVISIÓN]
Antes de entregar el artefacto:
1. El componente compila sin errores en el entorno.
2. Los tres deslizadores afectan correctamente la parábola.
3. La ecuación muestra signos correctos según el valor de h.
4. El vértice queda en (h, k) y el eje de simetría
   en x = h.
5. La interpretación verbal corresponde al signo de a.
6. Probar todos los preajustes y verificar visualmente.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico breve.
2. El artefacto funcional.
3. Una lista de seis consignas escritas que el docente
   puede usar con el grupo al proyectar el explorador.
```

## 10.5 La salida bruta del artefacto: lo que Claude renderiza primero

Un artefacto en Claude se renderiza inmediatamente en el panel adyacente al chat. La primera versión casi siempre funciona en algún grado —es la ventaja del entorno—, pero contiene errores típicos del código React que el modelo produce con frecuencia. Veamos el fragmento del cálculo del vértice y la actualización de la ecuación, donde aparecen los problemas más representativos.

*salida bruta · componente React · cálculo del vértice y ecuación*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
function ExploradorCuadratica() {
  const [a, setA] = useState(1);
  const [h, setH] = useState(0);
  const [k, setK] = useState(0);
  (1)const [preajuste, setPreajuste] = useState(null);

  // Calcular vértice y eje
  const vertice = { x: h, y: k };
  const eje = h;

  // Construir ecuación LaTeX
  (2)const ecuacion = `y = ${a}(x - ${h})^2 + ${k}`;

  // Interpretación
  const abertura = a > 0 ? "hacia arriba" : "hacia abajo";

  function aplicarPreajuste(nombre) {
    (3)if (nombre === "canónica") {
      setA(1); setH(0); setK(0);
    } else if (nombre === "vertical-arriba") {
      setA(1); setH(0); setK(3);
    }
    setPreajuste(nombre);
  }

  return (
    <div className="explorador">
      (4)<div className="ecuacion">{ecuacion}</div>
      <Slider value={a} onChange={setA} min={-3} max={3} step={0.1} />
      ...
    </div>
  );
}
```

1. **Estado `preajuste` sin propósito visible.** Se crea el estado pero nunca se usa en el renderizado: no se marca el botón activo, no se muestra el nombre del preajuste seleccionado. Es código muerto que añade ruido sin aportar nada. La IA tiende a crear estado «por si acaso» aun cuando no se lo pide.
2. **Signos sin contemplar en la ecuación.** La interpolación produce `y=1(x--2)^2+3` cuando $h$ es negativo, en lugar de `y=1(x+2)^2+3`. Tampoco maneja el caso $a = 1$ (debería decir `y=(x-h)^2+k`, sin el coeficiente uno explícito) ni $k = 0$ (debería omitir el sumando). El estudiantado verá una ecuación cosméticamente correcta pero matemáticamente ruidosa.
3. **Preajustes incompletos.** Solo dos preajustes de los seis que pedía el prompt. Es un patrón frecuente: la IA arranca la lista, se cansa, y se detiene esperando que el lector complete el resto. La R6 debería haberlo capturado, pero rara vez lo hace cuando el modelo genera código largo.
4. **La ecuación se inyecta como cadena, sin renderizar KaTeX.** En React la cadena `{ecuacion}` aparece como texto literal con el código LaTeX visible. Hace falta una integración explícita con la biblioteca KaTeX, mediante un componente envoltorio o `dangerouslySet`

`InnerHTML` con el resultado de `katex.renderToString()`.

## 10.6 Curaduría aplicada y traslado a HTML autocontenido

Cuando el origen del recurso es un artefacto React de Claude, la curaduría incluye dos planos: las correcciones internas al componente, y la conversión a HTML autocontenido para distribución por el repositorio TEC. Aplicamos cinco intervenciones.

1. **Limpieza de estado innecesario.** El estado `preajuste` se eliminó porque no aportaba al renderizado; en su lugar se añadió una marca visual de qué botón está activo, derivada de comparar el estado actual (`a`, `h`, `k`) con los valores de cada preajuste.
2. **Formateo inteligente de la ecuación.** Se escribió una función auxiliar `formatearEcuacion(a,h,k)` que omite el coeficiente uno, gestiona el signo de $h$ con `x-h` o `x+|h|` según corresponda, y omite el sumando $k$ cuando es cero. La salida resultante respeta las convenciones tipográficas que el estudiantado encuentra en cualquier libro de texto.
3. **Los seis preajustes completos.** Se añadieron los cuatro preajustes faltantes (parábola con vértice trasladado, traslación horizontal, traslación combinada, parábola invertida), cada uno con su nombre legible y sus valores precisos. La lista pasó de dos elementos a seis, como pedía el prompt.
4. **Integración de KaTeX en React.** Se incorporó un componente envoltorio `<Mathexpr={ecuacion}/>` que invoca `katex.renderToString()` y lo inyecta con `dangerouslySetInnerHTML`. La ecuación pasa a verse con su tipografía matemática correcta, igual que en un libro académico.
5. **Traslado a HTML autocontenido.** Con el artefacto ya curado, se le pidió a Claude en el mismo chat: «Traslada este artefacto a un único archivo HTML autocontenido, con CSS y JavaScript estándar, sin React, sin dependencias externas excepto el CDN de KaTeX». El modelo reescribió los `useState` como variables JavaScript con funciones de actualización, los componentes JSX como manipulación directa del DOM, y el sistema de eventos de React como `addEventListener`. El resultado es el archivo que verá embebido a continuación.

Tiempo total: entre treinta y cuarenta y cinco minutos. La integración de KaTeX en React (intervención 4) es la más técnica; el traslado a HTML (intervención 5) es relativamente rápido si se delega a Claude, lento si se hace a mano.

## 10.7 Cómo trasladar de artefacto a HTML autocontenido

Cuando un artefacto en Claude ya satisface el propósito pedagógico, queda el último paso: convertirlo a HTML autocontenido para el repositorio y para el aula. Hay dos rutas. La primera consiste en pedirle a Claude, en el mismo chat: «Traslada este artefacto a un único archivo HTML autocontenido, con CSS y JavaScript embebidos, sin React, sin dependencias externas excepto el CDN de KaTeX si se necesita matemática». El modelo reescribe el componente como HTML+CSS+JS estándar. La segunda ruta, útil para componentes muy simples, consiste en escribir el HTML desde cero usando el artefacto solo como referencia visual. La primera

es más rápida; la segunda da más control sobre el resultado final.

En ambas rutas conviene aplicar las mismas listas de cotejo del Capítulo 6: tamaño menor a 200 KB, sin librerías superfluas, KaTeX cuando corresponde, SVG embebido para figuras, diseño responsive, sin emojis ni texto en inglés. La curaduría del docente es idéntica; solo cambia el origen del archivo.

### Las Seis R en acción

**Qué cambia y qué no cambia al pedir un artefacto**

Las Seis R siguen aplicando íntegras. Las diferencias respecto al HTML autocontenido se concentran en dos bloques:

- **R2 · Resultado.** Pide explícitamente un artefacto en Claude como componente React funcional. Especifica si se aceptan Hooks, qué librerías permitidas, qué sistema de estilos.
- **R4 · Restricciones técnicas.** Las restricciones se acomodan al entorno de Claude: sin dependencias externas no soportadas, sin almacenamiento del navegador, componentes que respeten los anchos típicos del panel de artefactos.

Las R1, R3, R5 y R6 funcionan idénticas: el rol profesional, el receptor pedagógico, los recursos verificados y la revisión final no cambian con el formato de salida.

### Qué puede modificar el docente

**Otros artefactos que funcionan bien en Claude**

1. **Resolvedor de ecuaciones lineales paso a paso**. El estudiantado plantea $ax + b = c$, el componente verifica cada operación, retroalimenta y permite reintentar.
2. **Sistema $2 \times 2$ con interpretación gráfica**. Dos ecuaciones, intersección visual, resolución por sustitución mostrada al lado.
3. **Calculadora de área bajo curva** con rectángulos manipulables.
4. **Simulador de lanzamiento de dados** con histograma actualizado en tiempo real, para estadística.
5. **Constructor de triángulos** con tres puntos arrastrables y cálculo automático de área, ángulos y perímetro.

### Cómo revisar el resultado

**Lista de cotejo para artefactos en Claude**

1. El componente compila y se renderiza sin errores en el panel de artefactos.
2. Todos los controles afectan el estado interno como se espera (mueva los deslizadores, presione todos los botones).
3. La matemática del componente es correcta: vértices, raíces, intersecciones.

4. La notación matemática se ve bien renderizada, no como texto plano.
5. No hay etiquetas, mensajes o títulos en inglés.
6. El componente es legible en un ancho de pantalla reducido (panel de artefactos puede no ser ancho).
7. El traslado a HTML autocontenido produce un archivo menor a 200 KB y funcionalmente equivalente.

### Cuidado con la alucinación

**Errores específicos en artefactos React**

- **Componentes que no compilan.** Imports incorrectos, paréntesis sin cerrar, uso de funciones obsoletas. Claude suele corregir si se le indica el error.
- **Estado mal manejado.** El deslizador se mueve pero el componente no se actualiza; o se actualiza con un valor retrasado. Suele ser un `useState` mal sincronizado.
- **Etiquetas en inglés filtradas.** «Reset», «Submit», «Score». La R6 debe revisarlo.
- **Cálculos matemáticos sutilmente erróneos.** Una parábola que parece correcta pero cuyo vértice no coincide con $(h, k)$. Use los preajustes para verificar casos conocidos.
- **Dependencias inventadas.** El modelo importa librerías que no existen o no están disponibles en el entorno. Pida explícitamente sin dependencias externas.

### Decisión docente

**¿Artefacto o HTML? Cuatro preguntas que orientan**

1. ¿El recurso se usará una sola vez en un grupo concreto, o se distribuirá a varios cursos durante el año? Si es lo segundo: HTML.
2. ¿El estudiantado tendrá acceso al recurso fuera de la sesión presencial? Si sí: HTML.
3. ¿El docente necesita iterar el diseño en sesiones cortas, durante una semana? Si sí: artefacto para diseñar, HTML para entregar.
4. ¿La actividad requiere interactividad que el HTML simple no logra con elegancia? Si sí: artefacto, y luego conversión al HTML más cuidada.

### Trazabilidad

**Archivo del proceso en el ecosistema Claude**

Cuando trabaje con artefactos, mantenga la trazabilidad con los siguientes elementos en la carpeta del recurso:

- `prompt-artefacto.txt`: el prompt enviado a Claude.
- `conversacion.md`: una nota breve con las iteraciones (qué pidió cambiar y por qué).
- `artefacto-codigo.jsx`: el código React del artefacto final (descargable desde Clau-

de).

- `recurso-aula.html`: la versión HTML autocontenida lista para repositorio y proyección.
- `consignas-aula.md`: las preguntas y consignas que acompañan el uso del recurso en clase.

> *El artefacto en Claude es una herramienta de diseño; el HTML autocontenido es la herramienta de distribución. Confundir las dos lleva, en el peor caso, a depender de una plataforma para acceder al propio recurso. La sobriedad profesional consiste en saber cuándo usar cada cosa.*

En la siguiente parte del libro abordamos tres salidas especializadas: GeoGebra para geometría dinámica, LaTeX para producción documental profesional, e infografías para síntesis visuales.

PARTE IV

# GeoGebra, LaTeX y otras salidas

CAPÍTULO 11

# Prompts para GeoGebra Clásico 6

*¿Cómo le pido a la IA los comandos exactos para construir una actividad en GeoGebra? El secreto es no pedirle la construcción descrita en palabras, sino la lista numerada de comandos para la barra de entrada.*

GeoGebra Clásico 6 sigue siendo, en 2026, el software de geometría dinámica más extendido en las aulas de matemática de secundaria en Costa Rica. Es gratuito, funciona en computadora, tableta y celular, ofrece una versión web sin instalación, permite guardar archivos `.ggb` que el docente puede compartir con su grupo, y articula con fluidez los registros gráfico, algebraico y numérico que el aprendizaje de la matemática requiere. Sin embargo, escribir prompts útiles para GeoGebra exige una pequeña adaptación del formato base: el resultado que se pide a la IA no es código HTML, sino una **lista numerada de comandos** que el docente copiará uno a uno en la barra de entrada de GeoGebra.

## 11.1 Por qué Clásico 6 y no la versión 5 ni la versión web

GeoGebra ha producido varias versiones distintas a lo largo de los años. La versión 5 (Clásico) tiene una sintaxis ligeramente diferente y muchos colegios ya no la mantienen instalada. La versión web (geogebra.org/calculator) ofrece calculadoras especializadas pero no soporta todas las construcciones complejas. Clásico 6, en cambio, está disponible como aplicación de escritorio para Windows, macOS y Linux, funciona sin conexión una vez instalada, y acepta la sintaxis estándar que la mayor parte de los manuales documentan. Cuando le pida a la IA comandos para GeoGebra, especifique siempre *Clásico 6* para evitar que mezcle sintaxis entre versiones.

## 11.2 Sintaxis de la barra de entrada

La barra de entrada es el campo de texto, en la parte inferior o lateral de la ventana de GeoGebra, donde el docente o el estudiantado escriben comandos. La sintaxis es estable: `nombre=Objeto(argumento1,argumento2,...)`. Por ejemplo, para crear un punto: `A=(2,3)`; para una recta: `r=Recta(A,B)`; para una circunferencia: `c=Circunferencia(A,5)`. Los nombres se separan por mayúsculas y minúsculas convencionalmente (puntos con mayúsculas, rectas y otros objetos con minúsculas), aunque GeoGebra acepta cualquier combinación.

Cuando el prompt le pide a la IA producir comandos para GeoGebra, conviene exigir que se entreguen como **lista numerada**, una sintaxis exacta por línea, con un comentario breve

después de cada uno explicando qué hace. Esto permite al docente copiarlos en orden sin errores y, sobre todo, entenderlos para modificar después.

## 11.3 Elementos típicos: deslizadores, casillas, textos dinámicos

Las construcciones pedagógicamente potentes en GeoGebra suelen combinar cuatro tipos de elementos. Los **deslizadores** son controles numéricos que el estudiantado mueve para variar un parámetro: `a=Deslizador(-3,3,0.1)` crea uno que va de $-3$ a $3$ con paso $0{,}1$. Los **puntos móviles** son puntos que el estudiantado arrastra con el ratón, y cuyo desplazamiento actualiza el resto de la construcción. Las **casillas de control** son interruptores booleanos que muestran u ocultan partes de la figura: `verConstrucción=Casilla()`. Y los **textos dinámicos** son etiquetas que muestran valores que cambian: `Texto("Área="+Área(t),(5,5))` muestra el área del triángulo $t$ en una posición fija.

## 11.4 Estructura recomendada del prompt

El prompt para una construcción en GeoGebra cambia la R2 (Resultado) de las Seis R: en lugar de pedir un archivo HTML, pide una lista numerada de comandos. Las demás R se mantienen. Conviene incluir, en el R5 (Recursos), un boceto verbal o esquemático de la construcción final, porque la IA tiende a inventar pasos cuando no los visualiza con claridad. El prompt siguiente produce una construcción clásica: la demostración por áreas del teorema de Pitágoras con una casilla que activa la animación.

**Prompt listo para copiar**

**Teorema de Pitágoras con demostración por áreas, octavo año**

```
prompt · GeoGebra Clásico 6
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico de matemática para
secundaria en Costa Rica, con dominio de GeoGebra Clásico 6.

[RESULTADO]
Entrega una lista numerada de comandos para la barra de
entrada de GeoGebra Clásico 6 que construyan una actividad
sobre el teorema de Pitágoras con demostración por áreas,
dirigida a estudiantes de octavo año.

Formato de entrega: cada comando en una línea, numerado,
con un comentario después que explique qué hace y dónde
debe verse en la ventana.

[RECEPTOR]
Octavo año, 13-14 años. Conocen el plano cartesiano y
calculan áreas de rectángulos y triángulos. Primer encuentro
sistemático con el teorema de Pitágoras.

Objetivo: visualizar que la suma de las áreas de los
```

```
cuadrados construidos sobre los catetos es igual al área
del cuadrado construido sobre la hipotenusa.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Triángulo rectángulo con catetos modificables mediante
  dos deslizadores: a (de 1 a 6) y b (de 1 a 6).
- Tres cuadrados visibles, uno sobre cada lado, con colores
  distintos.
- Texto dinámico con las áreas a^2, b^2, c^2 y la suma
  a^2 + b^2.
- Casilla de control "Ver descomposición" que muestra una
  cuadrícula sobre cada cuadrado para contar unidades.
- Casilla "Ver verificación" que muestra la igualdad
  numérica c^2 = a^2 + b^2.

Técnicas:
- Sintaxis exacta de GeoGebra Clásico 6.
- Nombres en español (no en inglés).
- Comandos en español: Cuadrado, Polígono, Texto,
  Deslizador, Casilla, etc.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.

[RECURSOS]
Habilidad MEP: aplicar el teorema de Pitágoras en triángulos
rectángulos (Programa, octavo, Geometría).
Boceto: el ángulo recto en el origen, cateto a horizontal,
cateto b vertical, hipotenusa diagonal. Cuadrado sobre cada
lado, hacia el exterior del triángulo.

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Verifica que la sintaxis sea válida en Clásico 6.
2. Verifica que los cuadrados queden hacia el exterior.
3. Verifica que las áreas a^2 + b^2 = c^2 se mantengan
   al mover los deslizadores.
4. Verifica que cada comando tenga un comentario claro.
5. Verifica que las casillas funcionen como interruptores.

Entrega final:
1. Lista numerada de comandos.
2. Instrucciones breves para guardar el archivo .ggb.
3. Tres consignas que el docente pueda usar con el grupo.
```

## 11.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA

Los prompts para GeoGebra Clásico 6 introducen problemas distintos a los del HTML. Aquí la IA no devuelve código que se ejecuta solo en un navegador; devuelve una lista de comandos que el docente debe transcribir manualmente en la barra de entrada del programa. Cada error de sintaxis se vuelve un error de transcripción, y el modelo tiende a mezclar dialectos: comandos en español de Clásico 5 con sintaxis de Clásico 6, funciones de la versión web que no existen en la versión instalada, y —el más frecuente— nombres de comandos en inglés cuando el modelo «olvida» el contexto idiomático.

*salida bruta · fragmento del Teorema de Pitágoras dinámico*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
(1)# Construcción Teorema de Pitágoras
# Paso 1: deslizadores para los catetos

a = (2)Slider[1, 6, 0.1]
b = Slider[1, 6, 0.1]

# Paso 2: triángulo rectángulo
A = (0, 0)
B = (a, 0)
C = (0, b)
(3)triangulo = Polygon[A, B, C]

# Paso 3: cuadrados sobre los catetos
(4)cuadA = Polygon[A, B, B+(0,-a), A+(0,-a)]
cuadB = Polygon[A, C, C+(-b,0), A+(-b,0)]

# Paso 4: hipotenusa y su cuadrado
c = Distance[B, C]
cuadC = Polygon[B, C, C+(b,a), B+(b,a)]

# Paso 5: textos dinámicos con las áreas
(5)texto1 = Text["Area square A: " + a^2, (a/2, -a/2)]
texto2 = Text["Area square B: " + b^2, (-b/2, b/2)]

# Paso 6: casilla para mostrar/ocultar suma
mostrarSuma = Checkbox[]
suma = a^2 + b^2
(6)SetCondition[texto1, mostrarSuma]
```

1. **Comentarios con `#`: estilo Python, no GeoGebra.** La barra de entrada de Clásico 6 no acepta comentarios; las líneas que empiezan con `#` se interpretan como entradas y producen error. El docente las transcribe pensando que son ayudas y obtiene seis mensajes de sintaxis inválida. Conviene pedir explícitamente que los comentarios vayan separados, fuera de la lista de comandos, o que cada comentario sea una línea aparte rotulada como «Comentario:».
2. **Sintaxis inglesa en una construcción en español.** `Slider` es el comando inglés; en Clásico 6 con interfaz en español el comando es `Deslizador`. Lo mismo ocurre con `Polygon` (`Polígono`), `Distance` (`Distancia`), `Text` (`Texto`) y `Checkbox` (`Casilla`). El modelo mezcla idiomas con frecuencia porque los manuales más extensos están en inglés. El docente costarricense que use GeoGebra en español verá errores en cada línea.
3. **Triángulo nombrado `triangulo` sin tilde.** Detalle menor pero típico: GeoGebra acepta nombres con tilde y eñe, pero la IA tiende a omitirlas como reflejo del inglés. Para coherencia con el resto de la actividad —textos dinámicos, consignas, etiquetas— conviene usar `triángulo`. También conviene usar mayúsculas iniciales para objetos compuestos: `Triángulo`, `CuadradoA`, `CuadradoB`, no `cuadA`.
4. **Cuadrado construido a mano en lugar de usar el comando dedicado.** Clásico 6 tiene un comando `Cuadrado[punto1,punto2]` que produce el polígono regular automáticamente

y conserva la relación al mover los catetos. La construcción manual con cuatro puntos sumando vectores es frágil: si el docente luego rota el triángulo o cambia el sistema de referencia, los cuadrados se rompen. Es además más difícil de leer, transcribir y depurar.

5. **Textos dinámicos con cadenas en inglés y concatenación rota.** «Area square A» aparece en inglés. La concatenación `"texto"+a^2` funciona en algunas versiones, pero en Clásico 6 conviene usar la sintaxis correcta de texto dinámico: `"Áreadelcuadradosobreelcatetoa:" +(a^2)`, con paréntesis explícitos. Sin ellos, la potencia se evalúa antes de la concatenación con orden indeterminado.
6. **Comando `SetCondition` de versión equivocada.** En Clásico 6 el comando para condicionar la visibilidad de un objeto a una casilla es `ConditionToShowObject[]`, no `SetCondition` (que pertenece a la API JavaScript de la versión web). El docente al transcribirlo recibirá un mensaje de comando desconocido. Este es el error más sutil de detectar porque suena verosímil.

## 11.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula

Las seis intervenciones sobre esta lista de comandos para producir una versión que el docente pueda transcribir limpiamente:

1. **Separación de comentarios y comandos.** Se reorganizó la salida en dos columnas: en la izquierda, los comandos puros que se transcriben en Clásico 6; en la derecha, un comentario explicativo que el docente lee pero no escribe. Visualmente, los pasos se numeran con asteriscos en lugar de almohadillas, eliminando la confusión con sintaxis Python.
2. **Traducción sistemática al español.** Búsqueda dirigida de *Slider*, *Polygon*, *Distance*, *Text*, *Checkbox*, *Segment*, *Point*, *Circle*, *SetCondition*. Cada comando se reemplaza por su versión en español (*Deslizador*, *Polígono*, *Distancia*, etc.) usando la lista oficial del manual de Clásico 6 en español.
3. **Nombres de objetos en español con mayúsculas iniciales.** Los identificadores se reescribieron: `Triángulo`, `CuadradoCatetoA`, `CuadradoCatetoB`, `CuadradoHipotenusa`, `MostrarSuma`. Mayúscula inicial para objetos compuestos, minúscula para deslizadores escalares (`a`, `b`, `c`), siguiendo la convención del propio GeoGebra.
4. **Uso del comando dedicado `Cuadrado[]`.** Las cuatro construcciones manuales de cuadrados se reemplazaron por tres invocaciones del comando dedicado: `CuadradoCatetoA=Cuadrado[A,B]`, etc. Tres líneas en lugar de quince, y los cuadrados siguen al triángulo cuando se mueven los catetos sin romperse.
5. **Textos dinámicos en español con sintaxis correcta.** Cada texto se reescribió: `Texto["Áreadelcuadradosobreelcatetoa:"+(a^2)]`, con paréntesis explícitos en la potencia y cadena en español. El estudiantado lee «Área del cuadrado sobre el cateto a: 9» cuando $a = 3$, no «Area square A: 9».
6. **Visibilidad condicional con el comando correcto.** `SetCondition` se reemplazó por la propiedad *Condición para mostrar el objeto* que se ajusta desde el menú contextual de cada objeto en Clásico 6, no como comando en la barra de entrada. La lista de comandos se complementó con la instrucción: «Clic derecho sobre `Suma` → Propiedades → Avanzado

→ Condición para mostrar el objeto: `MostrarSuma`».

Tiempo total de curaduría: entre veinticinco y treinta y cinco minutos, incluyendo la transcripción de los comandos limpios en Clásico 6 para verificar que cada uno se acepta sin error. El error 6 (visibilidad condicional) y el error 2 (idioma de los comandos) son los que más tiempo consumen porque no se detectan leyendo: se descubren al transcribir y ver el mensaje de error.

## 11.7 Cómo dejar el archivo listo para compartir

Una vez que los comandos están ingresados y la construcción luce como debe, el docente guarda el archivo con la opción *Archivo* → *Guardar como*..., eligiendo formato `.ggb`. Este archivo es portable: se puede enviar por correo, copiar a una memoria USB o subir al repositorio del TEC. El estudiantado puede abrirlo con GeoGebra en sus propios dispositivos. Si la actividad debe verse en un navegador sin instalar GeoGebra, conviene usar la opción *Archivo* → *Compartir* → *Exportar como HTML*, que produce una página estática lista para subir a un servidor.

### Qué puede modificar el docente

**Otras construcciones que siguen el mismo patrón**

1. **Circunferencia trigonométrica** para décimo: deslizador del ángulo, segmentos del seno y coseno marcados, texto dinámico con valores.
2. **Triángulo con baricentro, ortocentro y circuncentro** para octavo: tres puntos móviles, los puntos notables se actualizan, casillas para mostrarlos uno a uno.
3. **Tres tipos de simetrías** para sétimo: figura original, deslizadores que controlan el eje o el centro, figura imagen.
4. **Función cuadrática y sus raíces** para décimo: deslizadores para $a$, $b$, $c$, puntos sobre las raíces, vértice marcado.

### Cómo revisar el resultado

**Lista de cotejo para una construcción GeoGebra**

1. Cada comando se acepta sin error en la barra de entrada de Clásico 6.
2. Las relaciones geométricas se mantienen al mover deslizadores o puntos.
3. Los cálculos dinámicos son correctos en al menos tres casos verificados a mano.
4. Las casillas de control muestran y ocultan lo que deben.
5. El archivo se guarda como `.ggb` sin errores y se reabre con todos los elementos.
6. La construcción es legible al proyectarse: las etiquetas no se superponen.

### Cuidado con la alucinación

**Errores típicos en prompts de GeoGebra**

- **Comandos que no existen en Clásico 6**. La IA puede inventar nombres que parecen razonables. Pruebe siempre uno por uno antes de proyectar.
- **Sintaxis mezclada entre versiones**. La IA confunde Clásico 5 con Clásico 6 o con la versión web. Especifique explícitamente Clásico 6.
- **Comandos en inglés filtrados**: `Slider` en lugar de `Deslizador`, `Polygon` en lugar de `Polígono`. Pida explícitamente sintaxis en español.
- **Construcciones que se rompen en ciertos valores** de los deslizadores. Pruebe los extremos del rango.

### Decisión docente

**¿GeoGebra o HTML autocontenido?**

La construcción en GeoGebra brilla cuando se necesitan relaciones geométricas que se actualizan automáticamente al arrastrar puntos: el baricentro de un triángulo que se mueve, una circunferencia que pasa por tres puntos cambiantes, un cuadrilátero cuyos ángulos se recalculan. Para esos casos, ningún HTML autocontenido lo iguala con economía de esfuerzo. Para actividades de práctica guiada, juegos o exploradores con uno o dos deslizadores, el HTML es más portable y más fácil de compartir. La decisión depende del tipo de articulación de registros que la actividad demanda.

### Trazabilidad

**Archivo del proceso en GeoGebra**

Para cada construcción GeoGebra que lleve al aula, mantenga:

- `prompt.txt`: el prompt enviado a la IA.
- `comandos.md`: la lista numerada de comandos con sus comentarios, tal como la entregó la IA.
- `construccion.ggb`: el archivo final de GeoGebra.
- `consignas.md`: las preguntas que el estudiantado debe responder durante el uso.

En el siguiente capítulo abordamos una salida especializada distinta: las fichas y guías producidas en LaTeX, listas para imprimir, compilables en Overleaf.

CAPÍTULO 12

# Prompts para LaTeX y Overleaf

*¿Cómo le pido fichas o guías imprimibles en LaTeX que compilen sin errores en Overleaf, con figuras en TikZ y gráficos en pgfplots? La clave está en exigir compilación verificable.*

Cuando una actividad debe imprimirse y entregarse en papel, el formato profesional sigue siendo LaTeX. Las fichas, las guías de estudio, las pruebas formales y los apuntes que el docente quiere conservar durante años se ven mejor en LaTeX que en cualquier procesador de texto. La razón no es estética sino funcional: LaTeX produce documentos con tipografía consistente, ecuaciones matemáticamente correctas y figuras vectoriales que sobreviven a cualquier impresora. Y, gracias a **Overleaf**, el editor en línea más usado para LaTeX, el docente puede compilar sus documentos en el navegador, sin instalar nada, desde cualquier dispositivo con conexión.

## 12.1 Por qué LaTeX para fichas, guías y exámenes

Un mismo documento puede prepararse en LibreOffice, en Word o en LaTeX. Para una nota breve interna, la diferencia es despreciable. Para una ficha que se reparte a treinta estudiantes, para una guía de estudio que se distribuye en formato PDF, o para un examen que se imprime y se archiva, la diferencia se vuelve significativa. LaTeX maneja la matemática de forma nativa: `\{}(\{}frac{a}{b}\{})` produce $\frac{a}{b}$ con tipografía correcta. LaTeX produce figuras geométricas con TikZ, sin necesidad de software externo. LaTeX numera ecuaciones automáticamente, mantiene la consistencia del formato a lo largo de cincuenta páginas, y permite recompilar el documento entero cambiando un solo valor en una sola línea. Estas virtudes justifican la curva de aprendizaje inicial.

## 12.2 Estructura mínima del documento

Todo documento LaTeX tiene tres partes: el **preámbulo**, donde se declara la clase del documento y los paquetes necesarios; el cuerpo, entre `\{}begin{document}` y `\{}end{document}`, donde va el contenido; y el cierre. Para una ficha de matemática en español, el preámbulo mínimo declara la clase `article`, idioma `spanish`, y los paquetes `amsmath` para matemática avanzada y `tikz` para figuras. Cuando le pida a la IA un documento LaTeX, exija siempre que el preámbulo esté completo y comentado, para que el docente pueda modificarlo sin perderse.

## 12.3 TikZ y pgfplots

Dentro del ecosistema LaTeX, dos paquetes resuelven la mayoría de las necesidades gráficas del aula de matemática. **TikZ** permite dibujar figuras geométricas mediante coordenadas y comandos: un triángulo, una circunferencia, una recta tangente, un polígono regular. Su sintaxis recuerda al SVG pero adaptada a la lógica matemática habitual (el eje $y$ crece hacia arriba). **pgfplots**, construido sobre TikZ, se especializa en gráficos de funciones cartesianas: rectas, parábolas, exponenciales, cualquier curva $y = f(x)$. Pedirle a la IA que use estos paquetes, en lugar de figuras hechas con imágenes externas, mantiene el documento autocontenido y compilable en cualquier máquina.

## 12.4 El encabezado MEP de una ficha

En Costa Rica, una ficha imprimible de matemática para el aula suele incluir un encabezado institucional con: nombre del colegio, asignatura, nivel, fecha, nombre del docente, indicación de la habilidad o indicador del Programa MEP que se trabaja, y un espacio para el nombre del estudiantado. Estos seis elementos forman un patrón que la IA reproduce con facilidad si el prompt los explicita. Conviene mantener este encabezado constante a lo largo del año: el estudiantado se orienta más rápido cuando reconoce el formato.

**Prompt listo para copiar**

**Ficha de práctica de funciones con pgfplots, décimo año**

```
prompt · LaTeX para Overleaf
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y editor de matemática
en LaTeX, con experiencia produciendo materiales para
secundaria en Costa Rica.

[RESULTADO]
Entrega el código LaTeX completo de una ficha imprimible
de práctica sobre funciones lineales y cuadráticas,
compilable sin errores en Overleaf con el compilador pdfLaTeX.

[RECEPTOR]
Décimo año, 15-16 años. Conocen función lineal y han
iniciado el estudio de la cuadrática en forma general.

Objetivo: practicar la identificación de parámetros, el
cálculo de raíces y la graficación.
Tipo: ficha de práctica imprimible, dos páginas máximo.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Encabezado MEP completo: institución, asignatura, nivel,
  fecha, docente, habilidad MEP, espacio para nombre.
- Cinco ejercicios escalonados:
  Ejercicio 1: identificar pendiente y ordenada al origen
```

```
    de una recta dada.
  Ejercicio 2: graficar una recta dada su ecuación.
  Ejercicio 3: identificar a, b, c de una cuadrática general.
  Ejercicio 4: calcular las raíces de una cuadrática
    usando la fórmula general.
  Ejercicio 5: bosquejar la gráfica de una cuadrática.
- Cuadrícula de fondo en los gráficos para que el
  estudiantado pueda dibujar.

Técnicas:
- Documento class: article, fontsize 12pt.
- Idioma español con babel.
- Paquetes: amsmath, amssymb, tikz, pgfplots, geometry,
  fancyhdr.
- Márgenes de 2 cm.
- Gráficos con pgfplots, ejes desde -5 a 5, cuadrícula.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.

[RECURSOS]
Habilidad MEP: analizar gráficamente y algebraicamente
funciones lineales y cuadráticas (Programa, décimo,
Relaciones y álgebra).
Ejemplos verificados a incluir:
- y = 2x - 3 (Ejercicio 1).
- y = -x + 4 (Ejercicio 2).
- y = x^2 - 5x + 6 (Ejercicio 3 y 4: raíces x=2 y x=3).
- y = -x^2 + 4 (Ejercicio 5: parábola hacia abajo,
  raíces x=-2 y x=2, vértice (0, 4)).

[REVISIÓN]
Antes de entregar el código LaTeX:
1. El preámbulo carga todos los paquetes necesarios.
2. El código compila sin errores en Overleaf con pdfLaTeX.
3. Cada gráfico de pgfplots muestra ejes, cuadrícula y la
   función correcta.
4. Las ecuaciones se renderizan correctamente en modo
   matemático.
5. Las cuentas de los ejemplos son correctas (verificación
   como comentario LaTeX % al final del archivo).
6. El encabezado MEP está completo.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico breve.
2. Código LaTeX completo dentro de un solo bloque.
3. Lista de verificación para probar la compilación.
```

## 12.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA

LaTeX es el formato donde los errores de la IA dañan más visiblemente, porque la compilación falla por completo si un paquete no existe o un entorno queda mal cerrado. Pero también es el formato donde los errores son más fáciles de detectar: el compilador los señala con número de línea. El problema típico no es uno solo, sino la acumulación de cuatro hábitos heredados del corpus: paquetes inventados que suenan plausibles, mezcla de sintaxis de TikZ entre ver-

siones, comandos de la versión inglesa de `babel` en un documento en español, y comentarios numéricos sin verificar.

*salida bruta · preámbulo y gráfico TikZ de una ficha sobre lineales*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
\documentclass[12pt, letterpaper]{article}

(1)\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[spanish]{babel}
\usepackage{amsmath, amssymb}
(2)\usepackage{mathtools-cr}    % paquete inventado
\usepackage{tikz, pgfplots}
\usepackage{geometry}
\geometry{margin=2.5cm}

(3)\decimalcomma                % comando inexistente

\title{Ficha sobre funciones lineales}
\author{Docente de Matemática}

\begin{document}
\maketitle

\section{Contexto}
La factura del ICE para una vivienda se modela mediante
$F = 1500 + 95x$, donde $x$ es el consumo en kWh.

(4)\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
    xlabel=$x$ (kWh),
    ylabel=$F$ (colones),
    grid=major,
    domain=0:100,
]
(5)\addplot[blue, thick] {1500 + 95*x};
\addlegendentry{Factura mensual}
\end{axis}
\end{tikzpicture}

\section{Ejercicios}
\begin{enumerate}
  \item Si la familia pagó $\$5\,300$, ¿cuántos kWh consumió?
  (6)% Respuesta: x = 40 kWh
\end{enumerate}

\end{document}
```

1. **Sintaxis de codificación obsoleta.** `\{}usepackage[utf8]{inputenc}` y `\{}usepackage[T1]{fontenc}` son la combinación clásica de pdfLaTeX, pero Overleaf por defecto compila con LuaLaTeX o XeLaTeX desde hace años, donde estos comandos producen advertencias y, ocasionalmente, fallan. Para la generación actual conviene `\{}usepackage{fontspec}` directamente, o configurar el motor explícitamente. La IA suele mezclar las dos generacio-

nes

2. **Paquete inventado.** `mathtools-cr` no existe en CTAN. La IA inventa paquetes con sufijos que suenan plausibles (`-cr`, `-es`, `-extra`) cuando «recuerda» vagamente que algo existe pero no su nombre exacto. La compilación falla en la primera pasada con el mensaje `!LaTeXError:File'mathtools-cr.sty'notfound`. Es el error más fácil de detectar y el más típico.
3. **Comando inexistente para coma decimal.** `\{}decimalcomma` tampoco existe. La forma correcta de tener la coma decimal en modo matemático (convención costarricense y española) es cargar `\{}usepackage[icomma]{babel}` con la opción `icomma`, o usar el paquete específico `\{}usepackage{icomma}`. La IA confunde la sintaxis de configuración con un comando autónomo.
4. **Entorno `tikzpicture` sin cargar `pgfplots` explícitamente.** Aunque `pgfplots` está en el preámbulo, falta la línea `\{}pgfplotsset{compat=1.18}` que especifica la versión de compatibilidad. Sin esa línea, `pgfplots` emite una advertencia que no es error técnico pero ensucia el log y, en algunas funciones, cambia el comportamiento entre versiones.
5. **Función dibujada sin restringir la escala vertical.** El gráfico va de $x = 0$ a $x = 100$, lo que da valores de $F$ entre 1500 y 11000. Sin un `ymin` y `ymax` explícitos, `pgfplots` ajusta automáticamente y produce una recta que ocupa toda la altura, sin grilla legible en el eje vertical. El estudiantado verá un gráfico técnicamente correcto pero visualmente inservible.
6. **Cifra monetaria escrita como dólares.** `$\{}$5\{},300$` produce `$5300` con signo de dólar. El símbolo del colón requiere `\{}textcolonmonetary` del paquete `textcomp`, o más cómodo, la entidad Unicode directa: `\{}char"20A1` o simplemente escribir `₡5\{},300` y compilar con LuaLaTeX que soporta Unicode nativamente. La cifra como dólares es el equivalente latex del bug del Capítulo 7.

## 12.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula

Las seis intervenciones sobre el preámbulo y el cuerpo del documento:

1. **Preámbulo modernizado.** Las dos líneas de codificación pdfLaTeX se reemplazaron por `\{}usepackage{fontspec}` y `\{}setmainfont{LatinModernRoman}`, con una nota arriba del archivo: `%CompilarconLuaLaTeXenOverleaf`. El docente sabe exactamente qué seleccionar en el menú de motor de compilación.
2. **Eliminación del paquete inventado.** `mathtools-cr` se eliminó y se sustituyó por `\{}usepackage{mathtools}` (el real, sin sufijo) que ya incluye casi todo lo que el modelo «recordaba».
3. **Coma decimal correctamente configurada.** Se añadió `\{}usepackage{icomma}` al preámbulo y se eliminó la línea `\{}decimalcomma`. La coma decimal funciona ahora en cualquier expresión matemática del documento.
4. **Versión de pgfplots especificada.** Se añadió `\{}pgfplotsset{compat=1.18}` inmediatamente después de cargar el paquete. Esta línea sola elimina cuatro advertencias del log y garantiza comportamiento estable en cualquier servidor de Overleaf.
5. **Escala vertical acotada y grilla legible.** Al `\{}begin{axis}[...]` se le añadieron las opcio-

nes `ymin=0,ymax=12000,ytick={0,2000,4000,6000,8000,10000,12000}`. El gráfico ahora muestra una grilla vertical legible y los puntos clave del rango de facturas reales del ICE quedan etiquetados.

6. **Símbolo del colón correcto.** Todas las cifras monetarias se reescribieron usando el carácter Unicode directo (`₡5\{},300`), compatible con LuaLaTeX. Para coherencia con el Capítulo 7, el separador de miles es el espacio fino (`\{},`), no la coma ni el punto.

Tiempo total de curaduría: entre veinte y treinta minutos. La ventaja de LaTeX sobre HTML es que el compilador es implacable: si algo está mal, no compila. Esa rigidez es pedagogía indirecta para el docente porque le obliga a verificar antes de imprimir; el HTML, en cambio, «funciona» con errores que solo se notan en el aula.

## 12.7 Cómo verificar que el código compila

Una vez recibido el código LaTeX, conviene copiarlo en un proyecto nuevo de Overleaf y compilarlo antes de cualquier otra revisión. La compilación es el primer cernidor: si el código tiene un paquete inexistente, una llave sin cerrar o un comando mal escrito, la compilación falla y Overleaf muestra el error con precisión. La IA puede inventar paquetes (especialmente paquetes que parecen razonables pero no existen) y mezclar sintaxis de versiones antiguas de TikZ. La primera revisión, entonces, es técnica: ¿compila? Solo después se procede a la revisión disciplinar y pedagógica.

**Cómo revisar el resultado**

**Lista de cotejo para LaTeX en Overleaf**

1. El código compila sin errores en Overleaf con pdfLaTeX o LuaLaTeX.
2. El encabezado MEP aparece correctamente en la primera página.
3. Las ecuaciones en modo matemático se ven con tipografía profesional.
4. Los gráficos de pgfplots muestran las funciones correctamente, con ejes y cuadrícula.
5. Las figuras TikZ tienen las dimensiones correctas y no se desbordan de la página.
6. Las cuentas de los ejemplos están verificadas a mano.
7. El PDF resultante se ve bien al imprimir en blanco y negro (alto contraste).

**Cuidado con la alucinación**

**Errores típicos en LaTeX generado por IA**

- **Paquetes inventados**. La IA puede solicitar `\{}usepackage{matematica-cr}` u otros nombres que suenan plausibles pero no existen en CTAN. Verifique cada paquete antes de compilar.
- **Sintaxis de TikZ obsoleta**. Versiones antiguas de TikZ usaban comandos diferentes. Si el prompt no lo especifica, la IA puede mezclar. Exija sintaxis de TikZ 3.x o

superior.

- **Referencias bibliográficas inventadas**. Si el documento incluye una bibliografía, la IA puede fabricar títulos, autores y años. Si necesita referencias, aporte usted la lista.
- **Comandos en inglés filtrados**: `\{}section{Introduction}` en lugar de `\{}section{Introducción}`. Pida revisión explícita del idioma.
- **Cuentas erróneas en los ejemplos**. Especialmente al calcular raíces o vértices: verifíquelas siempre a mano.

### Qué puede modificar el docente

**Variantes habituales de fichas LaTeX**

1. **Examen formal**: agregar el encabezado con puntaje por ejercicio, casilla para nota.
2. **Guía de estudio**: sustituir ejercicios por explicaciones, conservar gráficos.
3. **Hoja de trabajo grupal**: agregar espacios marcados para tres estudiantes.
4. **Material para adecuación**: agrandar tipografía, simplificar consignas, dejar más espacio para escribir.
5. **Versión bilingüe** (para colegios que la requieran): paralelo en una segunda columna.

### Decisión docente

**Cuándo conviene LaTeX y cuándo no**

- **Sí**: cuando el material se imprime, se archiva y se usa varias veces a lo largo del año.
- **Sí**: cuando el documento tiene mucha matemática y la calidad tipográfica importa.
- **Sí**: cuando se quiere mantener un formato consistente entre fichas distintas.
- **No**: cuando el material es interactivo o se proyectará en pantalla (use HTML).
- **No**: cuando se necesita modificarlo desde el celular sin conexión.

El siguiente capítulo aborda un tipo de salida muy distinta: las infografías y los cuadernos dinámicos, donde la IA produce contenido textual estructurado que luego el docente lleva a herramientas como Canva o Genially.

CAPÍTULO 13

# Infografías y cuadernos dinámicos

*¿Cómo le pido contenido textual estructurado para Canva, Genially o PowerPoint sin que la IA invente datos? La regla es separar dos pasos: primero el contenido verificable, después la maquetación visual.*

Las infografías y los cuadernos dinámicos son recursos visuales donde el peso pedagógico recae en la síntesis: condensar un concepto, una unidad o una secuencia en una composición visual que el estudiantado pueda mirar y comprender. Herramientas como Canva, Genially y PowerPoint son excelentes para la maquetación, pero no producen el contenido. Aquí la IA cumple un papel distinto al de los capítulos anteriores: en lugar de generar un archivo ejecutable, produce un **texto estructurado** que el docente vierte después en la plantilla visual elegida.

## 13.1 Qué debe contener una infografía didáctica

Una infografía didáctica de matemática se distingue de una infografía decorativa por una propiedad simple: si se le quitan los gráficos, queda contenido matemático suficiente para una clase. Esto exige que el texto estructurado tenga un título claro, una jerarquía visual (titulares, subtítulos, ítems), datos verificables (no inventados), una representación gráfica del concepto central (que será el corazón visual de la pieza), y una conclusión o una pregunta que invite a la reflexión. Cuando le pida a la IA contenido para una infografía, exija que cada uno de estos cinco elementos esté presente y diferenciado.

## 13.2 El cuaderno dinámico: estructura tipo bitácora

El **cuaderno dinámico** es una variante del cuaderno de aula, pensado como secuencia de páginas digitales donde se acumula el trabajo de una unidad. Su estructura recuerda a una bitácora: cada página tiene una fecha o un número de sesión, un título, los aprendizajes esperados de la sesión, el desarrollo del trabajo (ejemplos, ejercicios, descubrimientos), una sección de cierre con conclusiones, y un espacio para preguntas que quedan abiertas. La IA puede producir el texto base de cada página; el docente lo adapta a su grupo, lo enriquece con producciones de estudiantes (debidamente anonimizadas) y lo cierra con su criterio.

## 13.3 Del texto estructurado a la plantilla visual

Una vez que la IA entrega el texto estructurado, el docente lo lleva a Canva, Genially o PowerPoint. En Canva, la mayoría de las plantillas educativas aceptan el texto pegándolo en los bloques predefinidos. En Genially, las infografías interactivas permiten capas, botones y ventanas emergentes que enriquecen la experiencia. En PowerPoint, las plantillas SmartArt convierten listas en diagramas. En todos los casos, la maquetación es responsabilidad del docente: la IA aporta el contenido verificado, no la composición visual.

## 13.4 Cómo se ve, paso a paso: del texto estructurado a la composición visual

Para que el lector visualice el resultado del prompt cuando se trasladan los cinco bloques estructurados a una plantilla de Canva, mostramos a continuación un mockup SVG de una infografía de estadística descriptiva de noveno año. Es una composición simplificada que recrea visualmente lo que el docente obtendría al pegar el texto del prompt en una plantilla. Sirve para fijar la idea de cómo el contenido textual organizado se convierte en una pieza visual, sin reemplazar el trabajo de composición en la herramienta gráfica real.

Mockup ilustrativo · cómo lucirá la infografía al cargar el contenido en Canva

*Figura 13.1. Ejemplo de infografía didáctica (mockup ilustrativo).*

El SVG anterior ilustra cómo se distribuyen los cinco bloques del prompt en una composición visual: titular en banda superior, idea principal en bloque destacado, tres subconceptos en columnas paralelas con paleta diferenciada, ejemplo numérico con visualización de datos, pregunta de cierre en recuadro destacado.

## 13.5 Y cómo se ve un cuaderno dinámico: mockup de una página

El segundo formato del capítulo —el cuaderno dinámico de unidad— también se beneficia de una visualización previa. A diferencia de la infografía, el cuaderno se compone de varias páginas con estructura repetida, por lo que el mockup ilustra *una página tipo* que el docente replicaría con variaciones en el resto de la unidad.

Mockup ilustrativo · página tipo de un cuaderno dinámico en Genially

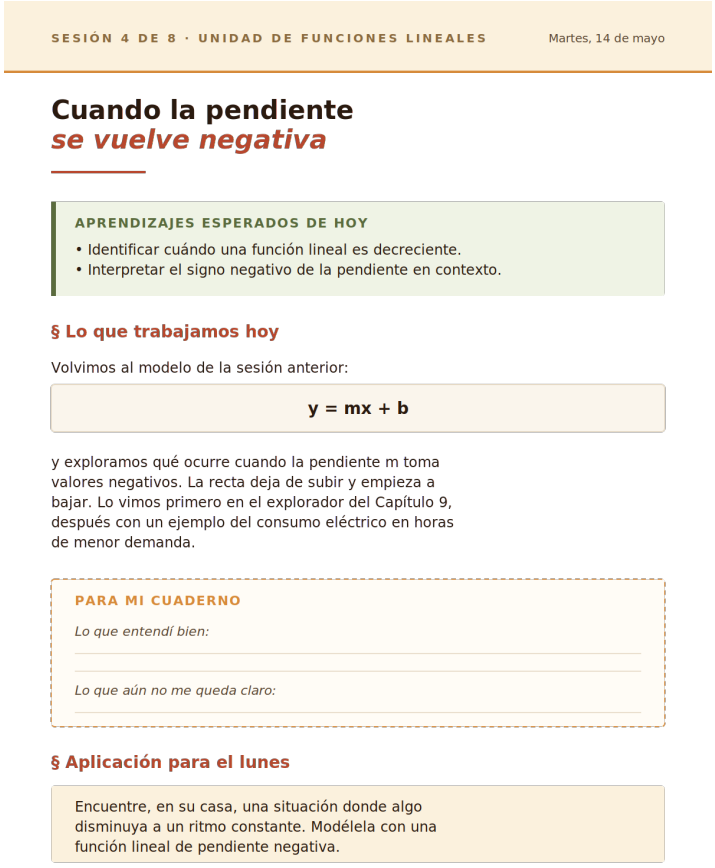


*Figura 13.2. Ejemplo de cuaderno dinámico de aula (mockup ilustrativo).*

El mockup recrea la estructura estandarizada del cuaderno dinámico: fecha y número de sesión arriba, título, aprendizajes esperados en banda oliva, desarrollo conceptual, espacio reservado para que el estudiantado escriba (lo que entendió, lo que no), y aplicación para casa.

## 13.6 El riesgo principal: datos inventados

En las infografías, donde abundan los números, los porcentajes y las fuentes, la IA tiende a inventar con particular facilidad. Cifras del INEC que no existen, porcentajes que no suman cien, fuentes ministeriales con números de informe ficticios. Antes de incorporar cualquier dato externo en una infografía, el docente debe verificarlo en la fuente original (INEC, MEP, BCCR, MINAE, según corresponda). Es preferible una infografía con datos verificados que sea visualmente sobria, que una espectacular con datos falsos. La R5 (Recursos) del prompt debe aportar los datos verificados; no debe confiarse en que la IA los traiga.

**Prompt listo para copiar**

**Infografía sobre estadística descriptiva, noveno año**

```
prompt · contenido para infografía
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y redactor de materiales
educativos en matemática para secundaria en Costa Rica.

[RESULTADO]
Entrega contenido textual estructurado, listo para vaciar
en una plantilla de Canva o Genially, de una infografía
didáctica sobre medidas de tendencia central, para
estudiantes de noveno año.

Formato de entrega: texto estructurado en bloques
identificados (TÍTULO, BLOQUE 1, BLOQUE 2, ...), uno por
sección de la infografía, sin maquetación visual.

[RECEPTOR]
Noveno año, 14-15 años. Conocen frecuencias y representaciones
gráficas básicas. Primer encuentro sistemático con media,
mediana y moda como descriptores de un conjunto de datos.

Objetivo: distinguir cuándo conviene usar media, mediana o
moda según el tipo de datos y la pregunta que se quiere
responder.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Cinco bloques con jerarquía clara.
- Cada bloque debe tener un titular breve y entre dos y
  cuatro líneas de texto.
- Incluir un ejemplo numérico verificado por bloque.
- Lenguaje claro, español de Costa Rica.
- Incluir una pregunta de reflexión al final.

Técnicas:
- Sin tablas complejas (la plantilla visual las recreará).
- Las cifras deben ser sencillas, redondas y verificables
  a mano.
- No incluir fuentes inventadas. Si se mencionan datos
```

```
  oficiales, indicar [verificar fuente].
- Sin emojis. Sin texto en inglés.

[RECURSOS]
Habilidad MEP: calcular e interpretar media, mediana y moda
en distribuciones de datos (Programa, noveno, Estadística
y probabilidad).
Conjunto de datos verificado a usar como ejemplo central:
notas de un grupo en una prueba (escala 1 a 100):
60, 70, 70, 80, 85, 85, 85, 90, 95, 100.
Verificación: media = 82; mediana = 85; moda = 85.

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Cada bloque tiene titular y desarrollo claros.
2. Los cálculos del ejemplo central son correctos.
3. Las cifras adicionales (si se incluyen) son redondas
   y verificables.
4. No hay fuentes inventadas.
5. El texto está en español de Costa Rica.
6. Hay una pregunta de reflexión final.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico breve.
2. Texto estructurado completo en cinco bloques.
3. Sugerencia de qué imagen, ícono o gráfica visual
   acompañar cada bloque.
4. Lista de verificación para revisar antes de maquetar.
```

## 13.7 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA

La infografía es el formato donde la IA inventa con más libertad y donde la curaduría debe ser más estricta, porque cada cifra y cada fuente que se incorpora al diseño final acabará proyectada al aula como si tuviera autoridad institucional. A diferencia de un código HTML que falla técnicamente, un texto estructurado «funciona» aunque contenga datos completamente inventados; el error solo aparece cuando un estudiante de noveno verifica una cifra en Wikipedia y descubre la discrepancia. A continuación, un fragmento típico del bloque central de una infografía sobre estadística descriptiva.

*salida bruta · bloque 3 de una infografía sobre estadística*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
BLOQUE 3 - DATOS EN CONTEXTO COSTARRICENSE

Titular: ¿Cuánto duerme un adolescente tico?

Cuerpo:
(1)Según el Informe MEP 2024-318, el 67% de los estudiantes
de secundaria en Costa Rica duerme menos de las 8 horas
recomendadas.
```

```
(2)Distribución por horas de sueño en un grupo típico
de noveno año (datos sintéticos para ilustración):
- Menos de 6 horas:  18%
- Entre 6 y 7 horas: 35%
- Entre 7 y 8 horas: 28%
- Más de 8 horas:    25%

(3)Promedio nacional: 6.3 horas (fuente: INEC, encuesta
nacional de hogares 2024).

(4)Conclusión:
La mediana del grupo es 7 horas, mientras que la media
es de 6.8 horas. La moda corresponde al rango de 6 a 7
horas. Estas tres medidas, en conjunto, ofrecen una
imagen más completa que cualquiera por separado.

Sugerencia visual: gráfico de barras horizontales con
los cuatro rangos, en tonos cálidos.
```

1. **Cita con número de informe inventado.** «Informe MEP 2024-318» suena institucional pero no existe. El MEP no usa esa numeración para informes, y la cifra del 67 % no proviene de ninguna publicación verificable. La IA inventa fuentes plausibles con sufijos numéricos cuando se le pide aportar datos que no tiene. Este es el patrón de alucinación más peligroso en infografías porque el lector lo internaliza sin verificarlo.
2. **Porcentajes que no suman cien.** 18 + 35 + 28 + 25 = 106. Una distribución mutuamente excluyente y exhaustiva debe sumar exactamente cien. El error es elemental pero pasa desapercibido al ojo entrenado en lectura cualitativa: las cifras «parecen razonables». Multiplique este error por los cuatro o cinco bloques de una infografía típica y obtendrá un recurso con varias inconsistencias acumuladas. La aclaración «datos sintéticos para ilustración», además, contradice el propósito del bloque que es ofrecer un anclaje real.
3. **Segunda fuente inventada que contradice la primera.** El INEC no produce datos de horas de sueño en su encuesta nacional de hogares; la ENAHO mide ingresos, vivienda y empleo. Y aunque los produjera, la cifra del promedio (6.3) es incompatible con la distribución del bloque anterior (cuyo promedio ponderado da aproximadamente 7.0 con los porcentajes inflados, o 6.6 normalizados al 100 %). El modelo agrega «una fuente más para dar credibilidad» sin verificar que sea aritméticamente coherente con lo ya escrito.
4. **Conclusión con tres medidas calculadas a partir de datos falsos.** Aun si el cálculo aritmético fuera correcto (no lo es: con las cifras dadas la moda sería el rango 6-7 horas pero la mediana y la media requieren la distribución exacta de cada estudiante, no rangos), la conclusión hereda toda la falsedad de los datos de origen. El estudiantado verá una conclusión «matemáticamente válida» sobre datos completamente inventados, lo que enseña exactamente lo contrario de lo que se pretende.

## 13.8 Curaduría aplicada antes de maquetar

La curaduría de infografías difiere de la del HTML o del LaTeX: aquí no se corrige código sino que se sustituye contenido falso por contenido verificable. Cuatro intervenciones sobre

el bloque anterior:

1. **Eliminación de toda fuente no aportada en la R5.** Las dos referencias al «Informe MEP» y al «INEC» se eliminaron por completo. Si el docente quiere incluir una fuente, debe aportarla él mismo en el bloque de Recursos del prompt o agregarla manualmente tras verificarla. Regla operativa: si la cifra no fue verificada por el docente, no entra en la infografía. Punto.
2. **Sustitución del bloque de cifras inventadas por un mini-experimento del propio grupo.** En lugar del «grupo típico de noveno año» ficticio, se reescribió la consigna para que el docente recoja datos reales antes de proyectar la infografía: «Encueste a su grupo: ¿cuántas horas durmió cada uno la noche anterior?». Los datos del aula se introducen en la infografía en un espacio reservado, con una marca visual: «Datos de nuestro grupo». Esto convierte un bloque alucinable en un bloque verificable por construcción.
3. **Recálculo de la conclusión con datos reales.** La sección de las tres medidas (media, mediana, moda) se mantuvo en el texto pero quedó «parametrizada»: el docente sustituye los valores tras hacer el cálculo con los datos del grupo. Una nota lateral explica cómo calcularlas y qué interpretar. La conclusión pedagógica se mantiene; la falsedad se elimina.
4. **Marca visual de bloque verificado.** Se añadió una convención tipográfica en la plantilla: cada bloque que contiene cifras lleva un pequeño tag con la fuente y la fecha de verificación («Verificado por [docente], [fecha], fuente: [referencia]»). Si el tag no se puede completar, el bloque no se proyecta. Esta marca disciplina la práctica profesional y es trazabilidad explícita.

Tiempo total de curaduría: entre cuarenta minutos y una hora, casi todo dedicado a verificar fuentes y a sustituir el bloque inventado por la dinámica con datos del propio grupo. Es la curaduría más larga de todos los formatos del libro, y es también la que más profesionalmente forma al docente: cuando se hace bien, el resultado es una infografía que el estudiantado puede confrontar con la realidad. Cuando se hace mal, es propaganda con tipografía bonita.

**Cuidado con la alucinación**

**El riesgo es especialmente alto en infografías**

- **Datos del INEC, MEP o BCCR inventados**: el modelo cita porcentajes y fechas con apariencia oficial. Verifique en la fuente original.
- **Porcentajes que no suman cien** en una distribución que debería sumar cien. Sume usted con calculadora.
- **Fuentes con números de informe ficticios**: «Informe MEP 2023-457» suena razonable pero el número puede no existir.
- **Encuestas inventadas**: «Según una encuesta reciente, el 73 %...». Pida que se omita cualquier dato que no haya sido aportado en el bloque de Recursos.

### Cómo revisar el resultado

**Antes de vaciar el texto en Canva o Genially**

1. Cada bloque tiene un titular y un cuerpo, ambos breves y comprensibles.
2. Los cálculos del ejemplo central están verificados a mano.
3. Las cifras adicionales (si las hay) provienen de su lista verificada, no de la IA.
4. No hay fuentes citadas con número de informe inventado.
5. El lenguaje es claro, sin tecnicismos innecesarios.
6. La pregunta de reflexión final conecta con el aprendizaje del bloque.

### Decisión docente

**El paso visual no se delega**

La IA entrega texto estructurado; la composición visual la decide el docente. Esto incluye: qué imagen acompaña cada bloque, qué colores institucionales del MEP usar, qué jerarquía visual privilegiar, qué proporción de texto e imagen. Hay plantillas de Canva o Genially que cumplen el rol satisfactoriamente, pero la elección entre ellas, el ajuste a la identidad del colegio y la verificación de que el resultado se lee desde el fondo del aula, son decisiones del docente. La IA es excelente para producir contenido; la maquetación es trabajo profesional humano.

Con este capítulo cerramos la Parte IV del libro. En la Parte V abordamos el ámbito propiamente curricular: los planes de clase alineados al MEP y las evaluaciones formales.

PARTE V

# Planeamiento y evaluación MEP

CAPÍTULO 14

# Prompts para planes de clase alineados al MEP

*¿Cómo le pido un plan de clase de 80 minutos que respete las cuatro etapas del Programa MEP y enlace con un recurso digital del libro? La estructura es estricta; la creatividad va dentro de ella.*

El Programa de Estudios de Matemática del MEP de 2012 vertebra la clase en torno al enfoque de **resolución de problemas** propuesto por Ruiz. Para el aprendizaje de conocimientos, la lección se organiza en cuatro momentos: propuesta del problema, trabajo independiente del estudiantado, discusión interactiva-comunicativa, y clausura. El propio programa advierte que esta secuencia no debe seguirse de forma mecánica, pues su realización depende de las condiciones del aula; sin embargo, en la práctica, la coordinación académica y la supervisión regional del MEP esperan ver la lección organizada en torno a estos momentos. Cuando la IA produce planes de clase, debe respetarlos; cuando no lo hace, produce documentos formalmente correctos pero curricularmente desviados.

## 14.1 Encabezado del plan

Un plan de clase MEP comienza con un encabezado que identifica la sesión. Los elementos imprescindibles son: institución, nivel, asignatura, fecha, docente, número de sesión, tema general, habilidad o indicador del Programa de Estudios, duración prevista. Este encabezado, repetido sesión tras sesión, permite a la coordinación verificar la cobertura del programa y al docente ubicar rápidamente cada plan dentro de la unidad. Cuando le pida a la IA un plan, exija que el encabezado tenga estos nueve elementos en orden y completos.

## 14.2 Conocimientos previos y aprendizajes esperados

Antes de la primera etapa, el plan debe declarar dos cosas. Los **conocimientos previos** son los aprendizajes que el plan asume que el grupo ya domina: si la sesión introduce la cuadrática, los conocimientos previos incluyen función lineal, factorización básica, plano cartesiano. Los **aprendizajes esperados** son los que se busca movilizar en esta sesión, expresados como acciones observables del estudiantado: identificar el vértice, calcular las raíces, interpretar el signo de $a$. La distinción importa: los conocimientos previos son insumo; los aprendizajes esperados son producto.

## 14.3 Los cuatro momentos del enfoque MEP

Estos cuatro momentos estructuran la primera etapa de la lección, la del aprendizaje de conocimientos nuevos.

El **primer momento** es la propuesta del problema. El docente presenta una situación problemática contextualizada, que requiera el contenido nuevo de la sesión, idealmente de manera no rutinaria. No es un ejemplo resuelto: es un problema genuino, que el estudiantado no sabe resolver al inicio pero cuya solución, al final, hará emerger el contenido pedagógico. Ruiz insistía: el problema disparador no es decorativo, es el motor de la sesión.

El **segundo momento** es el trabajo independiente del estudiantado. Durante 15 a 25 minutos, individualmente o en parejas, el grupo intenta resolver el problema con los recursos cognitivos que ya posee. El docente circula, observa, registra estrategias, identifica errores, pero no interviene salvo para acompañar puntualmente. Este momento es el que el aula tradicional acorta o suprime; el enfoque MEP lo considera el núcleo de la sesión.

El **tercer momento** es la discusión interactiva-comunicativa. El docente recoge en plenaria las estrategias que observó durante el trabajo independiente, las hace circular entre el grupo, contrasta enfoques, identifica los aciertos y los errores. Es aquí donde el contenido nuevo se nombra, se sistematiza, se conecta con lo que el grupo ya sabía. La discusión no es exposición: es construcción colectiva del conocimiento a partir de lo producido por el grupo.

El **cuarto momento** es la clausura. El docente formaliza el contenido, lo separa de los detalles del problema concreto, lo nombra con el vocabulario disciplinar, lo conecta con futuros contenidos. Diez minutos suelen bastar. La clausura es la que convierte la experiencia del problema en saber matemático transferible.

## 14.4 Evaluación formativa y adecuaciones

Junto con las cuatro momentos, el plan debe explicitar cómo se evalúa formativamente la sesión y qué adecuaciones se contemplan para el estudiantado con necesidades específicas. La evaluación formativa, en una clase MEP, ocurre durante la discusión y la clausura: el docente recoge evidencias de lo que el grupo comprendió, identifica dificultades persistentes y ajusta la próxima sesión en consecuencia. Las adecuaciones, por su parte, deben ser específicas: no basta con escribir «adecuaciones según corresponda»; el plan debe indicar qué se ajusta para cada caso identificado en el grupo.

**Prompt listo para copiar**

**Plan de clase de 80 minutos: introducción a la cuadrática, décimo año**

```
prompt · plan de clase MEP
[ROL]
Actúa como asesor pedagógico de matemática para secundaria
en Costa Rica, con dominio del Programa de Estudios MEP 2012
y del enfoque de resolución de problemas (Ruiz, 2013).
```

```
[RESULTADO]
Entrega un plan de clase de 80 minutos, alineado al Programa
MEP, sobre introducción a la función cuadrática, para
décimo año, en formato de texto estructurado listo para
copiar a Word o Google Docs.

[RECEPTOR]
Décimo año, 15-16 años. 30 estudiantes. Manejo previo de
función lineal, factorización de polinomios y plano
cartesiano. Tres estudiantes con adecuación no significativa
(uno con dislexia, dos con TDAH).

Objetivo: que el estudiantado descubra el papel del parámetro
"a" en la apertura de la parábola, a partir de un problema
contextualizado.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Estructura en cuatro etapas: propuesta del problema (15 min),
  trabajo independiente (25 min), discusión interactiva (30 min),
  clausura (10 min).
- Encabezado MEP completo: institución, nivel, asignatura,
  fecha, docente, sesión, tema, habilidad MEP, duración.
- Sección de conocimientos previos.
- Sección de aprendizajes esperados (acciones observables).
- Sección de evaluación formativa: qué evidencias recoger
  durante la sesión.
- Sección de adecuaciones específicas para los tres casos
  identificados.
- Indicación de cómo enlazar la clase con un recurso digital
  (en este caso, el explorador HTML de la cuadrática en
  forma vértice).

Técnicas:
- Texto estructurado, no listas con sangría excesiva.
- Lenguaje del MEP (no del docente coloquial).
- Sin emojis. Sin texto en inglés.

[RECURSOS]
Habilidad MEP (décimo año, Relaciones y álgebra):
identificar y caracterizar la función cuadrática y sus
parámetros, distinguiendo la cuadrática de la lineal.
Problema disparador a usar:
"El dueño de una soda en Cartago quiere construir un toldo
parabólico para resguardar las mesas del sol. Tiene un
material que cubre 20 metros lineales y quiere conocer
cuál es la forma del toldo más ancho posible.
Si llamamos x al ancho en metros y A(x) al área cubierta,
modele esta situación y encuentre el ancho óptimo."
Verificación: A(x) = x(10 - x/2) = 10x - x^2/2, máximo
en x = 10, A = 50 m^2.

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
```

```
1. El encabezado MEP está completo (nueve elementos).
2. Las cuatro etapas suman 80 minutos exactos.
3. La habilidad MEP citada existe en el Programa de
   décimo año (verifique numeración).
4. Las adecuaciones son específicas, no genéricas.
5. La evaluación formativa indica qué evidencias se
   recogen, no solo qué se evalúa.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico breve.
2. Plan de clase completo en formato texto.
3. Tres preguntas que el docente puede formular durante
   la discusión interactiva.
4. Indicación explícita del momento y forma de enlazar
   con el explorador HTML de la cuadrática.
```

## 14.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA

Los planes de clase concentran los errores más sutiles y más caros de detectar de toda la obra, porque la IA conoce vagamente los cuatro momentos del enfoque MEP —problema, trabajo independiente, discusión interactiva y cierre formal— pero no las internaliza profundamente. Tiende a producir textos con apariencia de estructura MEP que, examinados con atención, son secuencias tradicionales reetiquetadas. A continuación, el inicio típico del plan que pide el prompt anterior, sobre la función cuadrática para décimo año.

*salida bruta · inicio del plan, etapa 1 y 2*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
PLAN DE CLASE – Función cuadrática, décimo año
Duración: 80 minutos
(1)Habilidad MEP: 10.3.7 – Analizar funciones cuadráticas
a partir de su forma vértice y(x) = a(x−h)² + k.

ETAPA 1 · APRENDIZAJE DEL CONOCIMIENTO (15 min)
(2)El docente presenta el tema mostrando la fórmula
y = a(x−h)² + k y explica brevemente que se trata de
la forma vértice de una parábola. Define cada parámetro:
a controla la abertura, h la traslación horizontal,
k la traslación vertical. Pide al grupo que copie en el
cuaderno y que repita las definiciones en voz alta.

ETAPA 2 · TRABAJO INDEPENDIENTE (20 min)
El docente entrega una guía con cinco ejercicios donde
el estudiantado debe:
(3)1. Identificar los valores de a, h, k en cada ecuación.
2. Indicar si la parábola abre hacia arriba o abajo.
3. Localizar el vértice.
4. Dibujar la parábola en cuadrícula.
5. Calcular tres puntos adicionales por sustitución.

(4)El docente recorre el aula resolviendo dudas individuales.
```

1. **Numeración de habilidad MEP probablemente inventada.** El Programa de Estudios MEP de Matemática no usa la numeración «10.3.7» con esa estructura. Las habilidades se identifican por área (números, geometría, relaciones y álgebra, estadística y probabilidad) y por nivel (sétimo a undécimo), no por una jerarquía decimal de tres niveles. La IA inventa numeraciones plausibles cuando se le pide citar una habilidad que no tiene memorizada exactamente. El docente debe consultar el Programa oficial y citar la habilidad con su redacción real, no con un código falso.
2. **Etapa 1 invertida: lección magistral en lugar de problema disparador.** Este es el error grueso del plan. La primera etapa del enfoque MEP no es «el docente presenta el tema»; es **el estudiantado se enfrenta a un problema que aún no sabe resolver**. El docente, en esta etapa, propone una situación contextual (por ejemplo: la trayectoria de un tiro libre, el chorro de una fuente, la sección de un puente colgante) y deja que el grupo exploré sin haber recibido la fórmula. El plan generado invierte exactamente el enfoque: presenta la fórmula primero y la aplica después. Es matemática tradicional con el rótulo «MEP».
3. **Ejercicios mecánicos disfrazados de trabajo independiente.** Los cinco puntos son ejercicios de procedimiento, no problemas. Identificar $a$, $h$, $k$ en una ecuación es decodificar, no resolver. La segunda etapa del enfoque MEP es **trabajo independiente del estudiantado sobre el problema disparador**, posiblemente en grupos, posiblemente con materiales manipulables, posiblemente probando estrategias múltiples. No es una lista de ejercicios estandarizados que se hacen en silencio en el cuaderno.
4. **Rol del docente reducido a «resolver dudas».** En la segunda etapa del enfoque MEP el docente **observa y selecciona**: identifica qué estrategias está usando cada grupo, anticipa qué producciones serán útiles para la discusión interactiva de la tercera etapa, elige qué grupos pasarán a exponer y en qué orden. La frase «recorre el aula resolviendo dudas individuales» describe una clase tradicional, no esta metodología.

## 14.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula

La curaduría de un plan de clase mal estructurado no se reduce a corregir frases; obliga a reescribir la lógica completa. Cinco intervenciones sustantivas:

1. **Verificación y cita correcta de la habilidad MEP.** Se consultó el Programa de Estudios oficial del MEP, área de Relaciones y Álgebra, décimo año. La habilidad real correspondiente se cita con su redacción textual y su numeración oficial (que no es decimal de tres niveles). Si la habilidad no se encuentra exactamente como la IA la propuso, se busca la más cercana y se reescribe el objetivo del plan en consecuencia.
2. **Reescritura de la Etapa 1 como problema disparador.** Se sustituyó la presentación de la fórmula por una situación contextualizada: «Un futbolista patea un tiro libre. La cámara muestra que el balón pasa por encima de la barrera (a 9 m de distancia y 2.5 m de altura) y entra en la portería justo bajo el larguero (a 18 m de distancia y 2.0 m de altura). El balón sale desde el suelo. ¿Qué altura máxima alcanzó? ¿En qué punto?». El grupo trabaja diez minutos sin haber recibido la forma vértice; intenta resolver con lo que sabe (función cuadrática general, sustitución, sistemas).
3. **Reescritura de la Etapa 2 como exploración real.** El trabajo independiente se reescribió:

el grupo recibe el problema y se organiza en parejas. El docente recorre el aula **observando qué estrategias surgen**: parejas que intentan tabulación, parejas que usan vértice por simetría, parejas que sistematizan con $f(x) = ax^2 + bx + c$. Anota en una hoja de seguimiento qué pareja usa cada estrategia, para llamarlas en orden creciente de generalidad en la Etapa 3.

4. **Etapa 3 con orden deliberado de exposiciones.** Se especificó la secuencia de la discusión interactiva: primero pasa la pareja con la estrategia más concreta (tabulación); luego la que usó simetría; al final la que llegó a la fórmula general. El docente formaliza al final, no al principio, y la forma vértice $y = a(x - h)^2 + k$ aparece como **síntesis** de lo que el grupo descubrió, no como punto de partida. Esta es la diferencia técnica clave entre el enfoque MEP y la enseñanza tradicional.
5. **Enlace con el recurso digital reposicionado.** El explorador HTML de la cuadrática se reubicó: entra en la Etapa 3, al final de la sistematización, como verificación visual de lo discutido. Antes no entraba; ahora se proyecta cinco minutos con tres consignas explícitas («Comprueben sus respuestas del tiro libre con el explorador», «Cambien el signo de $a$ y describan qué ocurre», «Sitúen el vértice en $(3, 4)$ y verifiquen con $h$ y $k$»). El recurso digital deja de ser ornamental y pasa a tener función específica.

Tiempo total de curaduría: entre cuarenta y cinco y sesenta minutos. Es la curaduría más larga porque reescribir la lógica de un plan no es lo mismo que arreglar errores puntuales. Pero es también la más valiosa: distingue al docente que «usa IA para preparar clase» del docente que **usa su conocimiento del enfoque MEP para corregir la IA**. La primera es delegación; la segunda es profesión.

## 14.7 Cómo enlazar el plan con un recurso digital

Uno de los aportes prácticos de este libro es que cada plan de clase puede enlazarse con un recurso digital del banco final. La regla es sencilla: el recurso entra en el **segundo momento** (trabajo independiente, cuando el grupo explora) o en el **tercer** (discusión, cuando se sistematiza con visualizaciones). No suele convenir entrar en el primer momento: el problema disparador funciona mejor con lápiz y papel; el recurso digital sobreviene como apoyo para profundizar. En la cuarta etapa, el recurso puede reaparecer como cierre visual de lo discutido.

**Cómo revisar el resultado**

**Lista de cotejo para un plan de clase MEP**

1. Encabezado completo con los nueve elementos.
2. Conocimientos previos identificados específicamente.
3. Aprendizajes esperados redactados como acciones observables.
4. Los cuatro momentos presentes, en orden y con tiempos que sumen el total previsto.
5. Problema disparador no rutinario y contextualizado.
6. Adecuaciones específicas, no genéricas.

7. Evaluación formativa con evidencias concretas.
8. Habilidad MEP citada y verificada en el documento oficial.

### Cuidado con la alucinación

**Errores típicos en planes generados por IA**

- **Habilidades MEP mal citadas o numeradas**. La IA inventa numeraciones plausibles. Verifique siempre contra el documento oficial del Programa.
- **Tiempos que no suman el total**. Sume usted: si los momentos suman 75 minutos pero el total declarado es 80, hay un problema.
- **Problemas disparadores rutinarios**. La IA tiende a proponer ejercicios disfrazados de problemas. Verifique que el grupo no pueda resolverlo con un procedimiento ya conocido.
- **Adecuaciones genéricas**: «se aplicarán las adecuaciones necesarias». Sin contenido específico, esa frase no satisface el requerimiento del MEP.

### Decisión docente

**Lo que el plan IA no captura**

Un plan generado por IA es un punto de partida, no un punto de llegada. Antes de aplicarlo, el docente debe ajustar tres cosas que la IA no conoce: el ritmo real del grupo (puede que requiera 35 minutos de trabajo independiente, no 25); los nombres del barrio o del cantón que conectan con el grupo concreto (sustituir «una soda en Cartago» por «la soda de Doña Vera, en Tres Ríos»); y las preguntas concretas que el docente formulará en la discusión, en función de los errores que efectivamente aparecieron en otras ediciones del mismo plan.

El siguiente capítulo se ocupa de un terreno relacionado pero distinto: las evaluaciones formales, las rúbricas analíticas y los bancos de ítems con distractores justificados.

CAPÍTULO 15

# Evaluaciones, rúbricas y bancos de ítems

*¿Cómo le pido a la IA ítems de selección única con distractores que realmente evalúen comprensión, y rúbricas analíticas aplicables? La diferencia entre evaluar y simular evaluación está en los distractores y en los descriptores.*

La evaluación es el ámbito donde el rigor del prompt rinde sus mayores dividendos y donde las alucinaciones de la IA pueden hacer más daño. Una práctica guiada con un error pasa inadvertida; un examen con un ítem que tiene dos respuestas correctas genera reclamos del estudiantado y costos académicos. Por eso este capítulo concentra varios prompts especializados: ítems de selección única con distractores justificados, ítems de desarrollo, rúbricas analíticas de cuatro niveles. Todos comparten una propiedad: la IA es buena para producir borradores, pero la versión final requiere curaduría sostenida del docente.

## 15.1 Selección única con distractores justificados

Un ítem de selección única no se evalúa por su enunciado; se evalúa por sus opciones. La **respuesta correcta** debe ser inequívocamente correcta. Los **distractores**, las opciones incorrectas, deben representar errores típicos reales del estudiantado, no ser absurdos descartables a primera vista. Un buen distractor es el que un estudiante con una comprensión parcial elegiría con razón aparente. Tres distractores triviales convierten un ítem en una elección entre la respuesta correcta y «cualquier otra cosa», sin valor evaluativo.

Cuando le pida ítems a la IA, exija que cada distractor venga acompañado de su **justificación**: qué error de procedimiento o de comprensión representa. Esto cumple dos funciones: permite al docente verificar que el distractor es genuino, y permite usar el resultado del ítem como diagnóstico (si tres estudiantes eligen el mismo distractor, hay un error compartido que merece atención).

## 15.2 Ítems de desarrollo y de aplicación

Los **ítems de desarrollo** exigen al estudiantado producir una respuesta extensa: resolver un problema mostrando los pasos, justificar un argumento, modelar una situación. Aquí la IA puede proponer el enunciado, pero la rúbrica que lo evalúa debe ser tan cuidadosamente diseñada como el ítem. Los **ítems de aplicación** exigen transferir un procedimiento conocido a

un contexto nuevo. La IA tiende a generar ítems de aplicación más fáciles de lo que el docente intenta: nivelar la dificultad hacia arriba suele requerir varias iteraciones del prompt.

## 15.3 Rúbricas analíticas de cuatro niveles

Una rúbrica analítica desagrega un ítem de desarrollo en varios **criterios** (por ejemplo: planteamiento, procedimiento, resultado, comunicación), y para cada criterio establece **descriptores** que describen distintos niveles de desempeño. El estándar profesional en Costa Rica es la rúbrica de cuatro niveles, ordenados de menor a mayor: *inicial*, *en proceso*, *logrado*, *destacado*. La regla para distinguir niveles es operativa: los descriptores deben describir comportamientos observables, no impresiones subjetivas del evaluador. «Resuelve correctamente el ejercicio» no es un descriptor; «identifica las dos raíces de la cuadrática y verifica al menos una sustituyendo en la ecuación original» sí lo es.

## 15.4 Calibración: pilotear el ítem antes de calificar con él

Un ítem o una rúbrica nunca se aplican por primera vez en una evaluación sumativa de alto valor. Se **pilotean**: se prueban en una sesión formativa de baja consecuencia, se observa cómo responde el grupo, se ajusta. La IA produce primeros borradores; el pilotaje produce versiones aplicables. Sin pilotaje, un ítem aparentemente claro puede revelar ambigüedades al ser respondido por treinta estudiantes; una rúbrica aparentemente discriminadora puede colapsar todos los desempeños en el nivel *logrado*.

**Prompt listo para copiar**

**Banco de 10 ítems de selección única, ecuaciones lineales, octavo**

```
prompt · banco de ítems
[ROL]
Actúa como evaluador disciplinar de matemática para
secundaria en Costa Rica, con experiencia construyendo
ítems para pruebas nacionales y formativas.

[RESULTADO]
Entrega un banco de 10 ítems de selección única sobre
ecuaciones lineales de la forma ax + b = c, dirigidos a
estudiantes de octavo año.

Formato de entrega: para cada ítem, enunciado, cuatro
opciones (a, b, c, d), indicación de la opción correcta,
y justificación de cada distractor (qué error de
procedimiento o de comprensión representa).

[RECEPTOR]
Octavo año, 13-14 años. Han trabajado durante dos semanas
con ecuaciones lineales.

Propósito de la evaluación: diagnóstico formativo para
```

```
identificar errores típicos antes de la evaluación sumativa.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- 10 ítems escalonados: 3 básicos (ecuaciones con enteros,
  un paso), 4 intermedios (con fracciones o paréntesis),
  3 avanzados (con interpretación contextual).
- Cada ítem con cuatro opciones, una correcta y tres
  distractores genuinos.
- Cada distractor representa un error típico distinto.
- Las opciones se presentan en orden aleatorio (no siempre
  la correcta en la opción c).

Técnicas:
- Notación matemática en LaTeX (con $ ... $).
- Lenguaje claro, español de Costa Rica.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.

[RECURSOS]
Habilidad MEP (octavo, Relaciones y álgebra): resolver
ecuaciones de primer grado en una variable.
Errores típicos del estudiantado a los que apuntan los
distractores (úsalos para construirlos):
- Cambio de signo omitido al pasar un término al otro lado.
- División en lugar de multiplicación (o viceversa).
- Confundir la operación inversa (sumar en lugar de restar).
- En ecuaciones con fracciones, multiplicar solo un término
  por el denominador.
- En ecuaciones con paréntesis, omitir la distributiva.

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Las respuestas correctas están efectivamente correctas
   (verifíquelas sustituyendo en la ecuación).
2. Ningún ítem tiene dos respuestas correctas.
3. Los distractores son genuinos, no opciones absurdas.
4. La distribución de letras correctas es razonablemente
   uniforme (no todas en la misma opción).
5. La numeración del Programa MEP citada es exacta.

Entrega final:
1. Resumen del banco (qué evalúa, escalonado).
2. Los 10 ítems completos.
3. Una tabla con la opción correcta de cada ítem y la
   justificación de cada distractor.
```

## 15.5 La salida bruta: lo que típicamente devuelve la IA

Los ítems de selección única son el formato donde la IA puede más fácilmente *parecer* profesional sin serlo. La estructura es muy estándar (enunciado, cuatro opciones, una correcta) y la IA la imita con soltura. El problema serio se concentra en los distractores: en lugar de representar errores típicos del estudiantado, suelen ser variaciones aritméticas mecánicas que ningún estudiante real cometería. Cuando esto ocurre, la prueba pierde su función diagnós-

tica.

*salida bruta · ítem 4 del banco con su tabla de justificación*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
ÍTEM 4

(1)Resuelva la ecuación 3(x - 2) + 5 = 2x + 4

A) x = 5
B) x = 3
(2)C) x = 5,5
(3)D) x = -5

Respuesta correcta: A

JUSTIFICACIÓN DE LOS DISTRACTORES:
A (correcta): 3x - 6 + 5 = 2x + 4
              3x - 1 = 2x + 4
              x = 5

(4)B: error aritmético al restar.
C: error de cálculo.
D: error de signos.
```

1. **Enunciado sin contexto.** La consigna «resuelva la ecuación» aplicada a una expresión algebraica desconectada de cualquier situación es lo opuesto del enfoque del Programa MEP de Costa Rica, que privilegia la resolución de problemas. Esta clase de ítem mide procedimiento aislado, no comprensión. La IA lo produce por defecto cuando no se le pide explícitamente un contexto.
2. **Distractor con coma decimal sin razón pedagógica.** $x = 5{,}5$ no corresponde a ningún error típico del estudiantado al resolver esta ecuación; es una invención aritmética para tener una opción que «parezca razonable». Los distractores buenos representan errores reales: olvidar distribuir el 3 sobre el $-2$ (daría $x = -1$), olvidar el cambio de signo al pasar el $2x$ (daría $x = -1$ también o expresiones inconsistentes), confundir signos del paréntesis. Inventar un decimal no enseña nada.
3. **Distractor con signo opuesto sin error subyacente plausible.** $x = -5$ tampoco corresponde a un error procedimental concreto sobre esta ecuación. Es otro caso de «inventar para llenar las cuatro opciones». Los estudiantes inteligentes detectan los distractores rellenos: cuando una opción no corresponde a ningún cálculo verosímil, simplemente la descartan, lo que reduce la prueba a tres opciones efectivas.
4. **Justificaciones vacías.** «Error aritmético al restar», «error de cálculo», «error de signos». Estas justificaciones no explican qué procedimiento concreto produjo cada distractor, por lo que el docente no puede usarlas para diagnosticar a un grupo: si quince estudiantes marcan B, ¿qué error específico tienen? La IA escribe la cabecera de la tabla y la deja vacía. Esta es la diferencia entre una prueba que evalúa y una que solo califica.

## 15.6 Curaduría aplicada antes de aplicar el ítem

Reescribir ítems mal calibrados es trabajo profesional sustantivo. Cuatro intervenciones sobre el ítem anterior:

1. **Contextualización del enunciado.** La ecuación abstracta se reemplazó por una situación: «Doña Marta vende empanadas en la feria. Por cada tres empanadas vendidas, cobra el precio de las tres menos 200 colones por descuento. Si vendió dos empanadas más al final del día, cobró el equivalente al precio normal de dos empanadas más 400 colones. ¿A cuánto vende cada empanada?». El modelo matemático sigue siendo $3(x - 200) + 400 = 2x + 400$ (ajustando: la ecuación equivalente con las mismas raíces tras restructurar), pero ahora el estudiantado debe modelar, no solo despejar. Esto está alineado con el enfoque MEP.
2. **Distractores con errores típicos identificados.** Los tres distractores se reescribieron con errores reales del grupo en aulas previas: **(B)** $x = 3$ —omitir la distribución del 3 sobre el segundo término del paréntesis—, **(C)** $x = 9$ —sumar en lugar de restar al despejar—, **(D)** $x = -1$ —confundir el signo del término independiente al pasar al otro miembro. Cada distractor corresponde a un error procedimental concreto, observado en aulas previas y citado.
3. **Justificaciones completas de cada distractor.** La tabla de respuesta se completó con el procedimiento completo que conduce a cada distractor. Por ejemplo: «B ($x = 3$): el estudiante no distribuye el 3, escribe $3x - 2 + 5 = 2x + 4$, simplifica a $3x + 3 = 2x + 4$, despeja $x = 1$. Si comete además un error de transcripción, llega a 3. Este distractor capta un error procedimental específico que debe ser objeto de intervención didáctica posterior».
4. **Tabla diagnóstica del banco completo.** Para los diez ítems, se construyó una tabla de doble entrada: filas con los errores típicos del grupo (no distribuir, no cambiar signo, confundir variable, omitir paso intermedio), columnas con los ítems donde cada error puede aparecer. El docente que aplica el banco recibe no solo «quince acertaron, quince no», sino «quince acertaron, ocho cometieron el error de distribución, cuatro el de cambio de signo, tres errores diversos». Diagnóstico, no calificación.

Tiempo total de curaduría de un banco de diez ítems: entre noventa minutos y dos horas. Es la curaduría más larga en términos absolutos, pero también la que más capital pedagógico acumula: los distractores bien construidos sirven para varios años. Conviene archivar la tabla diagnóstica junto con el banco para no rehacer este trabajo al año siguiente.

**Prompt listo para copiar**

**Rúbrica analítica de cuatro niveles, resolución de problemas**

```
prompt · rúbrica analítica
[ROL]
Actúa como evaluador disciplinar y diseñador de rúbricas
para matemática de secundaria en Costa Rica.
```

```
[RESULTADO]
Entrega una rúbrica analítica de cuatro niveles (inicial,
en proceso, logrado, destacado) para evaluar la resolución
de un problema de aplicación matemática, en formato de
tabla de texto estructurado lista para llevar a Word
o Google Docs.

[RECEPTOR]
Noveno año, 14-15 años. Evaluación sumativa al cierre de
la unidad de funciones lineales.

Propósito: calificar la resolución de un problema de
aplicación de la función lineal a contexto real, con
peso de 20 puntos en el examen.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Cuatro criterios: planteamiento, procedimiento, resultado,
  comunicación.
- Cuatro niveles por criterio: inicial (1 pt), en proceso
  (2 pt), logrado (3 pt), destacado (4 pt). Total: hasta
  16 puntos. Se reescalará a 20 puntos al sumar.
- Descriptores observables, no subjetivos.
- Cada descriptor en una sola frase clara.
- Los descriptores deben diferenciarse efectivamente entre
  niveles (no parafraseo).

Técnicas:
- Tabla de cuatro columnas (niveles) y cuatro filas
  (criterios).
- Lenguaje claro, español de Costa Rica.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.

[RECURSOS]
Habilidad MEP (noveno, Relaciones y álgebra): aplicar
la función lineal a la resolución de problemas en
contextos reales.
Problema asociado: un local de telefonía cobra un cargo
fijo de C1500 y C30 por minuto de llamada. Modele la
factura mensual en función de los minutos consumidos, y
determine para cuántos minutos la factura supera los
C5000.

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Los cuatro criterios cubren las dimensiones del problema.
2. Los descriptores son observables (alguien externo
   podría aplicarlos a un mismo trabajo y coincidir).
3. Los niveles se distinguen efectivamente entre sí.
4. La suma máxima de puntos es 16, escalable a 20.

Entrega final:
1. Resumen breve.
2. Tabla completa de la rúbrica.
```

```
3. Un ejemplo aplicado: cómo se calificaría un trabajo
   imaginario que se ubique en el nivel "en proceso" en
   tres criterios y "logrado" en el cuarto.
```

### Cómo revisar el resultado

**Banco de ítems y rúbricas**

Para ítems de selección única:

1. Cada respuesta correcta se ha verificado a mano sustituyendo en el enunciado.
2. Ningún ítem tiene dos opciones que satisfacen la pregunta.
3. Cada distractor representa un error típico identificable.
4. La opción correcta no siempre está en la misma letra.
5. Los enunciados están libres de pistas innecesarias.

Para rúbricas:

1. Los descriptores son observables, no subjetivos.
2. Los niveles se distinguen entre sí, no son parafraseo.
3. Dos evaluadores que apliquen la rúbrica a un mismo trabajo coincidirían razonablemente.
4. La rúbrica se ha pilotado en al menos cinco trabajos antes de aplicarse oficialmente.

### Misma técnica, otra área

**El mismo formato aplicado a Estadística · décimo año**

La estructura de un banco de diez ítems de selección única con distractores justificados se traslada bien a Estadística, donde los errores típicos son distintos a los del Álgebra pero igualmente predecibles. Para un banco de ítems sobre interpretación de medidas de tendencia central y dispersión en décimo año:

- **Habilidad MEP de origen:** interpretar el significado de la media aritmética, la mediana, la moda y el rango como medidas que resumen un conjunto de datos, y reconocer las situaciones en las que conviene cada una.
- **Errores típicos del estudiantado costarricense en Estadística** (los más fértiles como distractores): confundir media con mediana cuando hay valores atípicos; calcular la mediana sin ordenar los datos primero; confundir moda con valor máximo; aplicar la fórmula del promedio a datos ya agrupados en frecuencias sin ponderar; interpretar el rango como una medida de centro en vez de dispersión.
- **Distribución sugerida:** tres ítems sobre cálculo directo (media, mediana, moda de un conjunto pequeño); cuatro ítems intermedios (efecto de un valor atípico, comparación de medidas, lectura de gráficos estadísticos); tres avanzados (decidir cuál medida usar en un contexto dado, interpretar una afirmación pública sobre datos, identificar una falacia estadística).

- **Restricción adicional:** al menos tres de los diez ítems deben presentar los datos en formato gráfico (tabla de frecuencias o gráfico de barras), no solo como listas numéricas. Esto entrena la articulación de registros tabular y gráfico que el Capítulo 5 destacó como Criterio 3.
- **Trampa típica de la IA en este banco:** producir ítems en los que dos opciones son correctas (por ejemplo, casos en que la media y la mediana coinciden, lo que vuelve indeterminable cuál se está preguntando). Verificar cada ítem buscando explícitamente este caso.

El tiempo de adaptación a partir del prompt original es de aproximadamente veinte minutos, más cuarenta de pilotaje en una sesión formativa antes de la aplicación oficial. El pilotaje no se omite: es donde el banco se vuelve realmente aplicable.

### Cuidado con la alucinación

**Riesgos altos en evaluación**

- **Ítems con dos respuestas correctas**. El modelo a veces genera distractores que también satisfacen el enunciado. Resuelva cada opción a mano.
- **Distractores triviales**: opciones que ningún estudiante con comprensión parcial elegiría. Eliminan el valor diagnóstico del ítem.
- **Descriptores de rúbrica idénticos entre niveles**. El modelo a veces parafrasea sin distinguir efectivamente. Compare descriptor por descriptor.
- **Habilidades MEP mal citadas** en el encabezado de la evaluación. Verifique siempre.

### Decisión docente

**Lo que no se delega en evaluación**

- **El peso de cada criterio** dentro de la nota final. La IA puede sugerir distribuciones; usted decide.
- **El nivel de dificultad global** del instrumento. La IA tiende a calibrarlo hacia el promedio; usted lo ajusta al grupo concreto.
- **La interpretación de los resultados**. Una nota no es información: la información son las inferencias que usted hace sobre qué enseñar a continuación.

Con esto cerramos la Parte V. La Parte VI integra todo lo visto, aborda los desafíos del aula real y entrega el banco final de prompts del libro.

PARTE VI

# Integración y cierre

CAPÍTULO 16

# Adaptación de prompts por área del programa MEP

*¿Cómo cambia el prompt según el área del programa: números, geometría, medidas, relaciones y álgebra, estadística y probabilidad? Cada área tiene sus alucinaciones típicas y sus registros privilegiados.*

Las cinco áreas que organizan el Programa de Matemática del MEP no son compartimentos arbitrarios: cada una privilegia ciertos registros, exige ciertos cuidados y expone a la IA a errores característicos. Este capítulo recorre cuatro de las cinco áreas y propone ajustes concretos al formato base de las Seis R, para que el prompt rinda mejor en cada una. La estructura general permanece estable; lo que cambia son los énfasis dentro de las restricciones, los tipos de contexto disparador y las alucinaciones que conviene anticipar.

## 16.1 Números y operaciones

El área de números abarca números naturales, enteros, racionales, irracionales y reales, con sus operaciones y propiedades. Los recursos típicos son prácticas guiadas, juegos de asociación y prácticas con verificación inmediata. El registro privilegiado es el simbólico-numérico, complementado con el verbal (situaciones cotidianas). Las alucinaciones más frecuentes son cuentas mal hechas (especialmente con fracciones complejas o decimales largos) y reglas de signos aplicadas incorrectamente. La R5 (Recursos) debe incluir, sin excepción, los resultados verificados de los ejemplos.

**Prompt listo para copiar**

**Mini-prompt para Números, sétimo año**

```
prompt · números · práctica guiada
Usa el formato base del Capítulo 6 con estos ajustes:
[TEMA] suma y resta de fracciones con denominadores distintos.
[NIVEL] sétimo año.
[RESTRICCIONES] añade: las soluciones deben presentarse como
fracciones irreducibles. Mostrar el paso de denominador común.
[RECURSOS] ejemplos verificados (con cuentas hechas a mano):
```

```
- 1/2 + 1/3 = 5/6
- 3/4 - 1/6 = 7/12
- 2/3 + 5/6 = 3/2
- 7/8 - 1/4 = 5/8
Contexto: medidas en la cocina costarricense (1/4 de taza,
1/2 cucharadita, 3/4 libra).
[REVISIÓN] adicional: verificar que ninguna fracción del
ejercicio sea reducible.
```

## 16.2 Geometría

El área de geometría incluye figuras planas, transformaciones, congruencia, semejanza, teorema de Pitágoras, áreas, volúmenes y trigonometría. Los recursos típicos son construcciones GeoGebra, exploradores HTML con SVG, fichas LaTeX con TikZ. Los registros privilegiados son el gráfico y el verbal, con un papel creciente del simbólico al avanzar en el nivel. Las alucinaciones más frecuentes son figuras con ejes mal escalados, ángulos descritos incorrectamente, propiedades aplicadas en figuras que no las admiten. Para esta área conviene exigir, en la R4, que las figuras se construyan con SVG o TikZ (no con imágenes externas), y que cada coordenada se verifique.

**Prompt listo para copiar**

**Mini-prompt para Geometría, octavo año**

```
prompt · geometría · construcción
Usa el formato base con estos ajustes:
[TEMA] cálculo del área de un triángulo cualquiera dado por
sus vértices en el plano cartesiano (fórmula del determinante
o método de la base y altura).
[NIVEL] octavo año.
[RESULTADO] HTML autocontenido con figura SVG. Los tres
vértices del triángulo se muestran como puntos arrastrables
o, en su defecto, como tres pares de coordenadas con
deslizadores.
[RESTRICCIONES] adicionales: ejes con escala consistente;
área recalculada en tiempo real; siempre que el área cambie,
mostrar el valor con un decimal.
[RECURSOS] verifique tres triángulos con coordenadas enteras:
(0,0),(4,0),(0,3) -> área 6;
(1,1),(5,1),(3,5) -> área 8;
(-2,-1),(2,-1),(0,3) -> área 8.
```

## 16.3 Relaciones y álgebra

El área de relaciones y álgebra es donde se trabajan las funciones (lineal, cuadrática, exponencial, racional), las ecuaciones, los sistemas y las inecuaciones. Es el área con más diversidad de recursos posibles: prácticas guiadas, juegos, exploradores, planes de clase completos. Los registros se articulan particularmente aquí (Duval): tabla, gráfico, expresión algebraica

y descripción verbal. Las alucinaciones típicas son confusiones entre función y fórmula, parámetros mal etiquetados (la $a$ de $y = ax + b$ no es la misma que la $a$ de $y = ax^2 + bx + c$), y soluciones de ecuaciones que no satisfacen el original. La R6 debe exigir verificación sustituyendo en la ecuación original.

**Prompt listo para copiar**

**Mini-prompt para Relaciones y álgebra, undécimo año**

```
prompt · álgebra · explorador
Usa el formato base con estos ajustes:
[TEMA] función exponencial y = a · b^x.
[NIVEL] undécimo año.
[RESULTADO] HTML autocontenido con dos deslizadores
(a: 0,5 a 5; b: 0,2 a 4) y gráfico SVG.
[RESTRICCIONES] articulación obligatoria de cuatro registros:
algebraico (ecuación con valores actuales), gráfico (curva
en tiempo real), tabular (5 valores de x), verbal
(crecimiento o decrecimiento, asíntota horizontal).
[RECURSOS] casos de referencia verificados:
- y = 1 · 2^x crece duplicando.
- y = 1 · (1/2)^x decrece a la mitad.
- y = 3 · 2^x parte de 3 y duplica.
[REVISIÓN] adicional: la asíntota horizontal y = 0 debe
mostrarse explícitamente; el cuadro verbal debe distinguir
crecimiento (b > 1) de decrecimiento (0 < b < 1).
```

## 16.4 Estadística y probabilidad

El área de estadística y probabilidad es la más expuesta a la alucinación cuantitativa: datos inventados, encuestas ficticias, porcentajes que no suman cien. Los recursos típicos son infografías, prácticas guiadas con conjuntos de datos verificados, exploradores con simulación. La regla central, retomada del Capítulo 13, es: **no permitir que la IA aporte cifras**. El docente entrega los datos, la IA los procesa o los discute. Si necesita una encuesta o un dato del INEC, verifíquelo y aporte el dato exacto en R5; nunca acepte que la IA lo invente.

**Prompt listo para copiar**

**Mini-prompt para Estadística y probabilidad, noveno año**

```
prompt · estadística · simulación
Usa el formato base con estos ajustes:
[TEMA] frecuencia relativa como aproximación empírica de
la probabilidad teórica.
[NIVEL] noveno año.
[RESULTADO] HTML autocontenido que simule el lanzamiento
de un dado de seis caras. Botón "Lanzar"; contador de
```

```
ocurrencias por cara; gráfico de barras con frecuencias
relativas que se actualiza con cada lanzamiento.
[RESTRICCIONES] adicionales:
- Botón "Lanzar 100 veces" además del lanzamiento simple.
- Comparación visible entre frecuencia relativa observada
  y probabilidad teórica (1/6 ≈ 0,167).
- Botón para reiniciar.
[RECURSOS] ninguna cifra adicional; el simulador genera
sus propios datos.
[REVISIÓN] adicional: a los 1000 lanzamientos las frecuencias
relativas deben aproximarse a 0,167 (verificar empíricamente
antes de proyectar).
```

## 16.5 La salida bruta: un ejemplo concentrado en Geometría

Cada área del Programa MEP tiene sus alucinaciones típicas. Para mostrar el patrón de curaduría por áreas, ilustramos aquí la salida bruta del mini-prompt de Geometría —construcción de la circunferencia trigonométrica para décimo año—, donde se concentran simultáneamente cuatro errores característicos de esta área: confusión entre grados sexagesimales y radianes, signos de seno y coseno en cuadrantes, etiquetas de ángulos sin convención costarricense, y orientación incorrecta del ángulo positivo.

*salida bruta · fragmento del JavaScript de la circunferencia trigonométrica*

```
salida de la IA · revisar antes de usar
// Inicialización
let angulo = 30;
const radio = 100;

function actualizar() {
  (1)const rad = angulo;  // se usa directamente en Math.cos

  // Coordenadas del punto sobre la circunferencia
  const x = radio * Math.cos(rad);
  const y = radio * Math.sin(rad);

  // Etiquetas en el SVG
  document.getElementById('sx').textContent =
    (2)'cos(' + angulo + ') = ' + x.toFixed(2);
  document.getElementById('sy').textContent =
    'sin(' + angulo + ') = ' + y.toFixed(2);

  // Posición del punto
  const pt = document.getElementById('punto');
  (3)pt.setAttribute('cx', CX + x);
  pt.setAttribute('cy', CY + y);

  // Cuadrante actual
  (4)let cuadrante;
  if (angulo < 90) cuadrante = 1;
  else if (angulo < 180) cuadrante = 2;
```

```
  else if (angulo < 270) cuadrante = 3;
  else cuadrante = 4;

  document.getElementById('cuad').textContent =
    'Cuadrante: ' + cuadrante;
}
```

1. **Grados pasados a `Math.cos` que espera radianes.** Este es el error más común en Geometría: `Math.cos(30)` no calcula el coseno de 30 grados (que es $\frac{\sqrt{3}}{2} \approx 0{,}866$) sino el coseno de 30 *radianes*, que es aproximadamente $0{,}154$. La conversión `constrad=angulo*Math.PI/180` debe estar explícita. Sin ella, todo el resto del cálculo es matemáticamente coherente pero refiere a un sistema de medición que el estudiantado no usa en décimo año.
2. **Etiquetas con notación inglesa.** «`sin`» es la convención inglesa; en español de Costa Rica (y en el Programa MEP) la función se escribe «`sen`». La etiqueta debería decir `sen(30°)= 0,500` con el símbolo del grado y el seno escrito en español. La IA mezcla convenciones porque las fuentes de notación matemática en inglés son más abundantes en su entrenamiento.
3. **Eje vertical no invertido (otra vez SVG).** Igual que en el Capítulo 9: en SVG, $y$ crece hacia abajo. Si el seno de 30° es positivo ($+0{,}5$), `cy=CY+y` coloca el punto debajo del eje horizontal, lo que da la apariencia de que el seno es negativo. El punto debe colocarse con `cy=CY-y`. Esto es el mismo error característico del eje $y$ pero con consecuencia distinta: aquí no solo se ve mal, sino que invierte los cuadrantes.
4. **Cuadrantes que no contemplan ángulos negativos ni mayores a 360°.** El bloque `if` asume que el ángulo está entre 0° y 360°. Si el deslizador permite valores negativos (que conviene en didáctica de la trigonometría) o supera 360° (representando vueltas adicionales), el cuadrante calculado es incorrecto. Falta la normalización: `constang=((angulo%360)+360)%360` antes de identificar el cuadrante.

## 16.6 Curaduría aplicada antes de llevar al aula

Cinco intervenciones específicas para el área de Geometría:

1. **Conversión explícita de grados a radianes.** Se añadió la línea `constrad=angulo*Math.PI/180` al inicio de `actualizar()`, y se cambiaron las dos invocaciones a `Math.cos(rad)` y `Math.sin(rad)`. El deslizador conserva su unidad de medida (grados, que es lo que el estudiantado de décimo entiende) y la matemática interna trabaja en radianes (que es lo que la biblioteca espera).
2. **Notación en español.** Las cadenas de salida se reescribieron: `'sen('+angulo+'°)='+y.toFixed(3)`, con el símbolo del grado pegado al número y el seno en español. El coseno se mantuvo como `cos` porque coincide con la convención española.
3. **Inversión del eje $y$.** `pt.setAttribute('cy',CY-radio*Math.sin(rad))`. El signo menos restablece la convención cartesiana. Verificable visualmente: a 30° el punto debe quedar arriba del eje horizontal, no abajo.
4. **Normalización del ángulo y cuadrantes correctos.** Se añadió la línea de normalización

modular y se reescribió el bloque de cuadrantes para usar la versión normalizada. El deslizador puede ahora moverse en el rango $[-360°, 720°]$ y el explorador identifica correctamente que $-30°$ está en el cuadrante 4, y que $390°$ está en el cuadrante 1.

5. **Etiquetas dinámicas con tres decimales y signo explícito en cuadrantes 2, 3 y 4.** El estudiantado de décimo se confunde con frecuencia respecto a cuándo el seno es negativo y cuándo el coseno; las etiquetas se reformatearon para mostrar siempre el signo: `sen(120°)=+0,866`, `cos(120°)=-0,500`. Hacer explícitos los signos en cada cuadrante es pedagogía visual integrada al recurso.

Tiempo total: entre veinticinco y treinta y cinco minutos. La conversión grados-radianes (intervención 1) es el error más caro de no detectar porque la simulación parece funcionar, solo que muestra valores numéricos extraños sin causa visible al docente que no inspecciona el código.

## 16.7 Tabla rápida de ajustes por área

**Tabla de referencia**

**Ajustes rápidos según el área**

**Números.** Registro privilegiado: simbólico-numérico. Alucinación típica: cuentas erróneas. Ajuste en R5: ejemplos con resultados verificados a mano.

**Geometría.** Registro privilegiado: gráfico. Alucinación típica: ejes invertidos, escalas inconsistentes. Ajuste en R4: exigir SVG o TikZ con coordenadas verificadas.

**Medidas.** Registro privilegiado: numérico con unidades. Alucinación típica: conversiones incorrectas, unidades inconsistentes o mezcladas. Ajuste en R5: fijar el sistema de unidades y verificar a mano cada conversión.

**Relaciones y álgebra.** Registro privilegiado: articulación de cuatro registros. Alucinación típica: parámetros mal etiquetados, soluciones que no satisfacen. Ajuste en R6: verificar sustituyendo.

**Estadística y probabilidad.** Registro privilegiado: tabular y gráfico. Alucinación típica: datos inventados. Ajuste en R5: no permitir que la IA aporte cifras.

El siguiente capítulo aborda el desafío más práctico del aula costarricense, anterior incluso a la pedagogía: la conectividad y los recursos materiales reales con los que el docente trabaja.

CAPÍTULO 17

# Conectividad y aula real costarricense

*¿Cómo le pido recursos que funcionen en el aula que existe, no en la que el diseñador imagina? Conectividad intermitente, un solo proyector, celulares heterogéneos: la sobriedad técnica es pedagogía aplicada.*

Hasta este punto, el libro ha tratado los recursos digitales como si la conectividad y los equipos del aula fueran homogéneos. No lo son. El aula costarricense de matemática varía enormemente entre cantones, entre colegios y entre semanas: una semana hay internet, la otra no; en una sección el proyector funciona, en otra solo hay televisor; algunos estudiantes traen celular con datos, otros con WiFi limitado. Este capítulo discute cómo redactar prompts conscientes de esas condiciones, para que los recursos producidos sobrevivan al aula real y no a la idealización del aula.

## 17.1 El aula costarricense que existe

Conviene reconocer la diversidad sin esconderla. En colegios urbanos de la Gran Área Metropolitana, hay laboratorios con computadoras compartidas, proyectores funcionales y conectividad razonable. En colegios rurales de Talamanca, Los Chiles, Upala, Buenos Aires o La Cruz, la conectividad puede caer durante días, el laboratorio puede tener una sola computadora compartida con varias secciones, y el proyector del aula puede estar averiado por meses. En cualquier zona, el celular del docente suele ser el dispositivo más confiable disponible. Y, aun en colegios bien equipados, hay horas del día en que el ancho de banda colapsa porque toda la institución sube videos al mismo tiempo.

Diseñar recursos para el aula costarricense significa, primero, asumir que la conectividad puede fallar; segundo, que el dispositivo principal es a menudo el celular del docente, no la computadora; y tercero, que el aula puede tener treinta estudiantes con un solo medio de proyección. Estas tres condiciones se traducen en restricciones técnicas concretas que el prompt debe explicitar.

## 17.2 Recursos que funcionan sin conexión

Un recurso resiliente es aquel que, una vez descargado, no requiere conexión adicional para funcionar. El HTML autocontenido cumple esta condición casi por completo; la única depen-

dencia externa habitual es KaTeX cargado desde su CDN. Para recursos donde la matemática debe verse en una sesión sin internet, hay dos opciones: incluir KaTeX como archivo embebido dentro del HTML (lo cual aumenta el tamaño a unos 250 KB pero garantiza autonomía total), o sustituir KaTeX por notación Unicode simple (suficiente para expresiones básicas como $x^2$ o $\frac{a}{b}$, pero limitada para expresiones complejas). El prompt debe indicar explícitamente cuál opción se prefiere; por defecto, KaTeX desde CDN, salvo que se sepa de antemano que la sesión será sin conexión.

GeoGebra Clásico 6, una vez instalado, funciona sin conexión; los archivos `.ggb` se abren localmente. LaTeX compilado a PDF también: el PDF resultante no necesita conexión. Los artefactos en Claude, en cambio, requieren conexión al modelo durante toda la sesión, lo que los hace impracticables como recurso de aula sin red.

## 17.3 Estrategias para el celular único del docente

En muchos colegios costarricenses, el dispositivo más confiable para proyectar es el celular del docente conectado por HDMI o por adaptador al proyector. Esto impone tres condiciones al recurso: debe abrirse desde el navegador del celular (Chrome, Safari o Firefox móvil), debe tener una tipografía base de 18 px o más para que se lea desde el fondo del aula al proyectarse, y debe tener botones suficientemente grandes para que el docente los presione mientras circula. La R4 técnica del prompt debe exigir estas tres condiciones.

Una estrategia adicional, poco mencionada en los manuales pero esencial en la práctica, es **guardar el recurso como página principal del celular**: en Android y iOS es posible añadir un acceso directo a la pantalla de inicio que abre el HTML como si fuera una aplicación. Esto evita que el docente busque el archivo entre carpetas durante el primer minuto de clase. Una clase no se pierde por mala pedagogía: se pierde por un minuto de búsqueda al inicio.

## 17.4 Cómo evitar dependencias críticas

Una dependencia es **crítica** cuando, si falla, el recurso entero deja de funcionar. Las dependencias críticas comunes son: librerías externas (jQuery, Bootstrap), fuentes web no embebidas, imágenes alojadas en servidores externos, llamadas a APIs en línea, contenido cargado por iframe desde otro sitio. Cada una de estas dependencias agrega un punto de fallo. El criterio práctico es **maximizar autonomía, minimizar dependencias**: si el recurso puede funcionar sin la dependencia, prefiérase la versión sin ella; si la dependencia es indispensable (KaTeX para matemática avanzada), explicite esa condición y prevea el caso de fallo.

> **Restricciones técnicas para el aula real**
>
> **Adiciones a la R4 según el contexto**
>
> **Si la sesión tendrá conectividad.** Mantenga las restricciones técnicas estándar del Capítulo 6: HTML autocontenido, KaTeX por CDN, sin otras dependencias. Probable buen funcionamiento.

**Si la conectividad es incierta.** Solicite explícitamente que el HTML funcione sin internet, embebiendo KaTeX en el archivo (aumenta tamaño a ~250 KB) o sustituyendo por notación Unicode si la matemática lo permite.
**Si el dispositivo principal es el celular del docente.** Exija tipografía base 20 px, botones de al menos 44 px de alto, ausencia de elementos que requieran hover (que no existe en táctil), y prueba en celular antes de proyectar.
**Si el recurso se distribuirá al estudiantado.** Exija tamaño máximo de 100 KB, descargable por WhatsApp sin pérdida, abierto desde la galería del celular sin instalar nada.

## 17.5 Plan de contingencia: cuando el recurso digital falla

Un docente profesional siempre tiene un **plan B en papel** para cada sesión que dependa de un recurso digital. Si el proyector no enciende, si el WiFi cae, si el celular se descarga, la clase debe continuar. Esto no contradice el uso de IA generativa: lo complementa. Al diseñar la sesión, redacte una versión impresa mínima del recurso (los cinco ítems en papel, la consigna del explorador en un cuaderno, el problema disparador escrito en la pizarra). El plan B no se entrega siempre: se mantiene en la carpeta del docente como respaldo. Cuando el aula falla en tecnología, la clase no falla.

## 17.6 Un prompt para recursos resilientes sin conexión

La curaduría docente puede aliviarse pidiéndole a la IA, desde el primer momento, que el recurso anticipe las limitaciones del aula costarricense real. El prompt que sigue se añade como variación sobre cualquiera de los prompts canónicos del libro: no produce un recurso nuevo, sino que *fortalece* el que ya se está produciendo, exigiendo resiliencia técnica desde el diseño.

**Prompt listo para copiar**

**Variación de resiliencia: para añadir a cualquier prompt de HTML autocontenido**

Pegue este bloque como sección adicional en las **restricciones técnicas** de cualquier prompt para HTML del libro. Es complementario, no sustituye al prompt base.

```
prompt · resiliencia técnica
[RESTRICCIONES adicionales de resiliencia]
El recurso debe funcionar en las condiciones reales del
aula costarricense de secundaria pública en 2026, no en
las condiciones ideales que la IA suele asumir. Aplica
estas restricciones técnicas adicionales:

Sobre conectividad:
- Funciona completamente sin conexión a internet despues
  de la carga inicial.
- KaTeX se carga desde CDN, pero si la carga falla, la
```

```
  matemática debe seguir leyéndose como Unicode plano
  (x², √, π, ≤, ≥, ≠, ±, ∞, °) y mostrar un aviso discreto
  al pie: "Matemática en formato simplificado por falta
  de conexión".
- Ningún recurso externo aparte de KaTeX: ni fuentes de
  Google Fonts, ni imágenes externas, ni librerías
  adicionales.

Sobre dispositivos:
- Compatible con navegadores Chrome y Firefox desde la
  versión de 2022 en adelante (no usar características
  introducidas en 2024).
- Funciona con tamaños de pantalla desde 360 px de ancho
  (celular básico) hasta 1920 px (proyector).
- Funciona con touch (celular) y con mouse (computadora).
- Tipografía base de al menos 18 px para legibilidad al
  proyectar desde el fondo del aula.

Sobre energía y memoria:
- El archivo total no supera los 150 KB.
- No usa setInterval ni animaciones continuas que drenen
  batería de celulares antiguos.
- Si tiene animaciones, son disparadas por interacción del
  usuario y de duración menor a 1 segundo.

Sobre fallos previsibles:
- Si JavaScript falla, el HTML se ve como una práctica
  legible en papel (degradación elegante).
- Cualquier botón que dependa de JavaScript tiene un texto
  alternativo accesible para lectores de pantalla.
- Los inputs aceptan coma o punto decimal indistintamente
  (convención costarricense + convención angloparlante).

[REVISIÓN adicional]
Antes de entregar el recurso, verifica explícitamente:
1. Probaste con JavaScript deshabilitado: ¿se entiende
   aún de qué trata la actividad?
2. Probaste sin conexión a internet: ¿KaTeX falla
   silenciosamente o muestra el aviso de fallback?
3. Probaste a 360 px de ancho: ¿se ve sin scroll
   horizontal?
4. Pesa menos de 150 KB el archivo completo.
5. Funciona en un celular con batería al 5%: ¿las
   animaciones siguen siendo aceptables o agotan
   rápido?
```

Las restricciones de resiliencia, añadidas como sección complementaria al prompt base, suelen reducir las correcciones técnicas posteriores en un 40 a 60 por ciento, según observamos al pilotear con tres docentes de la DRE Cartago. El esfuerzo de redactarlas una sola vez se amortiza en cada recurso que el docente produce desde entonces.

**Decisión docente**

**Tres preguntas antes de comprometerse con un recurso digital**

1. Si el WiFi del colegio no funciona el día de la clase, ¿qué hago?
2. Si el proyector no enciende, ¿este recurso sirve solo en celular individual? ¿Tengo plan B?
3. Si el celular del estudiantado no puede abrir el archivo (versión antigua del sistema, navegador no compatible), ¿cómo continúo la sesión?

Si las tres preguntas tienen respuesta antes de la clase, el recurso digital es un aliado. Si no la tienen, conviene reconsiderar el formato.

**Cuidado con la alucinación**

**Lo que la IA no sabe de su aula**

- **El modelo asume conectividad estable**. Por defecto, sus salidas suponen acceso a internet, dispositivos modernos y proyector funcional.
- **Asume navegadores actualizados**. Si en su laboratorio hay computadoras con navegadores de 2018, ciertos recursos modernos no cargarán. Pida compatibilidad con navegadores de tres años atrás.
- **Asume tipografía pequeña aceptable**. Para proyección desde el fondo del aula, la IA por defecto sigue produciendo tamaños 14-16 px que no se leen. Exija 18 px o más.

El siguiente capítulo aborda una dimensión igualmente esencial del aula real: las adecuaciones para el estudiantado con diversidad funcional, exigencia legal y pedagógica del MEP.

CAPÍTULO 18

# Adecuaciones y diversidad funcional

*¿Cómo le pido a la IA versiones adaptadas de un mismo recurso para el estudiantado con adecuaciones curriculares, sin perder la coherencia con el resto del grupo?*

El MEP exige que toda planificación contemple las adecuaciones curriculares: significativas, no significativas y de acceso. En la práctica esto significa que la mayoría de los grupos de secundaria tienen al menos dos o tres estudiantes con necesidades específicas, y que cada recurso que el docente lleva al aula debe poder usarse, modificarse o complementarse según esos perfiles. La IA generativa, bien instruida, puede acelerar enormemente la producción de versiones adaptadas. Mal instruida, produce material idéntico al original con el rótulo «versión adaptada» pegado encima, lo cual ni cumple la normativa ni atiende al estudiantado.

## 18.1 El marco normativo en breve

Las adecuaciones curriculares en Costa Rica se clasifican en tres tipos. Las **adecuaciones significativas** modifican los objetivos del aprendizaje: el estudiantado trabaja contenidos distintos al del grupo. Las **no significativas** mantienen los objetivos pero modifican la forma en que se enseñan o se evalúan: extensión del tiempo, consignas más breves, ejemplos más cercanos, apoyos visuales adicionales. Las **de acceso** facilitan condiciones físicas o sensoriales: tipografía mayor, alto contraste, descripciones de audio, materiales en braille. La mayoría de las adecuaciones que el docente de matemática gestiona en secundaria son no significativas y de acceso; este capítulo se enfoca principalmente en ellas, porque son las que la IA puede apoyar con mayor eficacia.

## 18.2 Adaptaciones del prompt para diversas necesidades

El principio rector es que la adaptación se redacta como una **variación de un recurso base**, no como un recurso paralelo desconectado. El estudiantado con adecuación debe poder participar de la misma actividad que el resto del grupo, con apoyos. Cuando le pida una versión adaptada a la IA, parta del prompt original, mantenga la mayoría de las restricciones, y modifique solo los elementos que la adecuación requiere. Cuatro modificaciones típicas:

### Tipografía mayor y alto contraste

Para estudiantes con baja visión o con fatiga visual, la R4 se modifica solicitando tipografía base de 22 px o más, ancho de columna reducido, contraste de color al menos 7:1 entre texto

y fondo, y ausencia de elementos decorativos que compitan con el contenido. El resultado es un recurso visualmente sobrio que el estudiantado puede usar sin esfuerzo adicional.

### Lectura sencilla

Para estudiantes con dislexia o con dominio limitado del español académico, la R4 incluye: frases cortas (máximo 15 palabras por oración), una idea por párrafo, vocabulario cotidiano, evitar voz pasiva, tipografía sin serifa para los enunciados. Esto no simplifica la matemática: la matemática puede seguir siendo del mismo nivel. Lo que se simplifica es la lectura de las consignas.

### Apoyos visuales adicionales

Para estudiantes con dificultades de procesamiento verbal o con trastorno del espectro autista en grados que afectan la comprensión textual, conviene incluir más representaciones gráficas: un esquema acompañando cada paso, un ícono recurrente para cada tipo de operación, una franja lateral con el procedimiento general visible permanentemente. Estas adiciones no son decorativas: son andamios cognitivos.

### Tiempo extendido y pasos más cortos

Para estudiantes con TDAH o con ritmos de procesamiento más lentos, la actividad se segmenta en pasos más cortos y cada paso se cierra antes de pasar al siguiente. En una práctica guiada, esto significa que el primer ítem se completa con verificación inmediata antes de que aparezca el segundo. En una rúbrica, los criterios se evalúan uno a uno, no simultáneamente. La extensión del tiempo es una adecuación frecuente; complementarla con segmentación mejora resultados.

**Prompt listo para copiar**

**Versión adaptada de una práctica guiada**

```
prompt · adaptación de recurso
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico con experiencia en
adecuaciones curriculares en secundaria de Costa Rica,
según la normativa del MEP.

[RESULTADO]
A partir del recurso HTML autocontenido adjunto (práctica
guiada sobre ecuaciones de primer grado, octavo año),
produce una versión adaptada para un estudiante con
adecuación no significativa por dislexia y con apoyo de
acceso por baja visión.

Mantén el mismo objetivo de aprendizaje y la misma habilidad
MEP. Modifica solo lo que la adecuación requiere.

[RECEPTOR]
```

```
Octavo año, 13-14 años. Estudiante con dislexia diagnosticada
y baja visión moderada. Forma parte del mismo grupo que
trabaja con el recurso original.

[RESTRICCIONES]
Adecuación por dislexia (no significativa):
- Frases cortas, máximo 15 palabras por oración.
- Una idea por párrafo.
- Vocabulario cotidiano; evitar tecnicismos innecesarios.
- Tipografía sin serifa (sans-serif) en los enunciados.
- Resaltado visual de los datos numéricos clave.

Adecuación por baja visión (de acceso):
- Tipografía base de 22 px (en lugar de 18 px).
- Contraste de color mínimo 7:1.
- Ancho de columna reducido (máximo 60 caracteres por línea).
- Botones de al menos 50 px de alto.

Estructura mantenida:
- Mismos cinco ítems, mismo escalonado 2-2-1.
- Misma habilidad MEP.
- Mismos contextos disparadores (facturas del ICE).
- Mismas cuentas y soluciones verificadas.

[RECURSOS]
Recurso original: práctica guiada sobre ecuaciones de
primer grado en facturas del ICE (Capítulo 7 del libro).
Ítems: cinco escalonados 2-2-1.
Soluciones verificadas: x = 40, x = 100, x = 160,
C = 5000, x = 80.

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. La matemática es exactamente la misma del original.
2. Las consignas están en frases cortas.
3. La tipografía y el contraste cumplen las restricciones.
4. El recurso adaptado es claramente reconocible como
   versión del original (no un recurso paralelo).
5. Las cinco soluciones son las mismas.

Entrega final:
1. Resumen breve de qué se modificó y por qué.
2. Código HTML autocontenido adaptado.
3. Notas para el docente: cómo presentar la versión
   adaptada al estudiantado sin estigmatizar.
```

## 18.3 Discalculia: cuando la matemática es la dificultad

La discalculia es un trastorno específico del aprendizaje que afecta la adquisición de las habilidades matemáticas básicas: sentido numérico, comparación de cantidades, conteo, recuperación de hechos aritméticos, procedimientos de cálculo. Afecta a entre un 3 y un 6 % de la población escolar y es probablemente la condición más relevante para el docente de matemática, pero también una de las menos discutidas en la literatura general sobre adecuaciones.

Aparece en grados variables: hay estudiantes que entran a sétimo año sin haber automatizado las tablas de multiplicar y compensan con conteo manual; hay otros que invierten cifras al escribirlas; hay otros que confunden los símbolos $+$, $-$, $\times$, $\div$ por similitud visual.

El principio rector es que la discalculia no se resuelve dando «menos matemática»: se resuelve dando **la misma matemática con más andamios concretos**. Cuatro adaptaciones específicas que la IA puede generar bien si se le pide con precisión: provisión sistemática de un «banco numérico» visible (la tabla del 1 al 20, las tablas de multiplicar, las equivalencias entre fracciones y decimales) que el estudiantado consulta sin penalización; descomposición de toda operación en pasos atómicos verificables (no «resuelva» sino «primero sume las decenas; después sume las unidades; después combine»); uso de color sistemático para distinguir operadores ($+$ verde, $-$ rojo, $\times$ azul, $\div$ morado, manteniendo la misma asignación en todo el curso); y verificación con calculadora permitida, donde el aprendizaje se concentra en plantear bien la operación y no en ejecutarla mentalmente.

**Prompt listo para copiar**

**Versión adaptada de una práctica guiada para discalculia**

```
prompt · adecuación por discalculia
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico con formación en
trastornos específicos del aprendizaje matemático
(discalculia) en secundaria de Costa Rica.

[RESULTADO]
A partir del recurso HTML del Capítulo 7 (práctica
guiada sobre ecuaciones de primer grado con facturas
del ICE, octavo año), produce una versión adaptada
para estudiante con discalculia diagnosticada.

Mantén el mismo objetivo de aprendizaje y la misma
habilidad MEP. Modifica la forma en que se accede
al procedimiento, sin reducir el rigor.

[RECEPTOR]
Octavo año, 13-14 años. Estudiante con discalculia
moderada: dificultad para automatizar hechos aritméticos
básicos, inversiones ocasionales de cifras, fatiga
ante cálculos en cadena. Forma parte del grupo
regular que trabaja con el recurso original.

[RESTRICCIONES]
Banco numérico visible:
- Panel lateral fijo con: tabla del 1 al 100,
  tablas de multiplicar del 2 al 12,
  equivalencias fracción-decimal-porcentaje
  más usadas en la unidad.
- Se consulta sin penalización; es parte del recurso.
```

```
Descomposición atómica del procedimiento:
- Cada ítem se resuelve en tres a cinco micro-pasos
  visibles, no en una sola entrada de respuesta.
- Cada paso pide una sola operación.
- El estudiante verifica cada paso antes de continuar.

Color sistemático de operadores:
- Suma (+): verde.
- Resta (−): rojo.
- Multiplicación (×): azul.
- División (÷): morado.
- Mantener el mismo código en todos los ítems.

Calculadora integrada:
- Botón de calculadora simple disponible en cada paso.
- Su uso es transparente; no se descuenta puntaje.

Tipografía y espaciado:
- Tipografía base 20 px, sans-serif (OpenDyslexic o Atkinson Hyperlegible).
- Espacio amplio entre líneas (interlineado 1.8).
- Cifras separadas con espacios (1 500 en lugar de 1500).

[RECURSOS]
Recurso original: práctica guiada del Capítulo 7,
cinco ítems escalonados sobre ecuaciones del ICE.

Pasos atómicos para el ítem 1 (1500 + 95x = 5300):
Paso 1 (resta): 5300 − 1500 = 3800.
Paso 2 (división): 3800 ÷ 95 = 40.
Verificación: 1500 + 95(40) = 1500 + 3800 = 5300. ✓

Cada uno de estos pasos es un sub-ítem del recurso
adaptado, con su propia entrada y su propia verificación.

[REVISIÓN]
1. La habilidad MEP es la misma del original.
2. El banco numérico está siempre visible y completo.
3. Cada operación tiene su color, consistente en todo el recurso.
4. Los pasos no se pueden saltar; deben resolverse en orden.
5. La calculadora está disponible sin penalización visible.
6. El estudiantado puede equivocarse en un paso y reintentar
   sin perder el progreso de los anteriores.

Entrega final:
1. Resumen breve de las adaptaciones.
2. Código HTML autocontenido completo.
3. Nota para el docente: cómo introducir el recurso
   al grupo sin etiquetar al estudiantado con discalculia.
```

## 18.4 Altas capacidades: la adecuación hacia arriba

Las adecuaciones se piensan tradicionalmente como apoyos hacia el estudiantado que va atrás. Pero existe también el caso inverso: estudiantes que dominan los contenidos del nivel antes de que se introduzcan, que terminan la práctica guiada en cinco minutos y se aburren

los siguientes treinta y cinco. El aburrimiento del estudiantado con altas capacidades es un costo pedagógico tan serio como el de la dificultad: produce desinterés, frustración y, frecuentemente, problemas de comportamiento que se interpretan erróneamente como déficit de atención.

La adecuación hacia arriba no consiste en dar «más ejercicios» (que es solo dar más tiempo de aburrimiento) ni en saltar de nivel (que rompe la coherencia del grupo). Consiste en **profundizar verticalmente el mismo contenido**: pedir generalización, pedir demostración, pedir contraejemplos, pedir conexión con áreas afines de la propia matemática. El estudiantado de altas capacidades resuelve problemas; lo que el aula a menudo no le ofrece son *problemas no triviales*. La IA, bien instruida, puede generar la capa de profundización dentro del mismo recurso, accesible al estudiantado que termina temprano.

**Prompt listo para copiar**

**Capa de profundización para altas capacidades**

```
prompt · adecuación hacia arriba
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico con experiencia en
enriquecimiento curricular para estudiantes con
altas capacidades en matemática de secundaria
en Costa Rica.

[RESULTADO]
A partir del recurso HTML del Capítulo 9 (explorador
de la función lineal, octavo año), añade una capa
de profundización accesible al final de la actividad
para el estudiantado que completa la exploración antes
del tiempo asignado.

[RECEPTOR]
Octavo año, 13-14 años. Estudiantes con altas
capacidades en matemática identificados por el docente:
dominio sólido de operaciones algebraicas básicas,
interés por la generalización, ganas de demostrar.
NO requiere identificación oficial; es la adecuación
para el cuartil superior del grupo.

[RESTRICCIONES]
La capa de profundización:
- Se accede mediante un botón discreto al final de
  la actividad regular ("¿Quiere profundizar?").
- No reemplaza nada del recurso original.
- Es transparente: no es "recurso para los mejores";
  cualquier estudiante que termine temprano puede
  acceder.

Cuatro niveles de profundización, accesibles
secuencialmente:
```

```
NIVEL 1 - GENERALIZACIÓN:
- ¿Qué ocurre si m = 0? ¿Y si b = 0?
- ¿Qué pasa cuando ambos son cero?
- ¿Existe alguna recta que NO pueda escribirse como
  y = mx + b?

NIVEL 2 - DEMOSTRACIÓN:
- Demuestre que si dos rectas tienen la misma pendiente,
  son paralelas o coincidentes.
- Demuestre que dos rectas perpendiculares cumplen
  m · m = −1 (sugerencia: use rotaciones de 90°
  o vectores directores).

NIVEL 3 - CONEXIÓN:
- Una recta puede escribirse en al menos cuatro formas
  distintas: y = mx + b, ax + by + c = 0,
  (y − y ) = m(x − x ), x/a + y/b = 1.
- ¿Qué información sobre la recta privilegia cada forma?
- Convierta una recta dada entre las cuatro formas.

NIVEL 4 - INVESTIGACIÓN ABIERTA:
- ¿Qué es la pendiente de una curva en un punto?
- Sin definir derivada, conjeture qué significaría la
  "pendiente" de y = x² en x = 1, x = 2, x = 3.
- ¿Aparece un patrón?

[RECURSOS]
Recurso original: explorador de la función lineal,
Capítulo 9, ya descrito.

Los cuatro niveles aparecen como tarjetas plegables;
el estudiantado abre la siguiente al completar la
anterior, o salta a la que le interese.

[REVISIÓN]
1. La habilidad MEP del recurso base se mantiene.
2. La capa de profundización es opcional, no obligatoria.
3. No es "más de lo mismo"; es matemática más profunda.
4. El nivel 4 no requiere conocimientos formales de
   cálculo: incentiva la conjetura, no la formalización.
5. El docente puede interrumpir la capa de profundización
   en cualquier nivel sin perder coherencia.

Entrega final:
1. Resumen breve de la lógica de profundización.
2. Código HTML autocontenido con la capa añadida al
   recurso base.
3. Tres preguntas que el docente puede formular
   durante la discusión interactiva con el grupo
   sobre lo que el estudiantado descubrió en la capa.
```

## 18.5 LESCO: matemática para estudiantes con sordera

La Lengua de Señas Costarricense (LESCO) es lengua materna para muchos estudiantes con sordera en Costa Rica. El español escrito es para ellos una segunda lengua, con una gramática distinta y una sintaxis distinta a la del español oral. Esto tiene consecuencias prácticas para el diseño de recursos matemáticos: las consignas largas con sintaxis compleja, las construcciones pasivas, los pronombres relativos múltiples, son tan difíciles de procesar como un texto en inglés para un estudiante hispanohablante promedio. Y, al mismo tiempo, el estudiantado sordo no tiene déficit cognitivo asociado a la sordera misma: su capacidad matemática es la del grupo. El problema es de acceso lingüístico, no de capacidad.

Tres adaptaciones específicas la IA puede generar con calidad: **consignas en estructura SVO simple** (sujeto-verbo-objeto, en oraciones cortas, sin subordinadas), **vocabulario matemático con glosario visual** que incluya, idealmente, una mini-ilustración o un enlace a un video en LESCO del término técnico, y **preferencia por representaciones gráficas sobre textuales**. El estudiantado sordo procesa información visual con la fluidez del oyente para la auditiva; la mediación matemática tiene aquí su mayor aliado.

**Prompt listo para copiar**

**Versión adaptada para estudiantado con sordera y dominio de LESCO**

```
prompt · adecuación por sordera
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico con experiencia en
educación matemática para estudiantes con sordera
usuarios de LESCO en secundaria de Costa Rica.

[RESULTADO]
A partir del recurso HTML del Capítulo 8 (juego de
memoria de identidades notables, noveno año), produce
una versión adaptada para estudiantado con sordera
profunda, usuario de LESCO como primera lengua.

Mantén el mismo objetivo: reconocer la equivalencia
entre una identidad notable y su desarrollo.

[RECEPTOR]
Noveno año, 14-15 años. Estudiante con sordera
profunda, usuario fluido de LESCO, español escrito
como segunda lengua con dominio intermedio.
Acompañado en el aula por intérprete LESCO durante
las clases magistrales; trabaja autónomamente con
recursos digitales.

[RESTRICCIONES]
Lenguaje de las consignas:
- Estructura SVO simple. Una oración por idea.
- Máximo 10 palabras por oración.
- Voz activa siempre. Sin subordinadas relativas.
```

```
- Vocabulario matemático con tooltip que muestra:
    a) Imagen ilustrativa del concepto.
    b) Texto breve en español sencillo.
    c) Espacio para enlazar (futuro) a video LESCO.

Vocabulario matemático crítico:
- "identidad notable", "binomio", "trinomio cuadrado
  perfecto", "diferencia de cuadrados", "factorización",
  "desarrollo".
- Cada término aparece con tooltip al pasar el cursor
  o al tocar (en pantalla táctil).

Predominio visual sobre textual:
- Cada par de cartas incluye no solo la expresión
  algebraica, sino también una representación
  geométrica del producto (cuadrado de lado a+b,
  rectángulo de lados a+b y a-b, etc.).
- La conexión visual sostiene la conexión algebraica.

Retroalimentación visual amplia:
- Match correcto: animación clara de éxito sin sonido.
- Match incorrecto: animación clara de error sin sonido.
- Nunca depender de feedback auditivo (campanas,
  beeps).

[RECURSOS]
Recurso original: juego de memoria del Capítulo 8,
cuatro pares de cartas con identidades notables y
sus desarrollos.

Para cada par, la representación geométrica del
producto:
- (a+b)² = cuadrado de lado a+b dividido en cuatro
  regiones: a², ab, ab, b².
- (a-b)² = cuadrado de lado a-b construido por
  sustracción.
- (a+b)(a-b) = rectángulo de lados a+b y a-b
  dentro de un cuadrado de lado a.
- (x+3)² = cuadrado dividido análogamente.

[REVISIÓN]
1. La habilidad MEP es la misma del original.
2. Toda consigna tiene estructura SVO simple.
3. Cada término técnico tiene su tooltip funcional.
4. La representación geométrica acompaña cada
   identidad.
5. El feedback es enteramente visual; ningún audio
   indispensable.
6. El recurso funciona idénticamente para el
   estudiantado oyente del grupo (no es
   estigmatizante).

Entrega final:
1. Resumen de las adaptaciones lingüísticas y
   visuales.
```

```
2. Código HTML autocontenido.
3. Sugerencias para futura integración con videos
   LESCO de cada término técnico (especificación
   técnica de cómo enlazar videos cuando estén
   disponibles).
```

## 18.6 TEA: ritmos, predictibilidad y carga sensorial

El trastorno del espectro autista (TEA) abarca un rango amplio de manifestaciones. En el aula de matemática de secundaria, las que más afectan el uso de recursos digitales son tres: la carga sensorial (algunos estudiantes con TEA toleran mal animaciones, parpadeos, transiciones bruscas o sonidos inesperados); la necesidad de predictibilidad (la actividad debe tener una estructura clara y anunciada de antemano, sin sorpresas); y los intereses focalizados que pueden, bien aprovechados, ser un motor extraordinario de aprendizaje. La IA puede generar recursos respetuosos de estas tres dimensiones si se le pide con precisión.

**Prompt listo para copiar**

**Versión adaptada para estudiantado con TEA**

```
prompt · adecuación por TEA
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico con experiencia en
educación matemática para estudiantes con TEA en
secundaria de Costa Rica, en grados de afectación
de leve a moderado.

[RESULTADO]
Versión adaptada del recurso HTML del Capítulo 9
(explorador de la función lineal) para estudiantado
con TEA que tiene un interés focalizado en
ferrocarriles. Mantén la matemática del recurso
original; cambia el contexto, la estructura visual
y la carga sensorial.

[RECEPTOR]
Octavo año, 13-14 años. Estudiante con TEA en grado
leve. Interés focalizado: trenes y ferrocarriles.
Sensibilidad a animaciones bruscas y a contrastes
cromáticos excesivos. Aprende mejor cuando la
estructura del recurso se anuncia de antemano.

[RESTRICCIONES]
Predictibilidad de la estructura:
- Al inicio del recurso, una pantalla titulada
  "Lo que vamos a hacer" enumera los pasos:
  1) Explorar la pendiente.
  2) Explorar la intersección.
  3) Conectar pendiente con velocidad del tren.
```

```
  4) Conjeturar.
  5) Cerrar.
- Cada paso muestra dónde está el usuario
  (por ejemplo: "Paso 2 de 5").

Carga sensorial mínima:
- Sin animaciones largas (todas menos de 0,3 s).
- Sin transiciones de color contrastantes
  (paleta cálida monocromática).
- Sin sonidos.
- Sin parpadeos.
- Tipografía estable; no cambios entre estados.

Contexto del interés focalizado:
- La función lineal aparece como modelo del tren:
  posición = velocidad × tiempo + posición inicial.
- Datos reales (verificables) del tren al Pacífico
  del INCOFER: distancia San José-Caldera, velocidad
  promedio, hora de salida.
- Los deslizadores se etiquetan: m como "velocidad
  del tren (km/h)", b como "posición inicial (km)".

Estructura discursiva:
- Lenguaje directo, sin metáforas.
- Las consignas son instrucciones, no preguntas
  abiertas.
- "Mueva el deslizador m hasta 60. Observe la recta."
  (no "¿Qué pasa si...?").
- Las preguntas abiertas aparecen al final, una a la
  vez, después de la fase exploratoria estructurada.

[RECURSOS]
Recurso original: explorador del Capítulo 9.

Datos del tren al Pacífico (INCOFER, verificados):
- Distancia aproximada San José-Caldera: 132 km.
- Velocidad promedio histórica: 35-50 km/h.
- El docente verifica antes de usar.

[REVISIÓN]
1. La habilidad MEP del original se mantiene.
2. La estructura se anuncia y se sigue paso a paso.
3. No hay sorpresas visuales ni sonoras.
4. El contexto ferroviario es matemáticamente honesto
   (no decorativo).
5. El recurso es accesible al resto del grupo sin
   adaptación adicional (no estigmatiza).
6. Los datos sobre el tren están verificados con
   fuente; si no lo están, se omiten.

Entrega final:
1. Resumen de las adaptaciones para TEA.
2. Código HTML autocontenido.
3. Nota al docente: cómo introducir el recurso al
   grupo respetando la rutina del estudiantado con
```

```
TEA, sin separar su versión de la del grupo.
```

### Decisión docente

**Tres principios para gestionar adecuaciones en el aula**

- **Mismo objetivo, distinto camino.** La adecuación no significativa preserva la habilidad MEP; cambia el camino para llegar a ella. La IA debe entender esa distinción.
- **Sin estigmatización.** El recurso adaptado se distribuye discretamente al estudiantado que lo necesita; nunca se anuncia públicamente, nunca se presenta como «la versión fácil». La normalidad del aula lo absorbe.
- **El estudiantado decide qué le sirve.** A veces un estudiante con adecuación elige el recurso original porque ya le resulta accesible. Eso debe ser posible. La adecuación se ofrece, no se impone.

### Cuidado con la alucinación

**Adaptaciones cosméticas que no adaptan**

- **Aumentar el tamaño de la fuente sin cambiar la estructura**. Es necesario, pero no suficiente.
- **Reducir el número de ítems sin justificación pedagógica**. Si el original tiene cinco ítems escalonados, eliminar dos puede romper el escalonamiento.
- **Etiquetar como «simplificada» lo que en realidad es idéntico**. La IA a veces produce variantes mínimas y las rotula como adaptación.
- **Sustituir contextos por otros más infantiles**. Un estudiante de octavo con adecuación sigue siendo de octavo; no es un estudiante de tercer grado.

### Cómo revisar el resultado

**¿Es una adaptación real o cosmética?**

1. ¿La habilidad MEP es la misma que la del recurso original?
2. ¿Las consignas están redactadas de manera diferente o solo cambia el tamaño de letra?
3. ¿Las soluciones esperadas son las mismas?
4. ¿La adaptación responde a una necesidad específica del perfil del estudiantado (no a una generalización)?
5. ¿El estudiantado puede usar la versión adaptada sin que se note públicamente?
6. ¿La adaptación mantiene el desafío matemático del original?

En el siguiente capítulo abordamos un asunto urgente y poco discutido: la integridad académica del estudiantado en una era donde la IA generativa está también en sus celulares.

CAPÍTULO 19

# Ética e integridad académica del estudiantado

*El estudiantado también usa IA. ¿Cómo conversar sobre integridad sin demonizar la herramienta? ¿Cómo diseñar tareas que la IA no pueda hacer por sí sola?*

Un libro sobre el uso docente de la IA generativa no estaría completo si ignorara la otra parte del aula: el estudiantado, que también tiene acceso a esas mismas herramientas, a menudo con menos restricciones y a veces con más fluidez. Pretender que la IA es un recurso exclusivo del docente es ingenuo en 2026. La pregunta profesional pertinente no es cómo prohibir el uso estudiantil, sino cómo conversar sobre integridad académica de manera honesta, diseñar tareas que la IA no resuelva trivialmente por sí sola, y redefinir qué significa la autoría en una época donde los textos pueden producirse en segundos.

## 19.1 La situación que ya existe

El estudiantado de secundaria en 2026 tiene acceso, en su gran mayoría, a algún modelo de IA generativa accesible desde el celular. Lo usa con frecuencia para tareas escolares, con grados variables de criterio. Algunos lo usan para entender un tema que el docente no logró explicar; otros para hacer la tarea entera sin involucrarse; otros para verificar respuestas; otros para redactar ensayos completos. Esta diversidad de usos exige respuestas diferenciadas, no una prohibición general que el aula no puede sostener.

## 19.2 Cómo conversar sobre integridad sin demonizar

El primer paso es explicitar el tema en clase. Un acuerdo de aula sobre el uso de IA, redactado y firmado por docente y estudiantado al inicio del año, suele rendir más que cualquier vigilancia posterior. El acuerdo puede contemplar: en qué tareas se permite usar IA y declararlo (tareas de redacción auxiliar, de búsqueda de información, de generación de ideas); en qué tareas no se permite (evaluaciones, problemas que se entregan calificados); y qué significa «usar IA honestamente» (declarar, citar, no presentar como propio lo que es del modelo).

Este acuerdo no se redacta solo por el docente: se construye en conversación con el grupo. Las normas que el grupo participa en redactar tienen más fuerza ética que las normas impuestas. Y el acuerdo conviene revisarlo a mitad del año, porque las prácticas evolucionan más rápido de lo que cualquier reglamento puede anticipar.

## 19.3 Tareas robustas frente al uso desleal de la IA

Hay tareas que la IA resuelve trivialmente: redactar un resumen de un libro conocido, resolver una ecuación estándar, escribir un ensayo sobre un tema general. Hay tareas que la IA resuelve mal o con dificultad: aquellas que requieren conexión específica con la vida del estudiantado, con un dato local verificable, con un proceso situado. Diseñar tareas **robustas** es diseñar tareas del segundo tipo. Cinco criterios prácticos:

- **Pida producciones situadas.** «Resuelva esta ecuación» lo hace la IA en un segundo. «Modele la factura de electricidad de su hogar el mes pasado con una ecuación, fotografíela, anonimícela y entréguela con el modelo» lo hace el estudiantado o no se hace.
- **Exija el proceso, no solo el resultado.** Pida bocetos, errores tachados, intentos previos, conversaciones con compañeros. Un resultado limpio sin proceso es sospechoso.
- **Plantee preguntas abiertas situadas en la sesión.** Preguntas que conectan con lo discutido en clase la semana anterior, con un comentario de un estudiante específico, con un ejemplo del libro de texto del colegio. La IA, sin ese contexto, no puede responderlas bien.
- **Solicite reflexiones metacognitivas honestas.** «¿Qué fue lo más difícil?», «¿Qué error cometí al inicio?». La IA puede inventar respuestas plausibles, pero un estudiante que las copie sin haber resuelto la tarea suele delatar la copia con detalles inconsistentes.
- **Sume evaluaciones orales y presenciales.** El examen escrito tradicional sigue valiendo, pero la evaluación oral breve, donde el estudiantado explica su procedimiento en cinco minutos, distingue rápidamente quién entiende de quién copió.

## 19.4 La autoría en la era de la IA

Una pregunta filosófica que afecta la práctica: si un estudiante redacta un texto con apoyo de IA, declarándolo, editándolo críticamente, ajustándolo a su voz, ¿es ese texto suyo? La respuesta razonable es *sí, parcialmente*. La autoría compartida con herramientas digitales es la nueva normalidad, igual que lo fue, en su momento, la edición de texto en procesador frente a la máquina de escribir. El asunto no es prohibir la herramienta, sino enseñar a usarla con honestidad: declarar qué se delegó, qué se intervino, qué quedó tal cual del modelo.

En la matemática de secundaria, esta lógica se traduce en exigencias concretas: cuando un estudiante use IA para entender un procedimiento, debe poder explicarlo después en sus propias palabras; cuando la use para verificar una respuesta, debe poder mostrar el procedimiento que llegó a esa respuesta; cuando la use para redactar la justificación de un problema, debe poder defender oralmente esa justificación. La integridad no se mide por la ausencia de herramientas: se mide por la coherencia entre lo que se entrega y lo que se sabe.

## 19.5 Consignas que no se pueden delegar

Cierre el capítulo con tres consignas tipo que la IA no resuelve por sí sola, como referencia para diseñar las suyas:

1. «Tome una fotografía de la factura eléctrica de su hogar (anonimícela tachando el nombre

y la dirección). Identifique el cargo fijo y el costo por kWh. Modele su consumo del mes pasado como una ecuación lineal. Pregunta: ¿cuántos kWh hubiera podido consumir el mes pasado, manteniendo la misma factura, si el costo por kWh hubiera aumentado un 10 %?»

2. «Mida con un metro tres rectángulos de su casa (mesa, libro, ventana). Anote las medidas. Calcule el perímetro y el área de cada uno. Diga cuál tiene la mayor razón área/perímetro y conjeture por qué.»
3. «Durante una semana, registre cuántos minutos pasa cada día en transporte público. Calcule media, mediana y moda. Construya un gráfico de barras. Discuta cuál de las tres medidas describe mejor su semana.»

## 19.6 Herramienta 1: prompt para diseñar tareas IA-resistentes

Los principios anteriores se quedan en buenas intenciones si no se traducen en una rutina operativa. El siguiente prompt opera como herramienta de diseño: el docente le pide a la IA que rediseñe una tarea suya tradicional para volverla resistente al uso desleal. Es paradójico solo en apariencia: usar la IA para protegerse de su mal uso es exactamente el oficio profesional que el libro propone.

**Prompt listo para copiar**

**Rediseñar una tarea para hacerla resistente al uso desleal de IA**

```
prompt · tarea IA-resistente
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico crítico, con experiencia
en diseño de tareas auténticas para evaluación de
matemática en secundaria de Costa Rica, consciente de
qué tareas la IA generativa resuelve trivialmente y
cuáles no.

[RESULTADO]
Rediseña la tarea que te entrego abajo (de matemática
de secundaria) para que sea "IA-resistente": que un
estudiante con acceso a IA no pueda obtener una
respuesta válida simplemente pegándola en un modelo.

Mantén el mismo objetivo de aprendizaje y la misma
habilidad MEP. Cambia el tipo de evidencia que se pide.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año en Costa Rica.
Asumir que la mayoría tiene acceso a IA generativa
en el celular. Asumir buena intención por defecto;
la tarea debe ser robusta, no punitiva.

[RESTRICCIONES]
La tarea rediseñada debe cumplir AL MENOS TRES de
```

```
estos cinco criterios de robustez:

1. PRODUCCIÓN SITUADA EN EL CUERPO O ESPACIO DEL
   ESTUDIANTE
   La tarea requiere mediciones, fotografías,
   datos del entorno físico inmediato del
   estudiantado. La IA no tiene acceso a esos datos.

2. EXIGENCIA DE PROCESO VISIBLE
   No se entrega solo el resultado. Se entrega el
   borrador, los intentos previos, los errores
   tachados, las decisiones tomadas.

3. CONEXIÓN CON LA SESIÓN
   La tarea hace referencia a algo discutido en
   una sesión específica de clase: el comentario
   de un estudiante, un ejemplo del docente, una
   discusión grupal. La IA no estuvo en esa sesión.

4. REFLEXIÓN METACOGNITIVA HONESTA
   El estudiantado describe qué le costó, qué
   intentó primero, qué descartó. La IA puede
   simular, pero el contenido específico delata
   la copia cuando se compara con el resto del
   trabajo.

5. DEFENSA ORAL BREVE
   El estudiantado debe poder defender en cinco
   minutos su procedimiento ante el docente o ante
   pares. La IA no defiende oralmente.

[RECURSOS]
Tarea original que quiero rediseñar (téngala lista
para pegar aquí):

[Pegue aquí su tarea actual, incluyendo enunciado,
objetivo, criterios de evaluación]

Conozca a su grupo:
- Nivel concreto: [___].
- Habilidad MEP que la tarea moviliza: [___].
- Contexto del grupo: [zona, recursos,
intereses observados].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. La tarea rediseñada cumple al menos tres criterios
   de robustez.
2. La habilidad MEP de la tarea original se mantiene.
3. La nueva tarea es realista en el contexto descrito;
   no exige tecnología o materiales que el grupo no
   tenga.
4. El criterio de evaluación es coherente con la nueva
   evidencia.
5. La consigna está redactada con claridad para el
```

```
   nivel.

Entrega final:
1. La tarea rediseñada, lista para entregar al grupo.
2. Comparación uno a uno: qué tenía la tarea original
   y qué cambió.
3. Tres preguntas de defensa oral que el docente
   puede formular al estudiantado para verificar la
   autoría.
4. Indicación de qué criterios de robustez cumple la
   tarea rediseñada y cuáles no.
```

## 19.7 Herramienta 2: plantilla de acuerdo de aula sobre uso de IA

Un acuerdo de aula sobre el uso de IA, redactado en conjunto con el grupo al inicio del año o del ciclo, es la herramienta de cultura institucional más efectiva contra el uso desleal. No es un reglamento del docente; es un pacto del aula. Lo siguiente es una plantilla que el docente adapta con su grupo en una sesión de cuarenta minutos. La versión final, firmada por el docente y por una representación del grupo, queda visible en el aula y se revisa a mitad del año.

**Plantilla editable**

**Acuerdo del aula sobre uso de IA generativa**

**Sección 1 · Reconocimiento.** En este grupo reconocemos que la inteligencia artificial generativa es una herramienta real, presente, accesible y útil. No la prohibimos ni la idealizamos. Buscamos usarla con honestidad y aprender a hacerlo.

**Sección 2 · Cuándo se permite y cómo declararlo.** Se permite el uso de IA en las siguientes tareas, con la condición de declarar su uso en una nota al inicio o al final del trabajo:

- Para entender un tema que no quedó claro en clase.
- Para verificar una respuesta después de haber intentado por cuenta propia.
- Para generar ideas iniciales antes de un trabajo creativo o investigación.
- Para redactar o pulir un texto que el estudiante ya tiene en borrador propio.
- Para traducir o explicar vocabulario.

La forma de declarar el uso: una línea breve al final del trabajo, indicando para qué se usó la IA y qué parte se modificó después. Ejemplo: «Usé Claude para explicarme la factorización por agrupación; el procedimiento del ejercicio 3 lo redacté en mis palabras después de entenderlo.»

**Sección 3 · Cuándo no se permite.** No se permite el uso de IA en las siguientes situaciones:

- Durante pruebas, exámenes, quices y evaluaciones presenciales calificadas.
- Para producir directamente la entrega de una tarea sin intervención propia.

- Para crear datos, fuentes o citas que se presenten como reales.
- En las consignas marcadas explícitamente como «sin IA» por el docente.

**Sección 4 · Qué pasa si surge una duda.** Si el docente sospecha que un trabajo se entregó sin la intervención declarada del estudiantado, la conversación es la primera vía. El docente preguntará al estudiantado sobre su procedimiento, le pedirá que lo explique oralmente, y le ofrecerá la oportunidad de redactar una versión propia con el procedimiento entendido. No habrá acusación ni anotación disciplinaria automática.
**Sección 5 · Revisión.** Este acuerdo se revisa a mitad del año en una sesión de aula de treinta minutos. Lo que no esté funcionando se modifica con la participación del grupo. Lo que sí esté funcionando se mantiene.
**Sección 6 · Firma.** Este acuerdo se firma colectivamente. La copia firmada queda visible en el aula y la copia escaneada se archiva en el expediente del grupo.
*Firma del docente:* _____ *Fecha:* _____
*Representación del grupo:* _____ _____
_____

## 19.8 Herramienta 3: guion de conversación ante sospecha de copia

Cuando el docente percibe que un trabajo no proviene del estudiantado —por un cambio brusco de registro, por una sofisticación inesperada, por un argumento que el estudiante no ha discutido en clase—, la primera reacción debe ser conversar, no acusar. Lo que sigue es un guion de conversación que ha mostrado eficacia en aulas costarricenses. No es un libreto rígido; es una secuencia que protege la relación pedagógica y, casi siempre, permite que el propio estudiantado reconozca y reoriente.

### Guion de conversación

**Cuando el docente sospecha del uso desleal de IA**

**Paso 1 · Pedir la conversación en privado.** Nunca en frente del grupo. Pedir cinco minutos al estudiantado al final de la clase o en un recreo. Tono cordial, no acusatorio. Frase tipo: «Necesito conversar contigo un momento sobre la tarea, ¿podemos hablar al terminar?».
**Paso 2 · Mostrar el trabajo y pedir explicación oral.** Sentados, sin terceros, el docente coloca el trabajo entre ambos y pide al estudiantado que lo explique con sus palabras. Frase tipo: «Aquí está tu trabajo. Quisiera que me explicaras cómo llegaste a este resultado, paso a paso, como si yo no entendiera.»
**Paso 3 · Escuchar sin interrumpir.** Es el paso más difícil. El docente debe contener el impulso de corregir o de confrontar. Solo escucha. Si la explicación es coherente con el trabajo, la sospecha era infundada y se cierra la conversación con un agradecimiento. Si la explicación tiene huecos, vacíos o contradicciones, se pasa al paso siguiente.

**Paso 4 · Nombrar lo observado, no acusar.** El docente describe lo que observa, sin imputar intención. Frase tipo: «Hay partes del trabajo que entiendo bien y que coinciden con tu explicación. Hay otras que no logro conectar con lo que me acabas de decir. Cuéntame, ¿usaste alguna herramienta de IA para alguna parte?»

**Paso 5 · Ofrecer una salida sin sanción.** Si el estudiantado reconoce el uso no declarado, el docente le ofrece una oportunidad concreta: rehacer la parte involucrada en una sesión guiada del recreo o de tutoría, con el acompañamiento del docente. Frase tipo: «Lo que necesito es que entiendas el procedimiento. Vamos a sentarnos en la tutoría del jueves y lo trabajamos juntos. La nota se ajusta cuando hayas resuelto la versión nueva.»

**Paso 6 · Reorientar, no etiquetar.** El cierre de la conversación no debe dejar al estudiantado con la sensación de haber sido marcado. Frase tipo: «Esto que pasó hoy no me cambia cómo te veo en clase. Lo que sí necesito es que la próxima vez declares cuando usas IA, según el acuerdo del aula. Es la única forma en que puedo seguir confiando en lo que entregas.»

**Cuando el guion no aplica.** Si el estudiantado niega categóricamente el uso de IA y la sospecha se sostiene por evidencia muy clara (por ejemplo, dos estudiantes con respuestas idénticas en parte), el procedimiento institucional del colegio toma el relevo. El guion anterior es para casos de sospecha razonable, no de evidencia abrumadora.

### Decisión docente

**Lo que el docente decide sobre el uso estudiantil de IA**

- **El acuerdo de aula.** Su redacción participativa, su revisión periódica, su consecuencia si se infringe.
- **Qué tareas son robustas.** Diseñar tareas que la IA no resuelva trivialmente es ahora parte del trabajo docente, no un extra.
- **Cómo evaluar honestamente.** La evaluación oral breve, las preguntas situadas, el seguimiento del proceso. La IA no resuelve eso.
- **Cómo conversar cuando ocurre la copia.** No demonizar la herramienta: explicar el costo educativo de delegar el aprendizaje y reorientar.

### Cuidado con la alucinación

**Detectores automáticos de IA: no son confiables**

Las herramientas que prometen detectar si un texto fue generado por IA tienen tasas de error altas y, peor, distribuyen los falsos positivos de manera desigual: textos de estudiantes con español más formal, o con estilos académicos cuidados, son acusados con más frecuencia. Confiar en estos detectores para acusar a un estudiante es un error que puede dañar la relación pedagógica. La detección efectiva de la copia no es algorítmica: es relacional. Conozca a su grupo, conozca cómo escriben sus estudiantes, y

> dialogue cuando algo no encaje.

El siguiente capítulo cierra el ciclo: la curaduría docente como práctica profesional cotidiana, sintetizando lo que el libro ha venido diciendo a lo largo de sus capítulos.

CAPÍTULO 20

# El ciclo de curaduría docente: revisar, iterar, mejorar

*¿Qué hago después de recibir la salida de la IA y antes de llevarla al aula? La curaduría no es un paso final: es el oficio profesional que define el valor del recurso.*

A lo largo del libro hemos insistido en que la curaduría docente no es un detalle posterior al diseño, sino el núcleo del trabajo profesional con IA generativa. Este capítulo recoge, en forma sintética, el ciclo completo de curaduría: tres revisiones distintas (disciplinar, pedagógica, técnica), la iteración inteligente del prompt cuando el resultado no satisface, y el archivo final que asegura trazabilidad. Cierra con una **lista de cotejo definitiva** de una página, aplicable a cualquier tipo de recurso producido en el libro.

## 20.1 Revisión disciplinar: ¿la matemática está bien?

La primera revisión es del rigor matemático. Esta revisión es no negociable: si la matemática falla, el resto no importa. Cuente cuántas cuentas tiene el recurso (en una práctica guiada, cinco; en un banco de ítems, hasta veinte), y hágalas todas a mano o con calculadora. No confíe en que «parece bien»: verifique cada resultado numérico. Verifique cada notación: ¿se distingue $x^2$ de $x^2$, en serio?; ¿la variable es siempre la misma a lo largo del recurso?; ¿la habilidad MEP citada existe efectivamente en el documento oficial?

El tiempo de revisión disciplinar depende del recurso. Una práctica guiada con cinco ítems requiere entre quince y veinte minutos; una rúbrica analítica, treinta; un examen completo, cuarenta y cinco. Conviene reservar este tiempo en el cronograma de preparación de la clase. Sin él, el recurso no debe usarse.

## 20.2 Revisión pedagógica: ¿está al nivel del grupo?

La segunda revisión es la calibración pedagógica. Es propia del docente, porque solo el docente conoce al grupo. Tres preguntas centrales: ¿el lenguaje del recurso es accesible para los estudiantes con dominio más limitado del español académico? ¿El nivel de dificultad corresponde a lo que el grupo ha trabajado hasta este momento del curso? ¿Las adecuaciones necesarias están contempladas? Si alguna respuesta es no, el recurso se ajusta antes de proyectarlo.

La calibración pedagógica también incluye decisiones de mediación: ¿cómo introducir el recurso?, ¿qué consigna oral lo acompaña?, ¿qué pregunta plantear durante el trabajo individual?, ¿qué cerrar al final? Estas decisiones, que no aparecen en el HTML, son parte del recurso real. La IA produce un archivo; el docente produce la experiencia.

## 20.3 Revisión técnica: ¿abre, se ve, funciona?

La tercera revisión es técnica. Abra el archivo en el dispositivo donde lo proyectará. Pruébelo en su propio celular. Verifique que el tamaño del archivo no exceda 200 KB. Compruebe que la matemática se renderiza correctamente (no como código crudo). Pruebe los botones, los deslizadores, los enlaces. Si proyectará desde celular al televisor del aula, conéctelo y vea cómo se ve a tres metros de distancia. La revisión técnica toma diez minutos y previene noventa minutos de clase fallida.

## 20.4 Iteración inteligente del prompt

Si tras la revisión el recurso no satisface, el camino no es resignarse: es iterar el prompt. Una iteración inteligente parte de la salida anterior y pide cambios específicos, no rehace desde cero. Cuatro patrones de iteración útiles:

- **Iteración por error puntual**: «En el ítem 3, el resultado debe ser 160, no 161. Corrija sin cambiar el resto del archivo».
- **Iteración por refinamiento de tono**: «La retroalimentación es demasiado efusiva. Modere el lenguaje sin reducir la calidez. Mantenga el resto».
- **Iteración por ajuste de dificultad**: «Los ítems 4 y 5 son demasiado fáciles para el grupo. Reemplácelos por dos versiones de mayor dificultad, manteniendo el escalonado 2-2-1».
- **Iteración por contexto**: «Cambie el contexto disparador de 'factura del ICE' a 'factura del AyA'. Adapte los ejemplos en consecuencia, manteniendo las soluciones enteras».

La iteración inteligente conserva lo que sirve y reemplaza solo lo que no. La iteración torpe pide «hágalo de nuevo, mejor», y suele producir un recurso completamente distinto que requiere otra ronda completa de curaduría.

## 20.5 Tiempo real de preparación

Conviene tener una expectativa realista del tiempo total que requiere producir un recurso digital con IA, desde el primer prompt hasta el archivo listo para proyectar. Para un docente con práctica, una práctica guiada típica toma alrededor de 45 minutos: 15 para redactar el prompt y recibir la salida, 20 para curaduría disciplinar, 10 para curaduría técnica. Una construcción GeoGebra toma alrededor de 60 minutos. Un plan de clase MEP, 45. Un banco de 10 ítems con distractores justificados, 90 minutos. Estos tiempos son menores que producir los mismos recursos desde cero, pero mayores que los que el entusiasmo inicial suele anticipar. La IA acelera la producción; no la elimina.

## 20.6 Un meta-prompt para acelerar la curaduría crítica

El docente puede pedirle a la propia IA —en una segunda iteración— que se vuelva su asistente de revisión: que examine críticamente la salida anterior y le entregue un informe estructurado de hallazgos. Esto no sustituye la lectura experta del docente; la complementa, igual que un editor profesional complementa al autor. El meta-prompt siguiente reabre el chat sobre la salida ya producida y le pide al modelo una segunda mirada, esta vez en rol crítico.

**Prompt listo para copiar**

**Meta-prompt: la IA como asistente de curaduría**

Use este prompt en el mismo chat donde acaba de recibir la salida que quiere revisar. No abra un chat nuevo: el modelo necesita tener en su contexto el código o el contenido que va a auditar.

```
prompt · meta-curaduría
[ROL]
Cambia de rol. Hasta ahora produjiste el recurso; ahora
actúas como revisor crítico independiente: un colega
docente del MEP, con dominio disciplinar, que va a auditar
tu propia salida con la severidad que tendría con la salida
de otra persona. No defiendas tu trabajo previo. Buscalo
con sospecha profesional honesta.

[RESULTADO]
Un informe de hallazgos estructurado en tres planos, cada
plano con sus problemas detectados y sus soluciones
propuestas:

1. Problemas disciplinares (matemáticos):
   - Cuentas, despejes, signos, dominios.
   - Notación inconsistente entre partes del recurso.
   - Aplicación de propiedades fuera de su dominio.
   - Confusión entre objetos matemáticos análogos.

2. Problemas pedagógicos:
   - Nivel de dificultad fuera del momento del curso.
   - Lenguaje inaccesible o, al contrario, condescendiente.
   - Falta de articulación entre registros (Duval).
   - Retroalimentación decorativa, no útil.
   - Habilidad MEP citada incorrectamente o inventada.

3. Problemas técnicos:
   - Bugs en el código JavaScript que podrían no manifestarse
     hasta el aula.
   - Renderizado de KaTeX sobre contenido inyectado
     dinámicamente.
   - Compatibilidad con celular y proyector.
   - Texto en inglés filtrado, emojis indeseados,
     dependencias externas inesperadas.
```

```
[RECEPTOR]
El docente que va a usar el recurso en el aula. Necesita
un informe que pueda leer en cinco minutos y actuar en
veinte.

[RESTRICCIONES]
- Cada hallazgo debe citar la línea o el fragmento exacto
  del recurso donde se manifiesta.
- Cada hallazgo debe proponer una corrección concreta,
  no genérica ("revisar" no es corrección; "reemplazar la
  línea X por Y" sí lo es).
- Distingue entre problemas críticos (rompen la actividad
  en el aula) y problemas menores (cosméticos o de estilo).
- No inventes problemas para llenar el informe. Si en algún
  plano no encuentras problemas reales, dilo: "Sin
  hallazgos en este plano".
- Si la habilidad MEP citada no la conoces con certeza,
  no la inventes: marca el hallazgo como "Verificar con
  el documento oficial del Programa".

[RECURSOS]
El recurso a auditar es el que produjiste en tu última
respuesta. No necesitas que te lo vuelva a pegar; está en
tu contexto.

Lista de errores típicos del libro de referencia
INNOVA-MatIA (Capítulos 6 a 16, Apéndice A) que conviene
verificar específicamente:
- KaTeX no re-invocado sobre contenido dinámico.
- Eje y no invertido en SVG matemático.
- parseFloat omitido en lecturas de input.
- Comandos en inglés filtrados (Slider, Polygon, etc.).
- Distractores cosméticos o ambiguos en ítems.
- Plantillas sin verificación de cuentas.

[REVISIÓN]
Antes de entregar tu informe:
1. ¿Cada hallazgo está localizado en el recurso (línea o
   fragmento)?
2. ¿Cada hallazgo tiene una corrección concreta y aplicable?
3. ¿Distinguiste entre problemas críticos y menores?
4. ¿Hay al menos un hallazgo verificado en cada uno de
   los tres planos, o reconociste explícitamente que en
   algún plano no encontraste nada?
5. ¿Evitaste el sesgo defensivo? ¿Auditarias así el trabajo
   de otra persona?

Entrega final:
1. Informe estructurado en los tres planos.
2. Lista priorizada de los cinco hallazgos más críticos.
3. Estimación del tiempo de corrección que requeriría
   aplicarlos todos.
```

El meta-prompt funciona mejor cuando el docente lo lanza después de haber leído él mismo la salida. La IA detecta errores técnicos con buena sensibilidad (KaTeX, ejes, idioma filtrado) y

errores disciplinares menores con sensibilidad media; los errores pedagógicos profundos —si el problema es realmente no rutinario, si el contexto conecta con el grupo, si la dificultad cabe en el momento del curso— siguen siendo del docente. El meta-prompt no sustituye su criterio; lo libera del trabajo mecánico de revisión para enfocarse en las decisiones profesionales que solo él puede tomar.

## 20.7 Versión final y archivo

Cuando el recurso pasó las tres revisiones, se versiona y archiva. La carpeta sugerida para cada recurso, recurrentemente mencionada en el libro, contiene: el prompt, la salida cruda de la IA, la versión final adaptada por el docente, y una nota breve con las decisiones de curaduría. Este archivo no es burocracia: es el respaldo profesional del docente y la materia prima de futuras iteraciones.

**Lista de cotejo definitiva · una página**

**Aplicable a cualquier recurso digital producido en el libro**

**Disciplinar.**

1. Todas las cuentas verificadas a mano o con calculadora.
2. Notación matemática consistente a lo largo del recurso.
3. Habilidad MEP citada y verificada en el documento oficial.
4. Ningún dato externo inventado (cifras del INEC, BCCR, MEP, etc.).
5. Ningún concepto aplicado fuera de su dominio (por ejemplo, propiedades de funciones lineales aplicadas a cuadráticas).

**Pedagógica.**

1. El lenguaje es accesible para el grupo concreto.
2. El nivel de dificultad corresponde al momento del curso.
3. Las adecuaciones del grupo están contempladas o disponibles.
4. La consigna oral que acompañará al recurso está redactada.
5. La actividad tiene un cierre previsto (plenaria, síntesis, cuaderno).

**Técnica.**

1. El archivo abre sin errores en el dispositivo de proyección.
2. La matemática se ve correctamente renderizada, no como código crudo.
3. El recurso se ve bien en celular (al menos en el suyo).
4. El tamaño del archivo es manejable para el contexto.
5. No hay textos en inglés ni emojis filtrados.
6. El recurso se archiva con su prompt y nota de curaduría.

**Decisión docente**

**El criterio profesional final**

Después de las tres revisiones, queda una decisión última: ¿es este recurso el que mejor sirve a este grupo, en este momento del curso, para este objetivo? Si la respuesta es sí, se proyecta. Si la respuesta es dudosa, vale más posponer una clase que llevar un recurso que el docente no respalda. La autoridad pedagógica no se delega; ningún prompt la sustituye.

El último capítulo del libro reúne el banco de quince prompts listos para copiar, la cita filosófica del proyecto, el cierre crítico y el glosario consolidado de términos.

CAPÍTULO 21

# Banco final, lista de cotejo, cierre crítico y glosario

*Quince prompts listos para copiar, organizados por tipo de salida; una lista de cotejo de bolsillo; el cierre crítico del libro; y el glosario consolidado.*

Este último capítulo cumple cuatro funciones simultáneas. Primero, ofrece el **banco de quince prompts** que recogen los formatos abordados a lo largo del libro, listos para copiar y adaptar. Segundo, sintetiza la lista de cotejo en una versión de una página para llevar como referencia rápida al aula. Tercero, presenta el **cierre crítico**: la advertencia que conviene mantener viva en cada uso de la IA. Y cuarto, consolida el glosario de términos que el libro ha venido usando.

## 21.1 Banco de quince prompts

Los prompts siguientes cubren los principales tipos de salida discutidos en el libro. Cada uno está pensado para copiar tal cual, sustituir los corchetes `[]` por los valores concretos del docente, y enviar a la IA. Todos suponen como base el formato de las Seis R presentado en el Capítulo 3.

### 1. Práctica guiada en HTML autocontenido

```
prompt · práctica guiada
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y programador educativo,
con experiencia en mediación matemática para estudiantes
de secundaria en Costa Rica y dominio del enfoque MEP
(resolución de problemas, Ruiz).

[RESULTADO]
Un único archivo HTML autocontenido (con CSS y JavaScript
embebidos) que el docente pueda abrir con doble clic en
un navegador y proyectar en pantalla, para una práctica
guiada sobre [tema] dirigida a
estudiantes de [nivel] año.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año,
edades aproximadas entre [___]
```

```
y [____] años.
Características del grupo: [zona,
adecuaciones, conocimientos previos, intereses
conocidos].
Objetivo de aprendizaje: [habilidad
o indicador MEP exacto].

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- 5 ítems escalonados en proporción 2-2-1 (dos básicos,
  dos intermedios, uno avanzado).
- Hasta 3 intentos por ítem, con pista opcional disponible
  tras el segundo intento fallido.
- Retroalimentación específica por error, no genérica.
- Cierre con puntaje final y mensaje calibrado por banda
  de desempeño (5/5, 3-4/5, menor a 3).

Técnicas:
- HTML, CSS y JavaScript en un solo archivo, menor a 200 KB.
- KaTeX desde CDN para toda la notación matemática.
- Diseño responsive: fuente base 18 px, botones de al menos
  44 px de alto, alto contraste, una sola columna en celular.
- Sin emojis. Sin texto en inglés en ningún rincón
  (placeholders, mensajes, atributos aria).
- Comparación numérica tolerante: aceptar coma o punto
  decimal, tolerancia 0.001.

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[texto del indicador como aparece en el
programa, con número y unidad].
Contexto disparador costarricense:
[situación local concreta: factura del
AyA, recorrido de bus urbano, planilla del INA, kilometraje
del peaje, consumo del ICE, etc.].
Soluciones verificadas a mano por el docente:
[lista con cada respuesta numérica].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Cada cuenta verificada paso a paso en un comentario HTML.
2. KaTeX renderiza en todos los ítems sin código LaTeX visible.
3. Ningún texto en inglés en ningún atributo del HTML.
4. Funciona en celular (probar con DevTools en modo móvil).
5. El archivo pesa menos de 200 KB.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico breve (qué decisiones de diseño tomó).
2. Código HTML completo.
3. Lista de cotejo para que el docente pruebe el recurso
   antes de proyectar.
```

## 2. Juego de memoria de identidades o relaciones

```
prompt · juego de memoria
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y programador educativo,
con experiencia en mediación matemática para secundaria
en Costa Rica.

[RESULTADO]
Un único archivo HTML autocontenido con un juego de memoria
de pares: el estudiantado voltea cartas para emparejar
una [representación A] con su
[representación B equivalente].

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Objetivo: reconocer la equivalencia entre
[concepto A] y
[concepto B], articulando dos
registros de representación (Duval).
Tiempo estimado en aula: 12 a 15 minutos.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- [N] pares (recomendado: 4 a 6;
  más de 6 introduce dificultad de memoria que compite con
  la matemática).
- Tablero centrado, mezcla aleatoria al iniciar y reiniciar.
- Contador de intentos y de pares encontrados visibles.
- Mensaje de cierre calibrado: excelente con N+2 intentos
  o menos, bueno hasta 2N intentos, conviene repasar más allá.
- Botón de reinicio que reordena las cartas sin recargar
  la página.

Técnicas:
- HTML, CSS y JS en un solo archivo, menor a 200 KB.
- KaTeX desde CDN. RENDERIZAR KaTeX explícitamente después
  de construir el tablero, no confiar en el render automático
  del onload, porque las cartas son DOM inyectado dinámicamente.
- Mezcla con algoritmo Fisher-Yates correcto, no con
  `sort(() => Math.random() - 0.5)`.
- Bloquear el click sobre cartas ya volteadas o ya emparejadas.
- Responsive: tablero en cuadrícula que se adapta al ancho
  del dispositivo.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Lista verificada de pares que aparecerán en el juego:
[par 1: A1  B1; par 2: A2  B2; ...].
Cada par debe ser inequívoco: ninguna carta de un par puede
emparejarse correctamente con la de otro par.

[REVISIÓN]
```

```
Antes de entregar:
1. Cada pareja es matemáticamente correcta y verificada.
2. Ningún par es ambiguo (no hay dos cartas que coincidan
   con la misma).
3. KaTeX se invoca DESPUÉS de inyectar las cartas en el DOM.
4. La mezcla es estadísticamente uniforme.
5. Ningún emoji ni texto en inglés.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico (por qué estos pares y no otros).
2. Código HTML completo.
3. Sugerencia de consigna oral para introducir el juego
   al grupo.
```

### 3. Ruleta de retos o tipo concurso

```
prompt · ruleta de retos
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y programador educativo
para secundaria en Costa Rica, con experiencia en
gamificación didáctica.

[RESULTADO]
Un único archivo HTML autocontenido con una ruleta giratoria
SVG que el estudiantado o el docente activa para seleccionar
un reto al azar de una lista de [N]
retos sobre [tema].

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Objetivo: práctica acumulativa al cierre de la unidad
sobre [tema].
Uso previsto: sesión grupal de 25 minutos donde el docente
proyecta y el grupo trabaja por turnos.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- [N] retos (recomendado: 8 a 12).
- Cada reto debe ser resoluble en menos de 3 minutos.
- Tras girar y detenerse: mostrar el reto seleccionado en
  letra grande y un campo de respuesta abajo.
- Verificación inmediata con retroalimentación específica.
- Botón para volver a girar tras resolver, sin perder el
  registro de los retos ya enfrentados (marcar los hechos).

Técnicas:
- SVG con animación de giro de duración 2 a 3 segundos,
  desaceleración natural (función de easing).
- El ángulo final no debe ser predecible (Math.random más
  vueltas completas aleatorias).
- KaTeX para la notación de los retos.
- Botón "Girar" prominente, accesible desde teclado y celular.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
```

```
[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Lista verificada de retos con sus soluciones:
[reto 1 → solución 1; reto 2 → solución 2;
... cada solución calculada y verificada a mano].
Tipo de retos sugerido: una mezcla equilibrada entre cálculo
directo, planteo de ecuación y problema verbal.

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. La animación de giro es fluida en celular (no se traba).
2. Cada reto es resoluble dentro del tiempo previsto.
3. Las soluciones están verificadas, no inventadas.
4. La selección aleatoria es realmente aleatoria.
5. Sin emojis ni inglés.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico (criterio de selección de retos).
2. Código HTML completo.
3. Sugerencia de gestión del aula durante el uso de la ruleta.
```

## 4. Explorador SVG con uno o dos deslizadores

```
prompt · explorador SVG
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y programador educativo,
con dominio de la teoría de registros semióticos de Duval
y de visualización matemática con SVG.

[RESULTADO]
Un único archivo HTML autocontenido con
[N] deslizadores
([1 o 2] habitualmente) y un
gráfico SVG que se actualiza en tiempo real para explorar
el efecto de [parámetro(s)] sobre
[objeto matemático].

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Objetivo: comprender, manipulando, el efecto de
[parámetro] sobre
[representación gráfica], y
articular tres registros: algebraico (ecuación),
gráfico (curva sobre cuadrícula) y verbal (interpretación).

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Ecuación visible con los valores actuales sustituidos
  correctamente (KaTeX), incluyendo el manejo de signos
  negativos (no escribir "x + -3" sino "x - 3").
- Articulación de al menos tres registros: gráfico, algebraico,
```

```
  verbal (interpretación en lenguaje natural).
- 4 a 6 preajustes pedagógicos accesibles con un clic
  (canónica, valores positivos, valores negativos, caso
  límite, traslación combinada).
- Tabla con valores numéricos de la función para 5 valores
  significativos de x.

Técnicas:
- SVG con cuadrícula visible, ejes etiquetados y marcas
  numéricas.
- ATENCIÓN AL EJE Y INVERTIDO: en SVG y crece hacia abajo,
  en matemática crece hacia arriba. Convertir con:
  y_pixel = CY - y_matematico * ESCALA.
- parseFloat() en cada lectura del deslizador (los slidder
  devuelven cadena).
- Re-invocar KaTeX después de cada actualización de texto
  matemático.
- Interpretación verbal con tres casos: creciente, decreciente,
  horizontal (no solo dos).
- Responsive: tablero y deslizadores en columna única en celular.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Rango sugerido de cada deslizador:
[m: -3 a 3, paso 0.1; b: -5 a 5, paso 0.5;
o lo que corresponda].
Preajustes verificados con sus valores:
[preajuste 1: m=1, b=0; preajuste 2:
m=2, b=-3; ...].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. El gráfico se actualiza en tiempo real al mover deslizadores
   (sin lag perceptible).
2. El eje Y está correctamente invertido (pendiente positiva
   sube en pantalla).
3. La ecuación maneja signos negativos correctamente.
4. La interpretación verbal contempla el caso límite (m=0).
5. Es legible al proyectar desde el fondo del aula.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico (qué descubrirá el estudiantado).
2. Código HTML completo.
3. Tres consignas que el docente pueda usar durante la
   exploración.
```

## 5. Artefacto en Claude (componente React)

```
prompt · artefacto Claude
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y desarrollador React,
con experiencia en componentes interactivos para
educación matemática en secundaria, en Costa Rica.

[RESULTADO]
Un artefacto en Claude: componente React funcional con
Hooks (useState) que implemente
[descripción del componente]
y se renderice directamente en el panel de artefactos.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Objetivo: [propósito pedagógico
específico].
Uso previsto: proyección en aula durante una sesión presencial
con posible iteración en vivo del diseño según observación
del docente.

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Articulación de al menos dos registros de representación.
- Estados visibles que ayuden al estudiantado a entender
  qué cambió (no animaciones decorativas).
- Comportamiento predecible: cada interacción produce una
  respuesta inmediata y comprensible.

Técnicas:
- React solo con useState (sin librerías externas que el
  panel de artefactos no soporte).
- Sin dependencias externas. Si se necesita matemática:
  KaTeX desde el CDN oficial o, si la expresión es muy
  simple, caracteres Unicode (x², √, π, ≤).
- Integración correcta de KaTeX en React: usar
  `dangerouslySetInnerHTML` con el resultado de
  `katex.renderToString()`, o un componente envoltorio.
- Responsive al ancho del panel de artefactos
  (aproximadamente 600-900 px).
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
- Eliminar todo estado no usado en el renderizado (la IA
  suele crear estado "por si acaso").

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Casos verificados que el componente debe manejar
correctamente:
[lista de al menos 3 casos con sus
valores y resultados esperados].
Si hay preajustes: detallarlos uno por uno con sus valores.

[REVISIÓN]
```

```
Antes de entregar:
1. El componente compila sin errores en el panel de artefactos.
2. Todos los controles funcionan (ningún botón inerte).
3. La matemática está verificada en al menos 3 casos.
4. KaTeX se renderiza, no se ve código LaTeX.
5. Ningún estado declarado sin uso.

Entrega final:
1. Resumen pedagógico.
2. Código React del artefacto.
3. Indicación de cómo trasladarlo a HTML autocontenido si
   el repositorio TEC lo requiere.
```

## 6. Construcción en GeoGebra Clásico 6

```
prompt · GeoGebra Clásico 6
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico de matemática para
secundaria en Costa Rica, con dominio de GeoGebra Clásico 6
(versión de escritorio, interfaz en español).

[RESULTADO]
Una lista numerada de comandos para la barra de entrada de
GeoGebra Clásico 6 que construyan
[figura o actividad], junto con
los pasos de configuración que no se hacen por comando
(propiedades, visibilidad condicional, colores).

Formato: cada comando en una línea, con un comentario
breve aparte (no como comentario inline tipo Python).

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Objetivo: [propósito].
Familiaridad previa con GeoGebra:
[ninguna / básica / intermedia].

[RESTRICCIONES]
Pedagógicas:
- Construcción dinámica: los elementos se actualizan al
  mover deslizadores o puntos libres.
- Si hay deslizadores: rango razonable con paso
  pedagógicamente útil (no 0.001 cuando 0.1 basta).
- Casillas para mostrar u ocultar elementos de la
  construcción según etapa de la actividad.
- Textos dinámicos con valores actualizados (área, ángulo,
  longitud, etc.).

Técnicas:
- Sintaxis EXACTA de Clásico 6 en español (no inglés). Los
  comandos típicos son: Deslizador, Polígono, Segmento,
  Punto, Recta, Distancia, Ángulo, Área, Cuadrado,
  Texto, Casilla, Vector, Mediatriz, Bisectriz.
```

```
- Nombres de objetos en español con mayúscula inicial
  para objetos compuestos (Triángulo, CuadradoCatetoA)
  y minúscula para escalares (a, b, c).
- Visibilidad condicional: NO con SetCondition (de la
  versión web); SÍ con clic derecho → Propiedades →
  Avanzado → Condición para mostrar el objeto.
- Sin emojis. Sin texto en inglés en ningún rótulo.

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Boceto verbal de la construcción esperada:
[descripción detallada de qué debe
verse en pantalla: posición de elementos, colores, qué
se mueve y qué queda fijo].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Cada comando es válido en Clásico 6 en español.
2. Ningún comando inventado o de versión equivocada.
3. Las relaciones geométricas se preservan al manipular.
4. Cada comando lleva un comentario claro aparte.
5. Las casillas y los textos dinámicos están descritos
   completamente.

Entrega final:
1. Lista numerada de comandos con sus comentarios.
2. Instrucciones para configurar visibilidad condicional
   y colores desde el menú contextual.
3. Indicación de cómo guardar el archivo .ggb y
   exportar a HTML si se requiere distribución web.
```

## 7. Ficha LaTeX para Overleaf

```
prompt · LaTeX/Overleaf
[ROL]
Actúa como editor de matemática en LaTeX para secundaria
en Costa Rica, con experiencia en producción de fichas,
guías y exámenes para el MEP, compilables en Overleaf
con pdfLaTeX.

[RESULTADO]
Código LaTeX COMPLETO de un documento
[ficha de práctica / examen sumativo /
guía de estudio] sobre
[tema], listo para pegar en
Overleaf y compilar sin errores.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Propósito específico:
[trabajo en clase / tarea para casa /
evaluación sumativa].
```

```
Tiempo previsto de resolución:
[minutos].

[RESTRICCIONES]
Estructura:
- Encabezado MEP: institución, asignatura, nivel, profesor,
  estudiante, fecha, valor en puntos, tema, instrucciones
  generales (los nueve elementos completos).
- Si es examen: bloque de items numerados con espacio
  generoso para resolución a mano.
- Si es guía: secuencia de ejemplo, ejercicio modelo y
  problemas escalonados.
- Pie de página con número de página.

Preámbulo (paquetes que SÍ existen):
- \documentclass[11pt,a4paper]{article}
- inputenc utf8, fontenc T1, babel spanish
- amsmath, amssymb, amsthm
- geometry con márgenes 2 cm
- enumitem para personalización de listas
- tikz y pgfplots para gráficos (si los hay)
- fancyhdr para encabezado y pie de página
- xcolor para destacados

Técnicas:
- Compilación con pdfLaTeX (no XeLaTeX ni LuaLaTeX, por
  compatibilidad).
- Ningún paquete inventado. Si no está seguro de un paquete,
  no lo use.
- Gráficos en pgfplots o tikz, NO en imágenes externas
  (rompen la portabilidad).
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
- Las cuentas matemáticas deben usar el entorno align o
  equation para alineación correcta.

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Ejemplos con cuentas verificadas a mano:
[al menos un ejemplo modelo resuelto
paso a paso, con todos los cálculos verificados].
Datos contextuales costarricenses si aplica:
[verificados por el docente].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. El código compila sin errores en Overleaf con pdfLaTeX.
2. Ningún paquete inventado o sin necesidad.
3. Los gráficos pgfplots aparecen correctamente.
4. La matemática es correcta y verificada.
5. Sin emojis ni inglés.

Entrega final:
1. Código LaTeX completo (preámbulo + cuerpo).
2. Indicación de qué cambiar para versiones futuras
```

```
   (encabezado, fecha, valor).
3. Confirmación de paquetes usados (todos estándar de
   Overleaf).
```

## 8. Plan de clase MEP de 80 minutos

```
prompt · plan de clase MEP
[ROL]
Actúa como asesor pedagógico de matemática del Ministerio
de Educación Pública de Costa Rica, con dominio del enfoque
de resolución de problemas (Ruiz) y del Programa de Estudios
vigente.

[RESULTADO]
Un plan de clase de 80 minutos siguiendo las cuatro etapas
del enfoque MEP: propuesta del problema, trabajo
estudiantil independiente, discusión interactiva y
comunicativa, clausura y cierre.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Grupo de [N] estudiantes,
con [descripción específica:
adecuaciones, contexto, conocimientos previos].
Aula con [equipamiento disponible:
proyector, celular del docente, laboratorio, pizarra].

[RESTRICCIONES]
Estructurales:
- Encabezado MEP completo con los 9 elementos: institución,
  asignatura, nivel, año, fecha, duración, habilidad/
  indicador citado literalmente, conocimientos previos,
  aprendizajes esperados.
- Aprendizajes esperados redactados como acciones
  observables del estudiantado (no del docente).
- Tiempos asignados a cada etapa: típicamente 10-30-25-15
  pero ajustables según la actividad.
- Evaluación formativa con evidencias concretas (no "se
  observa participación", sino "el estudiantado escribe
  su procedimiento y entrega").
- Adecuaciones curriculares específicas para el grupo
  (no genéricas).

Contenidos:
- Problema disparador NO rutinario: debe requerir construir
  un procedimiento, no aplicar uno conocido.
- Trabajo independiente: instrucciones precisas, tiempo,
  qué entrega el estudiantado.
- Discusión: secuencia de intervenciones previsibles del
  grupo y cómo el docente las orquesta.
- Clausura: institucionalización del conocimiento, con
  notación correcta.
```

```
Técnicas:
- Formato: estructura clara con tablas o listas, no prosa
  continua.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
- Habilidad MEP citada con su número exacto del programa.

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente, con su número y unidad:
[texto exacto del Programa].
Problema disparador verificado:
[enunciado completo, con su respuesta
calculada a mano y verificada].
Recurso digital del libro al que el plan se enlaza, si
aplica: [capítulo y tipo de recurso].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Los tiempos suman exactamente 80 minutos.
2. La habilidad MEP citada existe en el Programa vigente.
3. Las adecuaciones son específicas, no genéricas.
4. El problema disparador es no rutinario y verificado.
5. La evaluación formativa tiene evidencias concretas.

Entrega final:
1. Plan completo en tablas y listas.
2. Materiales necesarios (impresos, digitales,
   manipulables).
3. Plan B en caso de fallo técnico o de tiempo.
```

## 9. Banco de 10 ítems de selección única con distractores

```
prompt · banco de ítems
[ROL]
Actúa como evaluador disciplinar de matemática del MEP,
con experiencia en redacción de ítems de selección única
con distractores justificados a partir de errores típicos
del estudiantado costarricense.

[RESULTADO]
Un banco de 10 ítems de selección única (4 opciones cada
uno) sobre [tema y nivel], con
la justificación pedagógica de cada distractor: qué error
típico representa.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Propósito del banco: [diagnóstico
inicial / evaluación formativa intermedia / preparación
para prueba sumativa].

[RESTRICCIONES]
Estructurales:
- Distribución por nivel cognitivo: 3 básicos, 4 intermedios,
```

```
  3 avanzados.
- Cada ítem con enunciado claro, 4 opciones (A, B, C, D),
  una sola correcta.
- Distribución equilibrada de letras correctas: ninguna
  letra debe aparecer más de tres veces como correcta.
- Distractores GENUINOS: cada uno representa un error típico
  identificable (cálculo mal hecho, propiedad mal aplicada,
  confusión conceptual, lectura literal del enunciado).
- Ningún distractor absurdo (que se descarta sin pensar).

Pedagógicos:
- Los ítems básicos evalúan reconocimiento y aplicación
  directa.
- Los ítems intermedios requieren un paso intermedio.
- Los ítems avanzados requieren articular dos conceptos
  o aplicar conocimiento en contexto nuevo.
- Si el banco se usa para diagnóstico, los distractores
  deben permitir al docente identificar qué error específico
  cometió cada estudiante.

Técnicas:
- Notación matemática consistente (KaTeX si va a web,
  o notación clara si va a impreso).
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
- Ningún ítem con doble respuesta correcta o con respuesta
  ambigua.

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Errores típicos del estudiantado costarricense a usar como
distractores:
[lista de al menos 5 errores
documentados: confusión de signos, mala aplicación de
propiedad distributiva, omisión de paréntesis, lectura
incorrecta de gráfico, etc.].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Cada opción correcta verificada a mano.
2. Ningún ítem con doble respuesta correcta.
3. Cada distractor está justificado por un error típico
   reconocible.
4. Distribución equilibrada de letras correctas.
5. Niveles cognitivos respetados (3-4-3).

Entrega final:
1. Banco de 10 ítems con su clave de respuestas.
2. Justificación de cada distractor (qué error representa).
3. Sugerencia de uso pedagógico del banco según propósito.
```

## 10. Rúbrica analítica de cuatro niveles

```
prompt · rúbrica analítica
[ROL]
Actúa como evaluador disciplinar de matemática del MEP
y diseñador de rúbricas analíticas con experiencia en
secundaria de Costa Rica.

[RESULTADO]
Una rúbrica analítica de 4 niveles (inicial, en proceso,
logrado, destacado) en formato de tabla 4 criterios × 4
niveles, para evaluar
[tipo de producción: problema de
aplicación, proyecto integrador, exposición oral, etc.].

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Propósito: [evaluación sumativa / portafolio /
trabajo de proceso].
Valor total en puntos: [__].

[RESTRICCIONES]
Estructurales:
- Cuatro criterios de evaluación, cada uno alineado con
  un aspecto distinto del aprendizaje matemático:
  comprensión del problema, procedimiento, comunicación
  matemática, reflexión metacognitiva.
- Cuatro niveles de logro: inicial, en proceso, logrado,
  destacado. Cada nivel con su puntaje asignado.
- Descriptores OBSERVABLES, no subjetivos: "presenta el
  procedimiento sin saltos lógicos" (sí) vs "muestra
  comprensión" (no).
- Diferenciación efectiva entre niveles: no paráfrasis
  ("usa todo correctamente" → "usa casi todo correctamente"),
  sino diferencia cualitativa real.

Pedagógicos:
- La rúbrica debe permitir que dos evaluadores externos
  lleguen al mismo nivel para la misma evidencia (calibración
  interevaluador).
- Si se aplica al mismo trabajo dos veces con una semana
  de diferencia, el resultado debe ser el mismo (calibración
  intraevaluador).
- El nivel "destacado" no es "inalcanzable"; es claro
  pero exigente.

Técnicas:
- Formato: tabla. Si se entrega en LaTeX, usar tabularx
  o longtable. Si en HTML, table con padding y borde.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
- Cada celda con descriptores en frases cortas y verbos
  observables.

[RECURSOS]
Habilidad MEP que se evalúa, citada literalmente:
```

```
[indicador exacto].
Producto del estudiantado al que se aplica la rúbrica:
[descripción detallada: qué se le pide
producir, en qué formato, con qué consigna].
Puntaje configurable por criterio:
[opcional: pesos por criterio].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Cada descriptor es observable (no subjetivo).
2. Los niveles se distinguen cualitativamente, no por
   adjetivos graduados.
3. Dos evaluadores llegarían a la misma calificación.
4. El nivel destacado es alcanzable pero exigente.
5. La rúbrica está alineada con la habilidad MEP citada.

Entrega final:
1. Rúbrica completa en tabla.
2. Indicación de cómo aplicarla en clase (paso a paso).
3. Ejemplo breve de aplicación a una producción tipo.
```

## 11. Infografía didáctica (texto estructurado)

```
prompt · infografía Canva/Genially
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico y redactor de materiales
educativos del MEP, con experiencia en infografías para
matemática de secundaria que se montan en Canva, Genially
o PowerPoint.

[RESULTADO]
Un texto estructurado en cinco bloques, listo para vaciar
en una plantilla visual de Canva, Genially o PowerPoint,
sobre [concepto o tema].

NO produzca código de diseño. Produzca solo el contenido
textual organizado por bloques, con titulares, cuerpos y
ejemplos verificados.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Uso previsto: [síntesis de fin de
unidad / consulta autónoma / acompañamiento de clase].

[RESTRICCIONES]
Estructurales:
- Bloque 1: Titular general (8-12 palabras).
- Bloque 2: Idea principal (2-3 líneas).
- Bloque 3: Tres subconceptos con su titular y 2 líneas
  cada uno.
- Bloque 4: Un ejemplo numérico verificado, paso a paso.
- Bloque 5: Pregunta de reflexión final para el grupo.
```

```
Pedagógicos:
- Cada bloque debe poder leerse independientemente.
- Lenguaje claro y accesible, sin tecnicismos innecesarios.
- Ejemplos cercanos a la realidad costarricense si aplica.
- Los datos numéricos están verificados; ninguna cifra
  inventada.

Técnicas:
- Sin emojis (la plantilla visual los añadirá si conviene).
- Sin texto en inglés.
- Si se citan fuentes externas, marcar como
  [verificar fuente] para que el docente las confirme antes
  de publicar. NUNCA inventar referencias.

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Datos verificados que pueden usarse en los ejemplos:
[el docente aporta los datos numéricos
contextuales verificados].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Cada cálculo del ejemplo está correcto.
2. Ninguna cifra externa inventada (todas marcadas como
   verificadas o pendientes).
3. El texto está listo para vaciar en plantilla sin necesidad
   de reescritura.
4. Sin emojis ni inglés.
5. La pregunta de reflexión final invita al grupo, no es
   retórica.

Entrega final:
1. Texto estructurado en los cinco bloques con titulares.
2. Sugerencia de plantilla visual de Canva o Genially que
   se adapta bien a este contenido.
3. Indicaciones de qué imagen ilustrativa convendría
   añadir.
```

## 12. Cuaderno dinámico de unidad

```
prompt · cuaderno dinámico
[ROL]
Actúa como diseñador pedagógico del MEP con experiencia
en diseño de cuadernos dinámicos para unidades de
matemática en secundaria.

[RESULTADO]
Una estructura de cuaderno dinámico para una unidad de
[N] sesiones sobre
[tema], con una página por sesión,
en formato bitácora.
```

```
El resultado puede entregarse como código HTML (cuaderno
web), como esquema para vaciar en Genially, o como
estructura para imprimir.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Tema de la unidad: [tema].
Duración total de la unidad:
[__] sesiones.

[RESTRICCIONES]
Estructura de cada página (estandarizada para todas):
- Fecha y número de sesión.
- Título de la sesión.
- Aprendizajes esperados de la sesión (1 a 3 acciones
  observables).
- Desarrollo: relato breve de lo trabajado, con los conceptos
  clave en destacado.
- Espacio para que el estudiantado anote: lo que entendió,
  lo que aún no, su pregunta del día.
- Cierre: un mini-ejercicio o pregunta de aplicación.

Pedagógicos:
- Coherencia entre páginas: cada sesión se apoya en la
  anterior, ninguna queda aislada.
- Lenguaje cálido sin condescendencia: el estudiantado
  es interlocutor adulto.
- Gradación progresiva: las primeras sesiones más
  guiadas, las últimas con mayor autonomía.
- Cada página debe ser autoexplicable si un estudiante
  faltó a una sesión.

Técnicas:
- Sin emojis. Sin texto en inglés.
- Si se entrega como HTML: KaTeX para matemática, diseño
  responsive, paginación de navegación.
- Si se entrega como Genially: estructura de páginas
  numeradas con elementos consistentes en cada una.

[RECURSOS]
Habilidad MEP de la unidad, citada literalmente:
[indicador exacto].
Secuencia prevista de las sesiones:
[lista numerada con tema central de
cada sesión].
Tipo de evaluación de la unidad:
[evaluación formativa continua,
proyecto final, examen, etc.].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Cada página sigue la estructura estandarizada.
2. La coherencia entre páginas es clara (referencias
   cruzadas explícitas).
3. La gradación pedagógica es progresiva.
```

```
4. Ningún elemento fuera del Programa MEP.
5. Sin emojis ni inglés.

Entrega final:
1. Estructura completa del cuaderno con todas las páginas.
2. Indicación del formato sugerido (HTML, Genially,
   impreso) según contexto del docente.
3. Plan de uso del cuaderno durante la unidad (cuándo lo
   abren, cuándo escriben, cuándo lo revisa el docente).
```

## 13. Imagen didáctica generada (descripción para Canva o IA gráfica)

```
prompt · imagen didáctica
[ROL]
Actúa como director de arte para material educativo MEP,
con experiencia en ilustración didáctica para matemática
de secundaria en Costa Rica.

[RESULTADO]
Una descripción detallada en español, lista para usar:
(a) como guía para diseñar la imagen en Canva, o
(b) como prompt de imagen para un modelo generativo
(Midjourney, DALL·E, Imagen, etc.).

La descripción debe ser textual y específica; no debe
incluir el HTML ni el código de Canva. Solo la descripción
de la imagen que se quiere obtener.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Uso previsto: [portada de ficha,
encabezado de presentación, ilustración de concepto en
infografía, etc.].

[RESTRICCIONES]
De contenido:
- Sin texto incrustado en la imagen (los modelos de
  imagen producen texto mal, y el texto se añade aparte
  con tipografía limpia).
- Estilo ilustración didáctica, no fotorrealismo (la
  ilustración tolera mejor la simplificación matemática
  necesaria).
- Paleta institucional o cálida que armonice con el
  material del libro (ocres, terracotas, oliva, crema).
- Sin estereotipos de género, etnia, edad, capacidad
  física, religión.
- Si aparecen personas: representación inclusiva
  costarricense.

Pedagógicas:
- La imagen debe ilustrar el concepto matemáticamente
  correcto. Si el concepto es geométrico, las proporciones
  deben ser razonables.
```

```
- La imagen no debe ocupar el lugar de una representación
  matemática rigurosa; es ilustrativa, no sustitutiva.

Técnicas:
- Descripción en una o dos oraciones largas y precisas,
  no en lista enumerada (los modelos de imagen funcionan
  mejor con prosa).
- Incluir: sujeto, acción, ambiente, estilo, paleta,
  encuadre.
- Sin emojis. Sin inglés.

[RECURSOS]
Concepto a ilustrar:
[descripción matemática del concepto y
qué aspecto debe enfatizarse visualmente].
Elementos visuales que debe contener:
[lista: figura geométrica concreta,
objeto cotidiano que sirve de metáfora, sujeto humano si
aplica, etc.].
Estilo de referencia, si aplica:
[opcional: nombre de un estilo
reconocible, sin citar artistas vivos].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. La descripción produce una imagen matemáticamente
   correcta.
2. No contiene texto incrustado.
3. No invoca estereotipos ni excluye perfiles del
   estudiantado costarricense.
4. La paleta armoniza con el material existente.
5. Sin emojis ni inglés.

Entrega final:
1. Descripción completa de la imagen (texto plano).
2. Versión adaptada como prompt de imagen IA (más
   directiva, con palabras clave de estilo).
3. Sugerencia de tipografía y encuadre para el texto
   que acompañará la imagen.
```

## 14. Audio explicativo para NotebookLM o similar

```
prompt · audio explicativo
[ROL]
Actúa como guionista de audio educativo en matemática para
secundaria en Costa Rica, con experiencia en formato podcast
de dos voces para repaso autónomo.

[RESULTADO]
Un guion de audio explicativo de cinco minutos sobre
[concepto matemático], en formato
diálogo de dos voces (una voz docente, una voz estudiante
que pregunta).
```

```
El guion debe estar listo para ingresar en NotebookLM,
en ElevenLabs con dos personajes, o para que el docente
mismo lo grabe con un colega.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Uso previsto: repaso autónomo desde celular, fuera del
aula, antes de evaluación o para reforzar un tema que
quedó débil.
Familiaridad previa con el tema:
[ninguna / parcial / consolidación].

[RESTRICCIONES]
De forma:
- Duración aproximada: 5 minutos al ritmo de lectura
  natural (aproximadamente 700-850 palabras).
- Diálogo de dos voces: VOZ 1 (rol docente) y VOZ 2 (rol
  estudiantil curiosa, no torpe).
- VOZ 2 plantea preguntas que el estudiantado real podría
  hacerse.
- VOZ 1 responde con explicaciones claras, ejemplos breves
  y devuelve a veces la pregunta para que VOZ 2 conjeture.
- Cierre con resumen breve y sugerencia de próximo paso.

De contenido:
- Lenguaje cotidiano de Costa Rica (no neutro internacional).
- Sin tecnicismos innecesarios: los términos clave se
  introducen, se definen y se repiten al menos dos veces
  para fijación auditiva.
- Cada cifra o cuenta narrada está verificada.
- Si se enuncia una fórmula: lectura natural (no decir
  "equis al cuadrado más dos equis menos tres" sin contexto;
  sí "tomemos por ejemplo la fórmula x cuadrada más dos x
  menos tres, que representa una parábola").

Técnicas:
- Sin emojis: es audio, no se ven.
- Sin texto en inglés (las TTS pronuncian mal).
- Indicar marcas de pausa con [pausa] si hace falta para
  el procesamiento del oyente.
- Indicar entonación con cursivas si el guion lo requiere.

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Ejemplos a referenciar verbalmente:
[lista de 2-3 ejemplos verificados,
con sus números completamente narrables].
Conexión con un tema futuro o anterior, si aplica:
[opcional].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. El guion dura aproximadamente 5 minutos leído natural.
```

```
2. Cada concepto clave aparece definido al menos una vez.
3. Cada cuenta narrada está verificada.
4. La voz estudiantil no es ridícula; pregunta con
   inteligencia.
5. Sin cuentas erróneas narradas (cuestan tiempo del
   estudiantado).

Entrega final:
1. Guion completo con marcas de VOZ 1 y VOZ 2.
2. Sugerencia de plataforma (NotebookLM, ElevenLabs, o
   grabación humana).
3. Indicaciones de qué archivo de imagen o video podría
   acompañar el audio si se publica en plataforma.
```

## 15. Presentación para PowerPoint o Gamma

```
prompt · presentación 10-15 láminas
[ROL]
Actúa como diseñador de presentaciones académicas de
matemática del MEP, con experiencia en exposición frontal
de secundaria seguida de trabajo guiado del estudiantado.

[RESULTADO]
La estructura completa de una presentación de 10 a 15
láminas sobre [tema], lista para
producir en PowerPoint, Gamma, Google Slides o similar.

Para cada lámina entregue: número, título, contenido
(máximo 50 palabras), y nota del expositor (lo que el
docente dirá pero no se escribe en la lámina).

NO produzca código ni HTML. Produzca solo la estructura
textual de las láminas.

[RECEPTOR]
Estudiantes de [nivel] año.
Uso previsto: explicación frontal de
[__] minutos, seguida de trabajo
guiado del estudiantado de
[__] minutos.

[RESTRICCIONES]
Estructura sugerida (puede ajustarse):
- Lámina 1: portada con título, autor, fecha, nivel.
- Lámina 2: pregunta-disparador o problema motivador.
- Lámina 3: aprendizajes esperados de la sesión.
- Láminas 4-7: desarrollo conceptual, una idea por lámina.
- Láminas 8-10: ejemplo modelo resuelto paso a paso.
- Lámina 11: práctica guiada que el estudiantado empieza.
- Lámina 12: cierre con síntesis y conexión con próxima
  sesión.
- Láminas opcionales (13-15): adecuaciones, recursos
  complementarios, referencias.
```

```
De forma:
- Máximo 50 palabras por lámina (el docente narra el resto).
- Una idea por lámina; si una idea no cabe, divida.
- Matemática con notación clara. KaTeX o tipografía
  matemática nativa de la herramienta.
- Sin emojis. Sin texto en inglés.

Pedagógicas:
- La presentación es soporte de la mediación, no
  reemplaza la explicación oral.
- El cierre conecta con la próxima sesión o con el
  trabajo independiente.
- Las láminas son legibles al proyectarse desde el
  fondo del aula (fuente mínima 28 pt).

[RECURSOS]
Habilidad MEP citada literalmente:
[indicador exacto].
Subtemas a cubrir en orden:
[lista de los conceptos centrales en
secuencia pedagógica].
Ejemplo modelo a desarrollar paso a paso:
[enunciado y resolución completa,
verificada].

[REVISIÓN]
Antes de entregar:
1. Las láminas son legibles al proyectar desde el fondo
   del aula.
2. Ninguna lámina supera las 50 palabras.
3. Una idea por lámina.
4. Ningún error matemático en el ejemplo modelo.
5. Coherencia pedagógica de la secuencia (una lámina
   prepara la siguiente).

Entrega final:
1. Estructura de las láminas con número, título, contenido
   y nota del expositor.
2. Sugerencia de herramienta (PowerPoint, Gamma, Slides)
   según necesidades del docente.
3. Indicación de qué partes son fijas y cuáles el docente
   adaptará.
```

## 21.2 Lista de cotejo de bolsillo

**Una página · para imprimir y llevar al aula**

**Antes de proyectar cualquier recurso producido con IA**

**Disciplina.** [_] Cuentas verificadas a mano. [_] Notación consistente. [_] Habilidad MEP citada existe. [_] Sin datos externos inventados.

**Pedagogía.** [_] Lenguaje accesible al grupo. [_] Dificultad apropiada al momento del curso. [_] Adecuaciones contempladas. [_] Consigna oral preparada.
**Técnica.** [_] Abre en el dispositivo de proyección. [_] Se ve bien en celular. [_] Matemática renderiza correctamente. [_] Sin emojis ni textos en inglés.
**Profesional.** [_] Tengo plan B si falla la tecnología. [_] El archivo está versionado con su prompt. [_] He decidido conscientemente que este recurso sirve a este grupo.

## 21.3 Costo y sostenibilidad institucional del uso de IA

Una cuestión que aparece tarde o temprano cuando un docente o un departamento adopta la IA generativa como herramienta de trabajo es la económica. Los modelos profesionales tienen un costo: ya sea por suscripción mensual individual (un docente paga $20o25$ al mes por acceso a la versión de pago de algún modelo), por consumo de API según uso (un colegio paga por créditos consumidos), o por convenios institucionales. La planificación institucional de este costo es una decisión profesional que conviene explicitar, no dejarla a la improvisación.

Tres modelos posibles, con sus ventajas y desventajas, para la realidad costarricense de 2026 y 2027:

- **Pago individual por docente.** Cada profesor decide si suscribirse a un modelo y lo paga de su salario o de su bolsillo profesional. Ventaja: simplicidad administrativa, cada quien usa lo que prefiere. Desventaja: heterogeneidad entre docentes del mismo departamento (unos con acceso a modelos avanzados, otros sin acceso a ninguno), y la carga económica recae sobre el docente como gasto personal. Es el modelo que predomina actualmente y el menos sostenible a mediano plazo.
- **Convenio institucional del MEP, el TEC u otra institución pública** con uno o varios proveedores de IA. Ventaja: acceso uniforme para toda la planta docente, costo por usuario reducido por volumen, posibilidad de negociar condiciones de privacidad de datos compatibles con la Ley 8968. Desventaja: la negociación es lenta, dependiente de presupuestos institucionales, y compromete a la institución con un proveedor específico que podría cambiar de política. Es el modelo que conviene impulsar institucionalmente, aunque aún no exista en Costa Rica al momento de esta publicación.
- **Modelos open-source desplegados localmente** (Llama, Mistral, Qwen, Gemma) en servidores del propio colegio o del propio docente. Ventaja: sin costo recurrente por uso, plena soberanía sobre los datos, sin dependencia de un proveedor externo. Desventaja: requiere infraestructura técnica que pocos colegios tienen, los modelos open-source en 2026 todavía rinden por debajo de los modelos comerciales en tareas de matemática especializada, y el costo de adquirir y mantener la infraestructura no es trivial. Es el modelo del futuro a mediano plazo, aún no del presente para uso pedagógico cotidiano.

Lo que sí es razonable hoy es que un departamento de matemática conversación explícita sobre estos costos antes de adoptar la IA generativa como herramienta cotidiana. Plantearse las preguntas correctas evita inequidades, costos ocultos y dependencias problemáticas: ¿quién paga el acceso? ¿con qué proveedor se trabaja? ¿qué se hace si el proveedor sube su precio

o cambia sus condiciones? ¿qué pasa con los datos del estudiantado que se ingresan en los prompts? La Ley 8968 de protección de datos personales aplica con plena vigencia al uso de IA: cualquier mención de un nombre, una nota o una situación identificable de un estudiantado, ingresada en un servicio externo, es procesamiento de datos personales y requiere las salvaguardas correspondientes.

**Decisión institucional**

**Cuatro preguntas para abrir la conversación en un departamento**

1. ¿Qué modelos de IA generativa estamos usando actualmente cada uno, y con qué frecuencia? Un mapeo honesto es el punto de partida.
2. ¿Cómo se cubre el costo? ¿Lo paga cada docente de su bolsillo, o ya existe alguna gestión institucional que lo asuma?
3. ¿Qué política tiene nuestro colegio respecto a ingresar datos del estudiantado en servicios externos? ¿Está alineada con la Ley 8968?
4. ¿Qué plan de respaldo tenemos si el proveedor que usamos sube su precio, cambia su política, o desaparece?

Estas preguntas se discuten una vez al año, idealmente al inicio del curso lectivo, y se documentan en una nota breve del departamento. Sin ese diálogo explícito, el departamento queda expuesto a vulnerabilidades evitables.

## 21.4 Sobre la obsolescencia de este libro

Este libro se publica en 2026. Sus lectores podrían encontrarlo en 2027, en 2028, posiblemente más tarde. La IA generativa está cambiando rápido: nuevos modelos aparecen cada pocos meses, capacidades nuevas se vuelven disponibles, productos enteros se descontinúan. Conviene declarar explícitamente qué partes de este libro son **invariantes** y qué partes **envejecen**, para que el lector pueda usarlo críticamente con el paso del tiempo.

**Lo que se mantiene invariante en el tiempo.** Los marcos pedagógicos fundamentales: el modelo de las Seis R para estructurar un prompt, los cinco criterios pedagógicos para diseñar recursos digitales, los cuatro roles del docente como orquestador, las teorías de Duval y Rabardel sobre registros e instrumentos, el enfoque MEP de resolución de problemas siguiendo a Ruiz. Estos marcos descansan sobre décadas de investigación didáctica y no dependen de qué modelo de IA esté disponible. Lo mismo ocurre con la práctica de la curaduría como ejercicio profesional: revisar disciplinarmente, pedagógicamente y técnicamente; archivar prompts y salidas; mantener trazabilidad. Esa práctica seguirá siendo válida con cualquier modelo de IA que exista en cinco o diez años.

**Lo que probablemente envejece.** Los nombres específicos de los productos (Claude, ChatGPT, Gemini, Llama, NotebookLM, GeoGebra 6) cambiarán o se desactualizarán. Las capacidades específicas de cada modelo (qué tan bien renderiza KaTeX, qué tan bien produce SVG, qué tan precisa es su lectura de habilidades del MEP) evolucionarán. Las restricciones técnicas que hoy son críticas (KaTeX no re-invocado tras inyección DOM, eje y no invertido en SVG)

podrían desaparecer si los modelos futuros las resuelven por defecto. Los costos de uso, los modelos de suscripción, los términos de servicio y las políticas de privacidad de cada proveedor cambiarán con seguridad. Cuando el lector encuentre en este libro un nombre concreto de producto o una capacidad específica, vale tratarlo como ilustrativo de su época, no como dato actualizado.

**Cómo leerlo críticamente en el futuro.** Si usted está leyendo este libro en 2027 o más adelante, sugerimos un protocolo de lectura: (1) leer los Capítulos 1 al 5 sin reservas, pues los marcos teóricos siguen vigentes; (2) leer los Capítulos 6 al 16 prestando atención al *método* de los prompts (las Seis R, las restricciones pedagógicas, la curaduría) más que a los nombres de los productos específicos; (3) considerar los Capítulos 17 al 20 como guías cuyo marco operativo se mantiene aun cuando los detalles técnicos hayan evolucionado; (4) tratar los Apéndices A y B como instantáneas de errores típicos que la IA hacía en 2026, no necesariamente lo que hará en su época. Si los modelos del futuro resuelven los errores que el libro documenta como típicos, eso será una buena noticia: significará que la curaduría del docente se libera para enfocarse en las decisiones más altas del oficio, que son las que ningún modelo puede tomar.

**Lo que persiste**

**Tres certezas que el tiempo no va a borrar**

1. **La enseñanza es un acto humano.** Ningún modelo, por sofisticado que sea, sustituye la mediación del docente que conoce a su grupo, su contexto, sus historias.
2. **La matemática se aprende resolviendo problemas.** El enfoque MEP no es una metodología más entre otras; descansa sobre la naturaleza misma de la disciplina y sigue siendo válido independientemente de las herramientas disponibles.
3. **El criterio profesional no se delega.** Cualquier herramienta es útil en la medida en que el docente decide cuándo, cómo y por qué usarla. Esa decisión es indelegable, y ningún progreso técnico lo cambiará.

## 21.5 Cierre crítico

*El riesgo principal no es que la IA produzca materiales pobres; eso se detecta rápido. El riesgo más serio es que produzca materiales visualmente atractivos pero matemáticamente débiles, o pedagógicamente desalineados con la realidad del aula costarricense. Por eso este libro ha insistido, capítulo tras capítulo, en la revisión como parte del propio diseño. La pregunta que debe quedar instalada en cada lectura, en cada prompt, en cada recurso, no es «qué puede hacer la IA por mí», sino «qué decisiones docentes sigo teniendo que tomar para que este recurso tenga valor educativo».*

La aceleración tecnológica de los últimos años ha trasladado a la conversación pública una pregunta antes confinada a la filosofía: ¿en qué se convertirá la enseñanza cuando la información esté disponible al instante y la generación de materiales requiera segundos? Como autores de este libro y como docentes en ejercicio, sostenemos una posición concreta, que ha

venido apareciendo a lo largo de las páginas y que aquí se hace explícita:

> *La inteligencia artificial generativa puede potenciar la labor docente, pero nunca sustituirá la presencia, el criterio y la sensibilidad del educador. Por eso, los docentes no estamos llamados a desaparecer, sino a actualizarnos para enseñar mejor en una nueva época.*

Ramírez Bogantes, 2026

El énfasis es deliberado. La pedagogía no se delega; se enriquece. La curaduría no es opcional; es la práctica profesional misma. La IA no es enemiga; tampoco es panacea. Es, simplemente, una herramienta más en el oficio docente, sujeta al criterio de quien la maneja. Lo que este libro ha intentado ofrecer, a través de sus ejemplos, sus prompts y sus advertencias, es un mapa para que ese criterio se ejerza con sobriedad.

## 21.6 Glosario consolidado

El glosario se organiza alfabéticamente. Cada término cita, cuando corresponde, el capítulo donde se introduce o se discute con mayor profundidad. Los términos importados de marcos teóricos externos (Duval, Rabardel, Vergnaud) llevan la referencia entre paréntesis.

### A

**Acuerdo de aula sobre uso de IA.** Documento redactado de manera participativa entre el docente y el estudiantado al inicio del año o ciclo, que regula cuándo se permite usar IA generativa en las tareas, cómo declararlo, y qué procede ante sospecha de uso desleal. Se revisa a mitad de año. Plantilla completa en el Capítulo 19.

**Adecuación curricular.** Ajuste pedagógico que el MEP exige contemplar para el estudiantado con necesidades específicas. Se clasifica en tres tipos: *significativa* (modifica los objetivos del aprendizaje), *no significativa* (preserva objetivos, modifica metodología o evaluación) y *de acceso* (condiciones físicas o sensoriales: tipografía mayor, alto contraste, materiales en braille). Tratada con detalle en el Capítulo 18.

**Alucinación.** Producción por parte de la IA de información que parece razonable pero no es verdadera: cuentas mal resueltas con aspecto correcto, citas inventadas, habilidades MEP con numeración inexistente, datos estadísticos sin fuente. La alucinación es indistinguible visualmente del contenido verdadero, y su detección es responsabilidad profesional del docente. Galería de casos en el Apéndice A.

**Articulación de registros.** Coordinación deliberada de los distintos modos en que se representa un objeto matemático: gráfico, algebraico, tabular, verbal, situacional. La comprensión matemática se evidencia, según Duval, en la capacidad de transitar entre registros (de la tabla al gráfico, del enunciado a la fórmula, del gráfico a la palabra). Discutida como Criterio 3 del Capítulo 5.

**Artefacto (Rabardel).** Objeto técnico considerado en sí mismo, antes de su apropiación por

un sujeto. Un recurso digital es un *artefacto*; se vuelve *instrumento* de aprendizaje cuando el estudiantado lo pone en uso dentro de una actividad situada. La diferencia es esencial: lo que el docente entrega es artefacto; el aprendizaje exige una génesis instrumental que no es automática.

**Artefacto en Claude.** Componente interactivo, típicamente en React, que se renderiza en el panel adyacente al chat del modelo Claude de Anthropic. A diferencia del HTML autocontenido, vive dentro del entorno de Claude y requiere conexión para visualizarse. Se traslada a HTML autocontenido para distribución por el repositorio TEC. Tratado en el Capítulo 10.

## C

**Curaduría docente.** Conjunto de revisiones (disciplinar, pedagógica, técnica) que el docente aplica a los productos de la IA antes de llevarlos al aula. No es un paso opcional al final: es el oficio profesional que define el valor del recurso. El Capítulo 20 la desarrolla como ciclo de tres planos de revisión.

**Cuaderno dinámico.** Secuencia de páginas digitales que documentan el trabajo de una unidad con estructura tipo bitácora: una página por sesión con fecha, aprendizajes, desarrollo, espacio del estudiantado y cierre. Apto para Genially, Canva o HTML. Discutido en el Capítulo 13.

**Cuatro roles del docente con IA.** Marco propuesto en el primer manual INNOVA-MatIA y retomado en el Capítulo 4: *Diseñador* (concibe la experiencia), *Mediador* (introduce y orienta), *Curador* (revisa, archiva, versiona) y *Evaluador* (juzga si el recurso sirvió pedagógicamente). Los cuatro roles persisten con IA; ninguno se delega al modelo.

## D

**Discalculia.** Dificultad específica de aprendizaje que afecta el procesamiento numérico: dificultad para asociar cantidad y símbolo, para alinear columnas, para recordar tablas. No es falta de inteligencia ni pereza. Requiere adecuaciones específicas para matemática que no se reducen a las usadas para dislexia. Tratada con detalle en el Capítulo 18.

**Distractor.** Opción incorrecta en un ítem de selección única. Un distractor *genuino* representa un error típico del estudiantado (cálculo mal hecho, propiedad mal aplicada, lectura literal del enunciado) y permite al docente identificar qué error específico cometió cada estudiante. Un distractor *cosmético* es absurdo y se descarta sin pensar: no informa nada. Discutido en el Capítulo 15.

## E

**Enfoque de resolución de problemas (MEP).** Marco pedagógico del Programa de Estudios MEP vigente desde 2012, fundamentado en los aportes de Ruiz. Se organiza en cuatro etapas: *propuesta del problema* no rutinario, *trabajo estudiantil independiente*, *discusión interactiva*

*y comunicativa*, *clausura y cierre*. La planificación de toda sesión debe respetar las cuatro etapas, distribuidas en 80 minutos para secundaria. Tratado en el Capítulo 14.

## G

**Génesis instrumental (Rabardel).** Proceso, no instantáneo, por el cual un artefacto se convierte en instrumento de aprendizaje al ser apropiado por el sujeto que lo usa. Implica dos movimientos: *instrumentalización* (el sujeto adapta el artefacto a su acción) e *instrumentación* (el artefacto modela los esquemas del sujeto). La heterogeneidad en el aula no es un fallo del recurso; es una propiedad del proceso. Criterio 4 del Capítulo 5.

## H

**Habilidad o indicador MEP.** Unidad descriptora del Programa de Estudios del MEP. Cada habilidad lleva un número y una unidad temática y se cita literalmente, con su numeración exacta, en los prompts y los planes de clase. La IA tiende a inventar numeraciones plausibles pero inexistentes; verificar contra el documento oficial es no negociable.

**HTML autocontenido.** Archivo HTML único que incluye en sí mismo todo lo necesario para funcionar: estructura HTML, estilos CSS, lógica JavaScript embebidos en el mismo archivo, sin dependencias externas no críticas. Es el formato canónico del libro por su portabilidad: abre con doble clic, no requiere instalación, funciona sin conexión salvo por la carga de KaTeX. Capítulo 6.

## I

**Iteración del prompt.** Modificación dirigida del prompt original para refinar la salida de la IA sin rehacerlo desde cero. La iteración inteligente cambia solo el bloque que falló (R4 si la dificultad estuvo mal, R5 si faltó habilidad MEP); la iteración torpe pide «hágalo mejor» y suele producir un recurso completamente distinto. Discutida en el Capítulo 20.

## K

**KaTeX.** Biblioteca JavaScript ligera para renderizar notación matemática en HTML, compatible con sintaxis LaTeX. Se carga desde un CDN público y procesa expresiones envueltas en delimitadores `$...$` (línea) o `$$...$$` (centrado). Problema típico: la IA omite re-invocar `renderMathInElement` sobre contenido inyectado dinámicamente al DOM, lo que muestra código LaTeX literal en pantalla. Capítulo 6.

## L

**LESCO.** Lengua de Señas Costarricense, idioma reconocido oficialmente como lengua de las personas sordas en Costa Rica. Para el estudiantado sordo, la LESCO es lengua primaria; el español escrito es segunda lengua. Las adecuaciones para matemática deben considerar este orden lingüístico: video en LESCO con interpretación del vocabulario matemático especializado. Tratado en el Capítulo 18.

## M

**Meta-prompt.** Prompt que pide a la IA que actúe sobre una salida anterior del propio modelo, generalmente con un rol diferente (revisor crítico, evaluador, editor). Permite acelerar la curaduría aprovechando la capacidad del modelo de auditar su producción anterior cuando se le indica explícitamente que cambie de rol. Ejemplo completo en el Capítulo 20.

## P

**Plan B en papel.** Versión impresa mínima del recurso digital que el docente conserva como respaldo si la tecnología falla durante la sesión. No se entrega al estudiantado siempre; se mantiene en la carpeta del docente. Cuando el aula falla en tecnología, la clase no falla. Capítulo 17.

**Prompt docente.** Texto estructurado con el que el docente solicita a la IA un producto educativo. Se compone de seis bloques articulados (las *Seis R*). Un prompt docente no es un texto libre ni una pregunta casual: es un texto profesional con estructura, anatomía y criterios. Capítulo 3.

## R

**Recurso resiliente.** Recurso digital diseñado para funcionar en las condiciones reales del aula costarricense: sin conexión a internet estable, en celulares de modelos diversos, con proyectores antiguos, con baterías a punto de agotarse. Se logra añadiendo al prompt una sección específica de restricciones de resiliencia técnica. Prompt completo en el Capítulo 17.

**Registros semióticos de representación (Duval).** Marco teórico que sostiene que los objetos matemáticos no se acceden directamente sino a través de representaciones (gráfica, algebraica, tabular, verbal, situacional). La comprensión matemática reside en la capacidad de transitar entre registros, no en dominar uno solo. Concepto central para el Criterio 3 del Capítulo 5.

**Rúbrica analítica.** Instrumento de evaluación que desagrega un ítem en cuatro o más criterios independientes, con descriptores observables específicos para cada nivel de desempeño (inicial, en proceso, logrado, destacado). Distinta de la rúbrica *holística* (un solo juicio global). Tratada en el Capítulo 15.

## S

**Salida bruta.** Lo que la IA devuelve la primera vez que se envía un prompt, antes de cualquier curaduría docente. Contiene aciertos sólidos junto a errores típicos (KaTeX no re-invocado, eje y no invertido, texto en inglés filtrado, distractores cosméticos). El libro la presenta sistemáticamente en los Capítulos 7 al 16 para que el lector reconozca el patrón. Patrón ilustrado por primera vez en el Capítulo 7.

**Seis R.** Estructura canónica del prompt docente: *Rol* (R1, perspectiva profesional del modelo), *Resultado* (R2, formato técnico inequívoco), *Receptor* (R3, caracterización del grupo y propósito), *Restricciones* (R4, condiciones pedagógicas y técnicas), *Recursos* (R5, habilidad MEP, contexto, ejemplos verificados), *Revisión* (R6, autocontrol explícito del modelo). Presentadas en el Capítulo 3 y aplicadas a lo largo de todo el libro.

**SVG.** Formato de gráficos vectoriales escalables. Ideal para figuras matemáticas que deben mantener calidad a cualquier tamaño, son livianas, y se describen mediante coordenadas y comandos legibles. Particularidad importante: en SVG el eje $y$ crece hacia abajo, contrario a la convención matemática. Error característico que la IA arrastra con frecuencia en exploradores. Capítulo 9.

## T

**TEA · Trastorno del Espectro Autista.** Condición del neurodesarrollo con manifestaciones diversas. Para matemática en secundaria, conviene cuidar la previsibilidad de la actividad, la carga sensorial del recurso (sin animaciones bruscas, sin sonidos sorpresivos), y permitir el uso de intereses específicos del estudiantado como contexto de los problemas. Tratado en el Capítulo 18.

**TDAH.** Trastorno por Déficit de Atención e Hiperactividad. Para matemática en secundaria, conviene segmentar la actividad en pasos cortos con cierre inmediato, dar tiempo extendido, y permitir descansos breves. La extensión de tiempo sola no basta; complementada con segmentación, mejora resultados. Tratado en el Capítulo 18.

**Trazabilidad.** Práctica profesional de mantener archivo, para cada recurso producido, del prompt original, la salida bruta de la IA, la versión adaptada para el aula, y una nota breve con las decisiones de curaduría. Una carpeta por recurso. Permite versionar el oficio: el docente acumula un banco propio que ningún colega puede replicar improvisadamente. Discutida en los Capítulos 6 y 20.

## 21.7 Cierre

Llegar al final del libro no es haber terminado el aprendizaje: es haber adquirido un vocabulario y un conjunto de hábitos. La verdadera prueba ocurrirá en las próximas semanas, cuando llegue el momento de redactar el siguiente prompt, de revisar la siguiente salida, de proyectar el siguiente recurso. Si en ese momento estas páginas vuelven a la memoria como un repertorio de criterios y de cautelas, el libro habrá cumplido su propósito.

Los autores agradecemos al MEP, a la Dirección Regional de Educación de Cartago, a la Escuela de Matemática del TEC, a la Vicerrectoría de Investigación y Extensión (VIE) del TEC por su apoyo mediante el proyecto INNOVA-MatIA, a la Red Académica MatIA y a los colegas docentes de secundaria que, con sus consultas y sus aportes, dieron forma a este material.

Cartago, Costa Rica, 2026

INNOVA-MatIA · Escuela de Matemática · TEC-Costa Rica

# Sobre los autores

**Dr. Luis Gerardo Meza Cascante**

*Docente e investigador, Escuela de Matemática · Instituto Tecnológico de Costa Rica*

El Dr. Luis Gerardo Meza Cascante es docente e investigador de la Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica, con una amplia trayectoria en matemática educativa, innovación pedagógica e investigación educativa. Su labor académica se ha caracterizado por integrar rigor científico, reflexión crítica y compromiso con el mejoramiento de la enseñanza de la matemática.

A lo largo de su carrera ha desarrollado investigaciones sobre actitudes hacia la matemática, ansiedad matemática, autoconfianza matemática, formación docente e inteligencia artificial generativa aplicada a la educación. Su producción académica incluye artículos científicos, proyectos de investigación y extensión, así como participación en congresos, seminarios y actividades académicas nacionales e internacionales.

Desde el Instituto Tecnológico de Costa Rica ha impulsado iniciativas orientadas al fortalecimiento de la educación matemática costarricense y al uso pedagógico de tecnologías digitales en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Su trabajo ha promovido la incorporación de herramientas computacionales, software matemático e inteligencia artificial como apoyo para una enseñanza más dinámica, reflexiva y accesible.

Su trayectoria se distingue por articular investigación, docencia y extensión con una visión humanista e innovadora de la educación, orientada a fortalecer tanto la formación académica como el pensamiento crítico de estudiantes y docentes.

## Dr (c). Marco Gutiérrez Montenegro

*Docente e investigador, Escuela de Matemática · Instituto Tecnológico de Costa Rica · Coordinador del Instituto GeoGebra de Cartago*

El Dr (c). Marco Gutiérrez Montenegro es docente e investigador con más de veinte años de trayectoria en la enseñanza de la matemática. Posee una Maestría en Matemática con énfasis en Matemática Educativa y actualmente cursa un Doctorado en Ciencias de la Educación, desde donde ha fortalecido una mirada crítica, reflexiva e innovadora sobre los procesos de enseñanza y aprendizaje.

Desde 2009 forma parte de la Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica, donde ha impartido cursos, coordinado proyectos académicos y desarrollado materiales didácticos para estudiantes y docentes. Su trabajo se ha orientado hacia una matemática más visual, dinámica y accesible, apoyada en tecnologías digitales, simulaciones interactivas, GeoGebra e inteligencia artificial generativa.

Ha participado en congresos, talleres, seminarios y conferencias nacionales e internacionales, compartiendo propuestas vinculadas con la innovación educativa, el diseño de actividades digitales y el uso ético y formativo de la inteligencia artificial en la enseñanza universitaria. Actualmente coordina el Instituto GeoGebra de Cartago, desde donde promueve la integración de herramientas tecnológicas para enriquecer el aprendizaje matemático en distintos niveles educativos.

Su labor se distingue por articular rigor académico, innovación pedagógica y compromiso con la formación integral de los estudiantes.

## MSc. Reiman Acuña Chacón

*Profesor catedrático, Escuela de Matemática · Instituto Tecnológico de Costa Rica*


El MSc. Reiman Acuña Chacón es profesor catedrático de la Escuela de Matemática del Instituto Tecnológico de Costa Rica, con más de veinte años de experiencia en docencia universitaria, investigación y extensión académica. Cuenta con formación en enseñanza de la matemática y una sólida trayectoria en innovación educativa, integración de inteligencia artificial en procesos de enseñanza y desarrollo de recursos didácticos interactivos.

Su trabajo se ha enfocado en áreas como cálculo, álgebra lineal, ecuaciones diferenciales, teoría de números y educación matemática, combinando metodologías activas con herramientas tecnológicas como GeoGebra, LaTeX, Python, HTML interactivo y sistemas de inteligencia artificial generativa.

Ha participado como expositor y facilitador en talleres, congresos y proyectos académicos nacionales e internacionales relacionados con educación matemática, tecnología educativa e inteligencia artificial aplicada a la docencia. Además, ha colaborado en publicaciones académicas y en la formación de docentes de secundaria y universidad.

Actualmente desarrolla propuestas metodológicas orientadas al diseño de experiencias de aprendizaje apoyadas por inteligencia artificial, así como proyectos de investigación y extensión vinculados con innovación pedagógica y recursos digitales interactivos para la enseñanza de la matemática.

## Dr. (c) Melvin Ramírez Bogantes

*Profesor investigador asociado, Instituto Tecnológico de Costa Rica · Cofundador de la Red Académica MatIA*

El Dr. (c) Melvin Enrique Ramírez Bogantes es profesor investigador asociado del Instituto Tecnológico de Costa Rica y candidato doctoral en Educación por la Universidad Católica de Costa Rica. Posee una Maestría en Docencia por la Universidad Americana, es egresado de la Maestría en Matemática con énfasis en Matemática Educativa de la Universidad de Costa Rica y Licenciado en Enseñanza de la Matemática por la Universidad Nacional. Su trayectoria académica articula dos líneas principales de trabajo: una en matemática aplicada y otra en educación matemática, integradas progresivamente por su interés sostenido en la inteligencia artificial como mediadora del aprendizaje.

En el ámbito de la matemática aplicada, ha desarrollado investigaciones sobre procesamiento inteligente de imágenes, redes neuronales y reconocimiento de patrones en contextos biológicos, con participación en proyectos interdisciplinarios, ponencias en congresos nacionales e internacionales y publicaciones en revistas académicas. En el ámbito de la educación matemática, su trabajo se ha orientado hacia la modelización matemática, la resolución de problemas y el uso pedagógico de la inteligencia artificial generativa, áreas en las que también ha contribuido mediante publicaciones, comunicaciones académicas y proyectos de investigación.

Su investigación doctoral, actualmente en proceso final, evalúa los efectos de una intervención pedagógica con tutores basados en inteligencia artificial generativa en cursos de matemática en educación superior.

Es cofundador de la Red Académica MatIA, espacio interinstitucional dedicado al estudio, la investigación y la divulgación del uso pedagógico de la inteligencia artificial en la enseñanza de la matemática. Desde esta plataforma ha impulsado iniciativas de colaboración entre docentes universitarios, profesores de secundaria e investigadores del país, orientadas a la producción de recursos educativos, la formación docente continua y el desarrollo de marcos éticos para la integración de la IA en la educación matemática costarricense.

APÉNDICE A

# Galería de errores comentados

*Seis ejemplos reales de errores típicos en salidas de IA generativa para matemática de secundaria, con su comentario crítico. Para usar en talleres de formación docente.*

Los errores no son fracasos: son la materia prima del aprendizaje profesional. Esta galería reúne seis casos típicos que hemos visto repetidamente al revisar salidas de IA generativa para matemática de secundaria. Cada caso incluye el error tal como aparece, el análisis de por qué ocurre, y la corrección que el docente debería aplicar. La galería sirve para tres propósitos: ilustra los riesgos discutidos a lo largo del libro con ejemplos concretos; ofrece material para talleres de formación con colegas; y opera como banco de referencia cuando, durante la curaduría, uno sospecha de un error pero no logra identificarlo.

## A.1 Error 1: Cuenta mal resuelta en práctica guiada

**El caso.** Una práctica guiada de ecuaciones lineales para octavo, generada por IA, presenta el ítem: «Resuelva: $3(x-2)+4=5x-6$». La solución dada por la IA dice $x=4$. Cuando se sustituye: $3(4-2)+4=10$ y $5(4)-6=14$. Las dos expresiones no coinciden.

**Análisis.** La IA aplicó correctamente la distributiva pero perdió un signo al pasar términos al otro lado de la igualdad. La solución correcta es $x=2$. El error es sutil porque el procedimiento mostrado parece correcto; solo la verificación detecta la falla.

**Lección.** La regla del Capítulo 6 se confirma: sustituir cada solución en el enunciado original es no negociable. Una solución que «parece bien» no es solución hasta que se ha sustituido.

## A.2 Error 2: Habilidad MEP mal citada

**El caso.** Un plan de clase para décimo año declara, en su encabezado, «Habilidad MEP: 10.RA.3.2 Resolver sistemas de ecuaciones cuadráticas». Al consultar el Programa de Estudios oficial, la habilidad 10.RA.3.2 no existe con esa numeración, y los sistemas de ecuaciones cuadráticas no forman parte del programa de décimo.

**Análisis.** La IA fabricó una numeración plausible que respeta el patrón visual de las habilidades MEP, y la combinó con un contenido que parece razonable para décimo. Sin acceso al documento oficial, la cita pasaría inadvertida en una revisión rápida.

**Lección.** Toda habilidad MEP citada debe verificarse contra el documento oficial. El Programa de Estudios está disponible en el sitio del MEP; tenerlo abierto durante la curaduría es buena

práctica.

## A.3 Error 3: Ítem con dos respuestas correctas

**El caso.** Un banco de ítems para noveno incluye: «¿Cuál de las siguientes ecuaciones representa una recta con pendiente positiva? a) $y = 3x - 2$, b) $y = -x + 5$, c) $y = 2x + 1$, d) $y = -2x - 3$». La IA marca como correcta la opción (a), pero la opción (c) también tiene pendiente positiva.

**Análisis.** La IA construyó dos distractores con pendiente negativa (b y d) y dos respuestas correctas (a y c). El enunciado, «cuál de las siguientes», en singular, admite solo una correcta; el ítem es defectuoso.

**Lección.** En los ítems de selección única, verifique no solo la respuesta marcada como correcta: verifique también que las otras opciones efectivamente no lo sean. Esta verificación cruzada toma minutos y previene reclamos del estudiantado.

## A.4 Error 4: SVG con ejes invertidos

**El caso.** Un explorador de la función lineal $y = mx+b$, producido por IA, presenta una gráfica donde, al aumentar $m$ positivamente, la recta se inclina hacia abajo en lugar de hacia arriba. La causa: la IA escribió el eje $y$ del SVG en su orientación nativa (crece hacia abajo), pero la convención cartesiana exige que el eje $y$ crezca hacia arriba al visualizarse.

**Análisis.** En coordenadas SVG, el eje $y$ crece hacia abajo por defecto. Para graficar funciones matemáticas, hay que invertir: el cálculo correcto de la coordenada $y_{\text{SVG}}$ es $\text{centro}_y - \text{valor}_y \cdot \text{escala}$, no $\text{centro}_y + \text{valor}_y \cdot \text{escala}$. La IA suele acertar este detalle; cuando no lo hace, el error es visible al instante para el docente, no para el estudiantado.

**Lección.** Cuando un gráfico SVG se ve «al revés», el problema casi siempre es esa inversión. Probar al menos un caso conocido (la recta $y = x$ debe ir del cuadrante III al I, no al revés) detecta el error en segundos.

## A.5 Error 5: Cita bibliográfica inventada

**El caso.** Un guion para audio educativo, sobre estadística para noveno, abre con: «Como demostró Castro Gómez (2019) en su estudio 'Pensamiento estadístico en adolescentes de Costa Rica' publicado en la *Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, el 73 % del estudiantado costarricense...». Al buscar la referencia, el autor existe pero ese artículo no; la revista existe pero no publicó ese número; el porcentaje no proviene de ninguna fuente verificable.

**Análisis.** Las citas bibliográficas son uno de los puntos donde la IA alucina con mayor confianza. El modelo combina nombres reales con títulos plausibles y números de revista verosímiles, sin que la combinación corresponda a un texto efectivamente publicado.

**Lección.** Ninguna cita bibliográfica generada por IA debe usarse sin verificación. Buscar la referencia en Google Académico o en la revista original es un paso obligado. Si la cita no se puede verificar, se descarta. Es preferible un material sin cita que un material con cita falsa.

## A.6 Error 6: Textos en inglés filtrados

**El caso.** Un HTML autocontenido para juego de memoria, producido por una IA, incluye visualmente: botones «Restart» y «Score: 0», y un mensaje de cierre que dice «Congratulations! You won.». El resto del recurso está correctamente en español.

**Análisis.** Los modelos de IA, entrenados predominantemente con datos en inglés, tienden a filtrar términos en ese idioma en lugares donde el código suele tener etiquetas: botones, mensajes de estado, mensajes de éxito o error. El docente, al revisar contenido, puede pasarlos por alto porque su atención está en la matemática.

**Lección.** La revisión técnica del Capítulo 20 debe incluir una búsqueda explícita de cadenas en inglés. La instrucción «sin texto en inglés» en las restricciones del prompt funciona razonablemente, pero la verificación final visual es indispensable.

> **Decisión docente**
>
> **Qué hacer con esta galería**
>
> Esta galería no busca desalentar el uso de la IA: busca calibrar las expectativas. Los errores ilustrados son frecuentes; ninguno es catastrófico si se detecta antes de proyectar; todos se detectan con la curaduría sistemática descrita en el Capítulo 20.
> Una práctica recomendada: cuando organice un taller de formación con colegas, lleve los seis errores como casos de estudio. Pida al grupo que los identifique sin pista previa, que justifique por qué son errores, y que proponga la corrección. El ejercicio ayuda a desarrollar el ojo crítico que la curaduría exige.

APÉNDICE B

# Mapa de decisión por tipo de recurso

*Una tabla de doble entrada para elegir el formato adecuado según el propósito pedagógico. Para tener a la vista al diseñar prompts.*

El libro ha desplegado, a lo largo de sus veintiún capítulos, varias salidas posibles: HTML autocontenido, artefacto en Claude, GeoGebra, LaTeX, infografía, plan de clase, evaluación, presentación, audio. Cada una rinde mejor para ciertos propósitos pedagógicos. Este apéndice consolida la elección en una tabla de doble entrada, donde las filas son propósitos y las columnas son tipos de recurso. El símbolo en cada celda indica el grado de adecuación: tres asteriscos para ajuste excelente, dos para ajuste bueno, uno para ajuste aceptable, guión cuando no conviene.

## B.1 Tabla de decisión

La tabla siguiente se lee horizontalmente: para cada propósito pedagógico, recorra la fila y elija el formato con más asteriscos. Cuando dos formatos tienen el mismo número, el criterio de desempate suele ser el contexto del aula (capítulo 17): conectividad, dispositivo, distribución al estudiantado.

| Propósito pedagógico | HTML | Artefacto | GeoGebra | LaTeX | Infografía | Plan/Rúbrica | Audio |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Práctica con verificación inmediata | ★★★ | ★★ | ★ | — | — | — | — |
| Juego didáctico (memoria, ruleta) | ★★★ | ★★ | — | — | — | — | — |
| Exploración de parámetros (deslizadores) | ★★★ | ★★★ | ★★ | — | — | — | — |
| Construcción geométrica dinámica | ★★ | ★ | ★★★ | — | — | — | — |
| Ficha o guía imprimible | ★ | — | — | ★★★ | ★ | — | — |
| Examen formal o evaluación sumativa | ★ | — | — | ★★★ | — | ★★★ | — |
| Síntesis visual de unidad | ★ | — | — | ★ | ★★★ | — | — |
| Planificación curricular | — | — | — | ★★ | — | ★★★ | — |
| Calificación con descriptores | — | — | — | ★★ | — | ★★★ | — |
| Repaso autónomo desde el celular | ★★ | — | — | ★ | ★ | — | ★★★ |
| Iteración rápida de diseño | ★★ | ★★★ | ★ | — | — | — | — |
| Sin conexión a internet | ★★★ | — | ★★★ | ★★★ | ★★ | ★★★ | ★★ |

## B.2 Cómo leer la tabla

Tres asteriscos indican que el formato es el elegido natural para ese propósito: produce el mejor resultado con la menor fricción. Dos asteriscos indican que el formato sirve bien aunque otro lo haga ligeramente mejor: úselo si su contexto lo facilita. Un asterisco indica que el formato es viable pero no óptimo: úselo si las restricciones de contexto lo imponen. El guión indica que el formato no conviene para ese propósito; insistir en él produce frustración tanto al docente como al grupo.

La fila de «Sin conexión a internet» vale la pena destacar: cuatro formatos cumplen excelentemente (HTML autocontenido con KaTeX embebido, GeoGebra Clásico 6 instalado, LaTeX compilado a PDF, plan o rúbrica en Word o Google Docs sin conexión), mientras que el artefacto en Claude requiere conexión y queda fuera. Este patrón es relevante para los colegios con conectividad incierta.

## B.3 Ajuste por contexto

La tabla anterior asume condiciones razonables del aula. Cuando esas condiciones cambian, los pesos también cambian. Tres ajustes frecuentes:

- **Si el grupo trabaja solo desde celular sin proyector**: el HTML autocontenido sube; los

formatos que exigen instalar software (GeoGebra) bajan.

- **Si el material debe distribuirse al estudiantado**: HTML autocontenido y PDF (vía LaTeX) suben; los artefactos en Claude no sirven.
- **Si se proyecta una sola vez en sesión presencial**: el artefacto en Claude se vuelve viable y útil, particularmente si se necesita iteración en vivo.

El mapa, en última instancia, es una guía, no una regla. La decisión final del formato la toma el docente con conocimiento de su grupo, su aula y su semana.

# Referencias

Las obras citadas a lo largo de este libro se listan a continuación en formato APA (séptima edición). Coherente con el principio que este mismo libro defiende, todas las referencias fueron verificadas en sus fuentes y ninguna se generó de forma automática sin comprobación.


Duval, R. (2004). *Semiosis y pensamiento humano: registros semióticos y aprendizajes intelectuales* (M. Vega Restrepo, Trad.). Universidad del Valle. (Obra original publicada en 1995)

Ley n.º 7600 de 1996. Igualdad de oportunidades para las personas con discapacidad. 29 de mayo de 1996. La Gaceta n.º 102 (Costa Rica).

Ley n.º 8968 de 2011. Protección de la persona frente al tratamiento de sus datos personales. 5 de septiembre de 2011. La Gaceta n.º 170 (Costa Rica).

Ministerio de Ciencia, Innovación, Tecnología y Telecomunicaciones. (2024). *Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial de Costa Rica 2024–2027*. MICITT. https://www.micitt.go.cr/gobierno_digital/inteligencia_artificial

Ministerio de Educación Pública. (2012). *Programas de estudio de Matemáticas: Educación General Básica y Ciclo Diversificado*. MEP. https://www.mep.go.cr/sites/default/files/media/matematica.pdf

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains*. Armand Colin.

Ruiz, Á. (2013). La reforma de la Educación Matemática en Costa Rica. Perspectiva de la praxis. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática, 8*(número especial), 7–111. https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/11125

Vergnaud, G. (1990). La théorie des champs conceptuels. *Recherches en Didactique des Mathématiques, 10*(2-3), 133–170.

MatIA · INNOVA-MatIA

ESCUELA DE MATEMÁTICA · INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Esta obra ofrece una guía práctica para docentes de secundaria interesados en integrar la inteligencia artificial en el diseño de recursos interactivos para el aula. A través de ejemplos, orientaciones y prompts listos para adaptar, el libro muestra cómo transformar ideas pedagógicas en materiales digitales claros, funcionales y atractivos, aun sin experiencia previa en programación.

## En este libro encontrará:

1. Prompts para diseñar actividades y juegos interactivos en HTML.
2. Ejemplos aplicados a contenidos de matemática en secundaria.
3. Orientaciones para adaptar instrucciones y mejorar resultados con IA.
4. Recomendaciones para usar los recursos en computadoras, tabletas y celulares.
5. Sugerencias didácticas para integrar los materiales al trabajo de aula.

Pensado para apoyar la innovación pedagógica, este libro propone una ruta accesible para explorar el potencial de la IA en la creación de experiencias de aprendizaje significativas, visuales e interactivas.

$y = 2x + 3$

9 789930 656181
ISBN 978-9930-656-18-1

Melvin Ramírez Bogantes • Marco Gutiérrez Montenegro • Reiman Acuña Chacón • Luis Gerardo Meza Cascante