



MAC-HIA: UN MARCO PARA LA ADAPTABILIDAD CURRICULAR ORQUESTADA POR IA EN LA EDUCACIÓN HÍBRIDA INCLUSIVA

CAF-HAEI: A FRAMEWORK FOR AI-ORCHESTRATED CURRICULAR ADAPTABILITY IN INCLUSIVE HYBRID EDUCATION

Carlos Xavier Cavagnaro Murillo ¹

E-mail: carlos.cavagnarom@ug.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0478-0353>

Sandra María Avilés Franco¹

E-mail: sandra.avilesf@ug.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8090-6026>

Irán Alonso Hernández^{1*}

E-mail: iran.alonsoh@ug.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8708-2453>

David de Armas Yanes ²

E-mail: dearmasyanesd@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-0037-3362>

¹Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador.

²Universidad De Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez", Cienfuegos, Cuba.

*Autor para correspondencia

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Cavagnaro Murillo, C. X., Avilés Franco, S. M., Alonso Hernández, I. & de Armas Yanes, D. (2026). MAC-HIA: Un Marco para la Adaptabilidad Curricular Orquestada por IA en la Educación Híbrida Inclusiva. *Universidad y Sociedad* 18(1). e5781.

RESUMEN:

Frente a la rigidez de los currículos estáticos en modelos educativos híbridos que exacerba las brechas de aprendizaje, este artículo propone un marco conceptual integral, el Marco de Adaptabilidad Curricular para Entornos Híbridos con IA (MAC-HIA), para guiar el diseño de ecosistemas de aprendizaje que ajusten dinámicamente objetivos, contenidos, actividades y evaluaciones a nivel individual. Desarrollado mediante una revisión sistemática de la literatura y síntesis teórica, el MAC-HIA se estructura en cinco pilares interconectados: Diagnóstico Dinámico y Multimodal del Estudiante, Motor de Contenido Generativo y Adaptativo, Orquestador Curricular Inteligente, Interfaz de Aprendizaje Inclusiva e Inmersiva, y un ***Dashboar*** de Analítica para la Co-regulación. Al integrar sistemáticamente la IA adaptativa, IA generativa, Realidad Extendida (XR) y la analítica del aprendizaje bajo principios de constructivismo social y Diseño Universal para el Aprendizaje (UDL), el marco ofrece una hoja de ruta para trascender la personalización de contenidos hacia una verdadera adaptabilidad curricular, implicando una redefinición del rol docente y nuevas vías para la inclusión educativa.

Palabras clave: Inteligencia Artificial Adaptativa, Modelo Educativo Híbrido, Adaptabilidad Curricular, Tecnologías Educativas Emergentes, Personalización del Aprendizaje, Diseño Inclusivo, Analítica del Aprendizaje.

ABSTRACT:

Addressing the rigidity of static curricula in hybrid educational models, which exacerbates learning gaps, this article proposes a comprehensive conceptual framework, the Curricular Adaptability Framework for AI-Powered Hybrid Environments (CAF-HAEI). Its purpose is to guide the design of learning ecosystems that dynamically adjust objectives, content, activities, and assessments at an individual level. Developed through a systematic literature review and theoretical synthesis, the CAF-HAEI is structured around five interconnected pillars: Dynamic and Multimodal Student Diagnosis, Generative and Adaptive Content Engine, Intelligent Curricular Orchestrator, Inclusive and Immersive Learning Interface, and an Analytics Dashboard for Co-regulation. By systemically integrating adaptive AI, generative AI, Extended Reality (XR), and learning analytics under the principles of social constructivism and Universal Design for Learning (UDL), the framework provides a roadmap to move beyond content personalization towards true curricular adaptability, implying a redefinition of the teacher's role and new pathways for educational inclusion.

Keywords: Adaptive Artificial Intelligence, Hybrid Educational Model, Curricular Adaptability, Emerging Educational Technologies, Personalized Learning, Inclusive Design, Learning Analytics.



INTRODUCCIÓN

El panorama educativo del siglo XXI, acelerado por la adopción masiva de modelos de aprendizaje híbridos tras la pandemia de COVID-19 (Hodges et al., 2020), enfrenta una tensión crítica. A pesar de la flexibilidad en el acceso que ofrecen formatos como HyFlex (Beatty, 2019), una debilidad fundamental persiste: la mayoría de estas implementaciones operan sobre un currículo fundamentalmente estático (Raes, 2022). Esta rigidez curricular, al imponer una secuencia lineal de contenidos, desaprovecha el potencial del formato híbrido y puede exacerbar las desigualdades existentes. Estudiantes con diversos conocimientos previos, ritmos de aprendizaje o estilos cognitivos se ven forzados a seguir un camino único que a menudo no se ajusta a sus necesidades, lo que conduce a la desmotivación y la exclusión (Rose & Meyer, 2002). Por tanto, es imperativo distinguir la adaptabilidad curricular —la capacidad de un sistema para modificar dinámicamente objetivos, secuencias y evaluaciones en tiempo, de conceptos más limitados como la diferenciación grupal (Tomlinson, 2014) o la personalización del ritmo (Pane et al., 2015).

Frente a este desafío, la Inteligencia Artificial (IA) emerge como el motor potencial de un currículo verdaderamente dinámico. Si bien existe un creciente cuerpo de investigación sobre aplicaciones de IA en la educación superior (Zawacki-Richter et al., 2019), la mayoría de estas herramientas se enfocan en tareas aisladas y raramente abordan la adaptabilidad curricular sistémica. Para lograr este objetivo, es necesario recurrir a las raíces de la IA adaptativa, que se encuentran en los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS), los cuales modelan el conocimiento, la pedagogía y, crucialmente, al estudiante (VanLehn, 2011). Utilizando técnicas como el seguimiento del conocimiento (Corbett & Anderson, 1994) e incorporando dimensiones afectivas y metacognitivas (D'Mello & Graesser, 2012), estos sistemas pueden inferir el estado del aprendiz y optimizar la ruta de aprendizaje mediante algoritmos como el aprendizaje por refuerzo. El potencial de esta IA adaptativa se ve considerablemente potenciado al integrarse con un ecosistema de tecnologías emergentes. La IA Generativa (GenAI) puede crear una vasta y diversa gama de contenidos y feedback personalizado (Kasneci et al., 2023); la Realidad Extendida (XR) ofrece entornos de práctica inmersivos y seguros (Mazhar & Al Rifaaee, 2023); y el Internet de las Cosas (IoT) junto con la analítica del aprendizaje proporcionan datos contextuales

y fisiológicos para un modelo del estudiante mucho más rico (Siemens, 2013).

A pesar del vibrante desarrollo de estas herramientas, la investigación tiende a estar fragmentada en dominios tecnológicos o pedagógicos aislados. Existen estudios sobre ITS, sobre el uso de VR o sobre **dashboards** de analítica, pero la literatura carece de una visión holística. La brecha de conocimiento que este artículo pretende abordar es, por lo tanto, la ausencia de un marco conceptual integral que articule sistémicamente cómo estas tecnologías pueden ser orquestadas por una IA adaptativa para lograr una verdadera adaptabilidad curricular en entornos híbridos. Se postula que la integración sistémica de estas tecnologías, dentro de un marco bien definido, es fundamental para transformar los modelos educativos híbridos y materializar el potencial de la personalización profunda y el desarrollo de competencias del siglo XXI. En consecuencia, este trabajo presenta y desarrolla el Marco de Adaptabilidad Curricular para Entornos Híbridos con IA (MAC-HIA) como una propuesta para llenar dicha brecha.

La necesidad de un enfoque sistémico e integrado. Las limitaciones expuestas no pueden ser solventadas con soluciones tecnológicas aisladas. Se requiere un cambio de paradigma desde la optimización de componentes individuales (e.g., un **chatbot**, un repositorio de videos) hacia la orquestación de un ecosistema de aprendizaje completo. Por tanto, un marco conceptual efectivo debe ser (1) holístico, integrando el diagnóstico, la generación de contenido, la secuenciación y la retroalimentación en un ciclo coherente; (2) pedagógicamente fundamentado, basándose en teorías del aprendizaje consolidadas como el constructivismo y el UDL; y (3) tecnológicamente agnóstico, pero funcionalmente específico, articulando qué debe hacer el sistema, no prescribiendo una única tecnología. El MAC-HIA se postula como una respuesta directa a estas necesidades, proporcionando una arquitectura conceptual para dicho ecosistema.

MATERIALES Y MÉTODOS

El desarrollo del Marco de Adaptabilidad Curricular para Entornos Híbridos con IA (MAC-HIA) se articuló mediante una metodología de construcción teórica, anclada en una revisión sistemática de la literatura. Este enfoque permite la identificación, evaluación crítica y síntesis rigurosa de un cuerpo de conocimiento existente para generar nuevos modelos conceptuales (Torraco, 2005). El proceso se adhirió a las directrices de la declaración PRISMA 2020

para garantizar la transparencia y replicabilidad. La metodología se estructuró en dos fases principales: (1) búsqueda y selección de la literatura, y (2) extracción de datos, análisis temático y síntesis teórica.

Estrategia de Búsqueda y Selección de la Literatura.

Protocolo y Criterios de Elegibilidad

Se definió un protocolo de revisión a priori para guiar la selección de estudios. Los criterios de elegibilidad fueron los siguientes:

- Criterios de inclusión: (i) artículos de revistas y actas de congresos revisados por pares; (ii) publicados en inglés o español entre enero de 2014 y enero de 2025, un periodo seleccionado para capturar la literatura desde el resurgimiento del aprendizaje profundo (*deep learning*) y la consolidación de la analítica del aprendizaje hasta los avances más recientes en IA generativa; (iii) enfocados en contextos de educación secundaria, superior o formación profesional continua, ya que es en estos niveles donde la complejidad curricular y la autonomía del estudiante hacen que la adaptabilidad sea más crítica y factible de implementar; y (iv) que abordaran explícitamente el diseño, implementación o evaluación de sistemas de aprendizaje adaptativo, currículos dinámicos o tecnologías de IA (adaptativa o generativa) para la personalización educativa.
- Criterios de exclusión: (i) literatura gris (tesis no publicadas, informes técnicos no revisados), artículos de opinión y reseñas de libros; (ii) estudios centrados exclusivamente en la educación primaria o preescolar; (iii) trabajos que describieran tecnologías sin un vínculo explícito y sustancial con la teoría o la práctica pedagógica; y (iv) estudios cuyo texto completo no fuera recuperable.

Fuentes de Información y Estrategia de Búsqueda

La búsqueda sistemática se realizó entre enero y febrero de 2025 en cinco bases de datos académicas clave por su amplia cobertura en los campos de la educación, la tecnología y la informática: *Scopus*, *Web of Science* (Colección Principal), *IEEE Xplore*, *ACM Digital Library* y *Google Scholar*. Se diseñaron cadenas de búsqueda complejas, combinando términos clave en tres pilares conceptuales con operadores booleanos (AND, OR):

1. Pilar de Adaptabilidad/IA: ("*adaptive learning*" OR "*intelligent tutoring system*" OR "*personalized learning*" OR "*curriculum adaptation*" OR "*generative AI*" OR "*GPT*" OR "*AI in education*")
2. Pilar de Contexto Educativo: ("*hybrid learning*" OR "*blended learning*" OR "*HyFlex*" OR "*higher education*" OR "*secondary education*" OR "*online learning*")
3. Pilar Curricular/Pedagógico: ("*curriculum design*" OR "*instructional design*" OR "*pedagogy*" OR "*learning analytics*" OR "*assessment*")

Proceso de Selección de Estudios.

El proceso detallado de selección de estudios, que culminó en la inclusión de 153 trabajos, se presenta de acuerdo con la declaración PRISMA 2020 en el diagrama de flujo de la Figura 1. La búsqueda inicial arrojó un total de 5088 registros. Tras la importación a un gestor de referencias, se eliminaron 1276 duplicados, resultando en 3812 registros únicos para el cribado.

Dos revisores independientes realizaron el cribado de títulos y resúmenes con base en los criterios de elegibilidad. Los desacuerdos se resolvieron mediante consenso o con la intervención de un tercer revisor, para asegurar la consistencia, se realizó una fase de calibración inicial con una muestra de 50 artículos, discutiendo las discrepancias hasta alcanzar un entendimiento común de los criterios. El acuerdo inter-revisor para la fase de cribado de títulos y resúmenes fue sustancial (Kappa de Cohen = 0.88). En esta fase, se excluyeron 3462 registros por no ser pertinentes. Los 350 artículos restantes se recuperaron para una evaluación de texto completo.

La evaluación de los textos completos fue realizada nuevamente por dos revisores. De estos, 197 artículos fueron excluidos por razones específicas como un marco conceptual inadecuado (n=85), un enfoque puramente tecnológico sin sustento pedagógico (n=62), un contexto educativo fuera del alcance definido (n=35) o la presentación de resultados no pertinentes para la construcción del marco analizado (n=15). Este riguroso proceso de filtrado resultó en un corpus final de 153 estudios de alta relevancia para la síntesis.

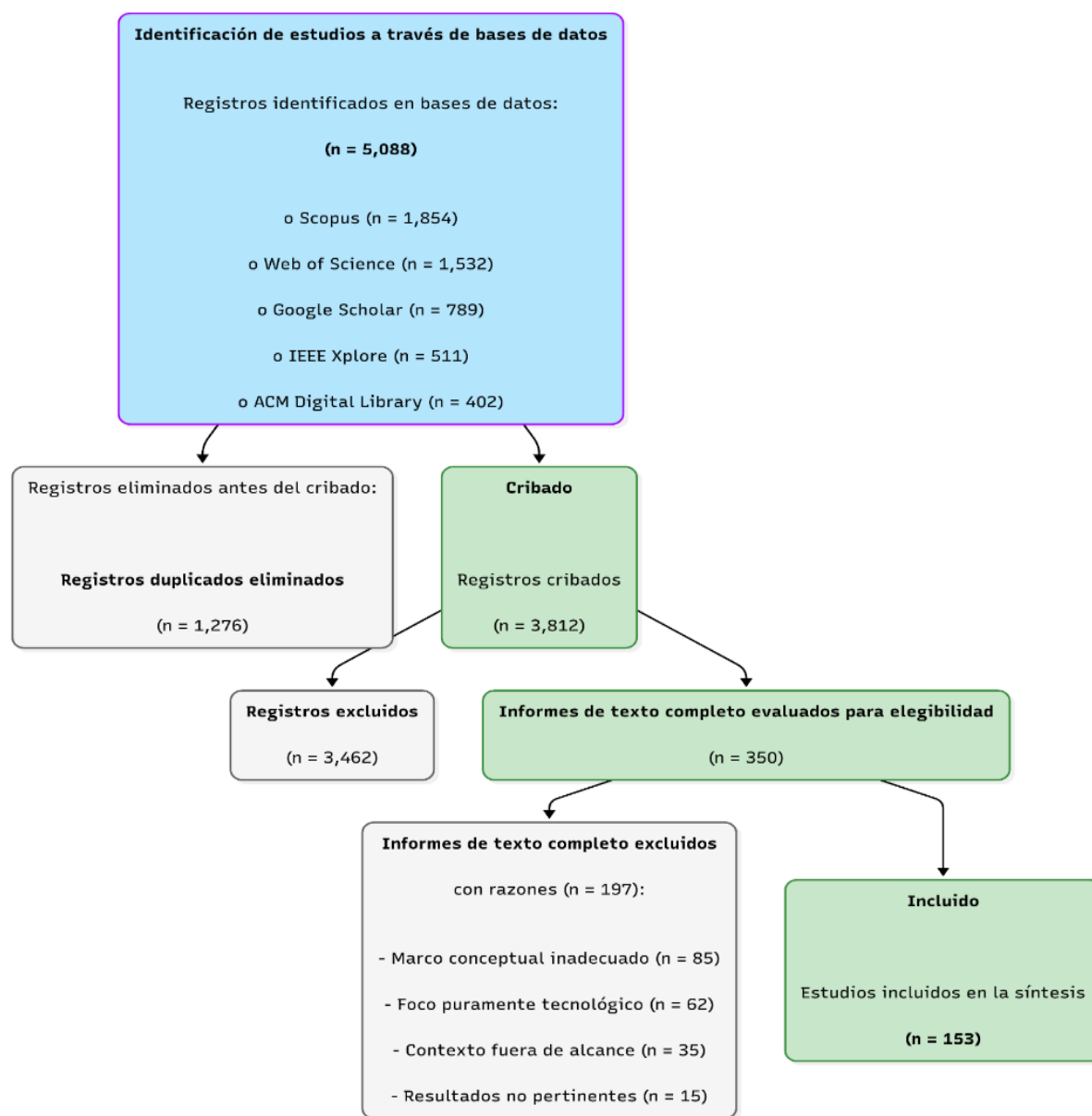


Fig 1: Diagrama de Flujo Prisma 2020 del proceso de selección de estudios.

Extracción de Datos, Análisis Temático y Síntesis

Para cada uno de los 153 estudios incluidos, se extrajo sistemáticamente la siguiente información en una hoja de cálculo estandarizada: autor(es) y año, tipo de estudio (teórico, empírico), contexto educativo, tecnologías implicadas, componentes del sistema/modelo propuesto, principios pedagógicos subyacentes, y desafíos o limitaciones identificados.

Posteriormente, este conjunto de datos fue sometido a un análisis temático, siguiendo el enfoque reflexivo de seis fases de Braun & Clarke (2006), con el apoyo del software de análisis cualitativo NVivo. El equipo de revisión estaba compuesto por dos investigadores con experticia complementaria: uno en tecnología educativa e inteligencia artificial, y otro en diseño curricular y pedagogía, para garantizar una evaluación equilibrada. Se realizó una codificación inductiva línea por línea para identificar conceptos y patrones recurrentes. Por ejemplo, códigos iniciales como 'seguimiento del clic',

'medición del tiempo en tarea' o 'análisis de errores' se agruparon en un tema de primer orden denominado 'Fuentes de datos del estudiante'. A su vez, este tema, junto con otros como 'Modelado afectivo' y 'Autoinformes metacognitivos', se consolidó en la categoría temática de nivel superior 'Modelado Holístico del Aprendiz', que finalmente informó el diseño del Pilar 1: Diagnóstico Dinámico y Multimodal.

La fase final de síntesis fue un proceso iterativo y dialéctico. Inicialmente, las categorías temáticas (e.g., 'Modelado Holístico del Aprendiz', 'Generación de Contenido', 'Secuenciación de Tareas', 'Interfaces de Usuario', 'Mecanismos de Retroalimentación') se agruparon en bloques funcionales basados en su rol dentro de un ciclo de aprendizaje sistémico. Por ejemplo, todos los temas relacionados con la recolección de información sobre el estudiante se consolidaron en la función de «Entrada» o «Diagnóstico». Los temas sobre la creación de materiales se agruparon en «Producción». El proceso de toma de decisiones sobre la trayectoria se convirtió en el «Núcleo de Procesamiento». Este mapeo funcional, contrastado con modelos de sistemas de control y arquitecturas de software, condujo directamente a la conceptualización de los cinco pilares interdependientes: Diagnóstico (entrada), Motor de Contenido (recursos), Orquestador (control), Interfaz (interacción) y *Dashboard* (retroalimentación), asegurando que la arquitectura del MAC-HIA emergiera lógicamente de las funciones identificadas en la literatura.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El Marco de Adaptabilidad Curricular para Entornos Híbridos con IA (MAC-HIA)

Esta sección presenta el resultado principal de este trabajo: el Marco de Adaptabilidad Curricular para Entornos Híbridos con IA (MAC-HIA). Se propone como un modelo conceptual diseñado para guiar a investigadores, diseñadores instruccionales y desarrolladores en la creación de ecosistemas de aprendizaje híbridos capaces de una adaptación curricular profunda y sistémica.

El diseño del MAC-HIA no es tecnológicamente determinista; su arquitectura está fundamentada en tres principios pedagógicos clave que orientan el funcionamiento de todos sus componentes, como se resume a continuación (tabla 1).

Tabla 1. Principios Pedagógicos Rectores del MAC-HIA y su Aplicación en los Pilares del Marco.

Principio Pedagógico	Definición Central	Aplicación Principal en el MAC-HIA
Constructivismo Social (Vygotsky, 1978)	El conocimiento se construye a través de la interacción social; por tanto, el aprendizaje individual se enriquece y acelera mediante la colaboración mediada por pares o expertos.	Pilar 3 (Orquestador): Propone actividades colaborativas y formación de grupos. Pilar 4 (Interfaz): Facilita la interacción entre pares.
Teoría de la Carga Cognitiva (Sweller, 1988)	La capacidad de procesamiento cognitivo humano es limitada. La instrucción debe diseñarse para minimizar la carga extrínseca (relacionada con el formato) y gestionar la intrínseca (relacionada con la complejidad del tema).	Pilar 2 (Motor de Contenido): Adapta la complejidad y el formato del material. Pilar 1 (Diagnóstico): Evalúa el conocimiento previo para ajustar la carga.
Diseño Universal para el Aprendizaje (UDL) (Rose & Meyer, 2002)	Un marco de diseño proactivo que busca eliminar barreras al aprendizaje, ofreciendo flexibilidad y opciones en cómo se presenta la información, cómo los estudiantes demuestran su saber y cómo se fomenta su motivación.	Principio Transversal: Pilar 2 (múltiples formatos de contenido), Pilar 4 (múltiples formas de interactuar), Pilar 5 (fomento del compromiso y la agencia).

El MAC-HIA se estructura en cinco pilares interconectados que, en teoría, operarían en un ciclo continuo de diagnóstico, acción y retroalimentación, como se ilustra en la arquitectura conceptual del marco (figura 2)



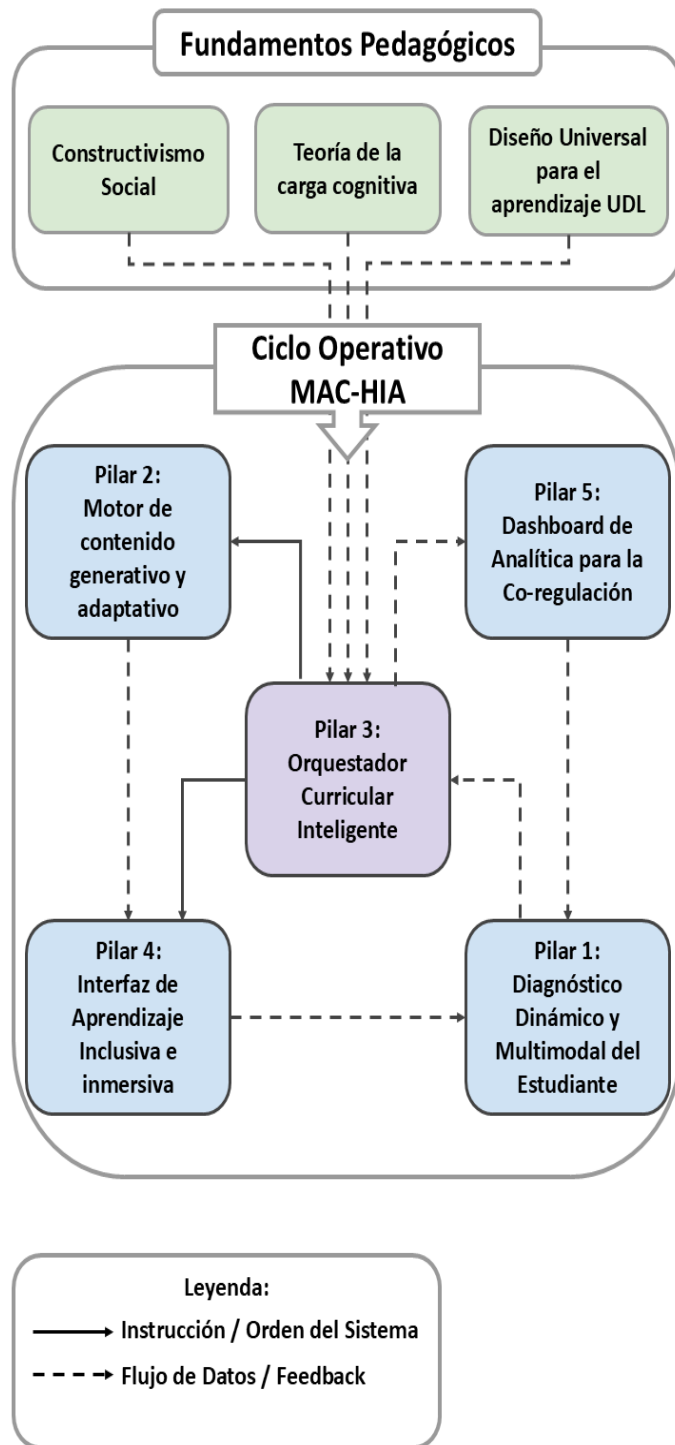


Fig 2: Arquitectura Conceptual del Marco MAC-HIA.

A continuación, se describen los componentes funcionales de cada pilar.

Pilar 1: Diagnóstico Dinámico y Multimodal del Estudiante

Fundamentado en décadas de investigación sobre el Modelado del Estudiante (*Student Modeling*) en los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS), el Pilar 1 actúa como la base sensorial del sistema. La novedad del MAC-HIA no reside en la idea de modelar al aprendiz, sino en la expansión de este concepto a una escala dinámica y multimodal sin precedentes. A diferencia de los modelos tradicionales que se centran principalmente en el conocimiento procedimental, nuestra propuesta integra sistemáticamente datos de interacción (LMS), biométricos y autoinformes afectivos para alimentar no solo la adaptación de tareas (micro-adaptación), sino las decisiones estratégicas de reconfiguración curricular del Orquestador (macro-adaptación).

Pilar 2: Motor de Contenido Generativo y Adaptativo

Fundamentado en décadas de investigación sobre el Modelado del Estudiante (*Student Modeling*) en los Sistemas de Tutoría Inteligente (ITS), el Pilar 1 actúa como la base sensorial del sistema. La novedad del MAC-HIA no reside en la idea de modelar al aprendiz, sino en la expansión de este concepto a una escala dinámica y multimodal sin precedentes. A diferencia de los modelos tradicionales que se centran principalmente en el conocimiento procedimental, esta propuesta integra sistemáticamente datos de interacción (LMS), biométricos y autoinformes afectivos para alimentar la adaptación de tareas (micro-adaptación), y las decisiones estratégicas de reconfiguración curricular del Orquestador (macro-adaptación).

Pilar 3: Orquestador Curricular Inteligente

Este componente representa el núcleo de procesamiento y toma de decisiones del sistema. A diferencia de los sistemas adaptativos que solo seleccionan el siguiente contenido, el Orquestador opera a un nivel estratégico superior. Sus funciones teóricas clave son: (a) **Secuenciación dinámica**, diseñando y reconfigurando trayectorias de aprendizaje completas; (b) **Asignación de modalidad**, recomendando el formato de instrucción más adecuado (presencial, en línea, individual o colaborativo); y (c) **Recomendación de objetivos**, proponiendo nuevos objetivos de aprendizaje intermedios o de refuerzo. Si bien se podrían explorar arquitecturas basadas en aprendizaje por refuerzo (RL), se reconoce que su implementación a escala curricular completa es un problema de investigación abierto y de alta complejidad.

Pilar 4: Interfaz de Aprendizaje Inclusiva e Inmersiva

Este pilar es el punto de contacto entre el estudiante y el ecosistema. Su diseño debe seguir rigurosamente los

principios de UDL y accesibilidad (WCAG). Se proyecta la integración coherente de tecnologías como la Realidad Extendida (XR) para laboratorios virtuales y simulaciones, así como una accesibilidad nativa y una experiencia de usuario fluida entre distintas modalidades y dispositivos.

Pilar 5: Dashboard de Analítica para la Co-regulación

Este pilar cierra el ciclo de retroalimentación, traduciendo los datos en información accionable para el docente y el estudiante. Para el docente, un *dashboard* permitiría visualizar el progreso de la clase, identificar estudiantes en riesgo y comprender las decisiones del Orquestador (vía IA Explicable), permitiendo intervenciones pedagógicas de alto valor. Para el estudiante, y en línea con las aplicaciones establecidas de *dashboards* de analítica (Verbert et al., 2013), un panel personal buscaría promover la metacognición y la autorregulación, mostrando su progreso y fomentando su agencia en el proceso de aprendizaje (Schunk & Zimmerman, 2012).

Escenario de Aplicación: Un Caso de Uso del MAC-HIA

Para ilustrar la operación integrada del marco, considérese el caso de "Sofía", una estudiante universitaria en un curso híbrido de Biología Celular.

- 4. **Diagnóstico (Pilar 1):** Al iniciar un módulo, el sistema detecta que Sofía tiene conceptos erróneos sobre un prerrequisito.
- 5. **Orquestación (Pilar 3):** El Orquestador inserta un micro-módulo de nivelación en la trayectoria de Sofía y le asigna una simulación interactiva en línea como la modalidad más adecuada.
- 6. **Generación de Contenido (Pilar 2):** El motor genera una explicación personalizada y preguntas de práctica adaptativas para dicho módulo.
- 7. **Interacción (Pilar 4):** Sofía accede al módulo a través de su tablet, interactuando con la simulación y un *chatbot* de apoyo.
- 8. **Retroalimentación (Pilar 5):** El *dashboard* del docente le alerta sobre la intervención, mientras que el de Sofía le muestra su progreso, fomentando su metacognición antes de reincorporarla a la trayectoria principal.

DISCUSIÓN

Esta sección analiza críticamente el marco MAC-HIA, contextualizando su novedad, discutiendo sus principales implicaciones, y abordando sus limitaciones y los desafíos inherentes a su implementación.

Novedad del MAC-HIA y Comparación con Marcos Existentes

La novedad fundamental del MAC-HIA radica en su enfoque en la **macro-adaptación curricular**, en contraste con la **micro-adaptación** que caracteriza a la mayoría de los sistemas de aprendizaje adaptativo actuales. La micro-adaptación optimiza la selección del siguiente contenido dentro de una secuencia predefinida, mientras que la macro-adaptación, conceptualizada en el Pilar 3, implica la capacidad de reconfigurar dinámicamente la propia estructura del currículo.

Esta distinción se clarifica al contrastar el MAC-HIA tanto con los modelos híbridos predominantes como con marcos teóricos relevantes (ver tabla 2 y 3).

Tabla 2. Comparativa de Modelos Educativos Híbridos y su Nivel de Adaptabilidad Curricular.

Característica	Modelo Rotacional/Flex	Modelo HyFlex	Propuesta MAC-HIA
Foco Principal	Logística y optimización de recursos.	Flexibilidad de acceso y agencia del estudiante en la modalidad.	Adaptabilidad curricular y personalización profunda.
Adaptación del Contenido	Bajo: El mismo contenido para todos, cambia el medio de entrega.	Bajo-Medio: El mismo contenido, pero el estudiante elige cómo y cuándo acceder.	Alta y Dinámica: El contenido (formato, complejidad, ejemplos) se genera y adapta en tiempo real (Pilar 2).
Adaptación de la Trayectoria	Nula: La secuencia curricular es fija y lineal para todos.	Nula: La secuencia de objetivos y temas es fija para todos.	Alta y Dinámica: La secuencia, los objetivos y las actividades se reconfiguran individualmente (Pilar 3).



Rol de la Tecnología	Herramienta de entrega (LMS, videos).	Plataforma de acceso y comunicación (Streaming, LMS).	Ecosistema integrado y proactivo (IA, XR, IoT, Analítica).
Nivel de Inclusión	Dependiente del diseño del docente (diferenciación manual).	Alta en acceso, pero limitada por la rigidez del contenido.	Inclusión por Diseño (UDL) en todos los pilares.

Tabla 3. Comparación del MAC-HIA con Marcos Teóricos Relevantes como ITS y 4C/ID

Característica	ITS Tradicional (p.ej., basado en Corbett & Anderson)	Modelo 4C/ID (van Merriënboer)	Propuesta MAC-HIA
Nivel de Adaptación	Micro-adaptación: Optimización de problemas y feedback dentro de tareas bien definidas (seguimiento del conocimiento).	Macro-diseño: Enfocado en el diseño de tareas de aprendizaje complejas y de soporte; la adaptación es menos dinámica.	Macro y Micro-adaptación dinámica: Reconfiguración de objetivos y trayectorias curriculares (macro) y generación de contenido al momento (micro).
Rol de la IA	Principalmente IA Adaptativa para modelar al estudiante y seleccionar contenido de un repositorio fijo.	No prescribe explícitamente el uso de IA, es un modelo de diseño para humanos.	Integración sistémica de IA Adaptativa (Pilar 3) e IA Generativa (Pilar 2), operando en simbiosis.
Enfoque en Modalidad	Generalmente agnóstico a la modalidad o centrado en un entorno único (software).	Diseñado para el aprendizaje complejo, aplicable a entornos híbridos pero no los orquesta dinámicamente.	Nativamente Híbrido: La asignación de modalidad (online/presencial) es una función central del Orquestador (Pilar 3).
Fuente de Contenido	Repositorio pre-creado y finito de problemas y explicaciones.	Materiales de soporte diseñados y seleccionados por el instructor.	Motor de Contenido Generativo y Adaptativo (Pilar 2): El contenido se crea y adapta en tiempo real.
Retroalimentación	Inmediata, correctiva, enfocada en el dominio de la tarea.	Enfocada en la metacognición y el desempeño en tareas complejas.	Multinivel: Feedback de la IA (Pilar 2) y retroalimentación para la co-regulación de estudiante y docente (Pilar 5).

Como muestran las comparaciones, mientras que los modelos prácticos se centran en la logística y los marcos teóricos en la micro-adaptación o el diseño estático, el MAC-HIA propone una síntesis única: utiliza la IA se utiliza para guiar al estudiante a través de un currículo, y para reconfigurar el currículo mismo en un contexto híbrido.

Implicaciones para la Práctica Educativa: La Transformación del Rol Docente

En respuesta a la preocupación frecuentemente citada sobre la sustitución del docente por la IA, la filosofía del MAC-HIA se alinea con una visión de potenciación. Se postula que la automatización de tareas repetitivas, como la calificación de ejercicios básicos o la selección de recursos de nivelación, puede potencialmente reducir la carga operativa del docente. En teoría, esto puede permitirle dedicar más tiempo a funciones humanas de alto valor. Sin embargo, esta transición no es automática y depende críticamente de un rediseño del rol docente y de una formación continua, representando uno de los mayores desafíos de implementación. En un ecosistema MAC-HIA, se proyecta que el rol del docente evolucione de "transmisor de contenido" a un perfil multifacético: diseñador de experiencias, mentor y facilitador que realiza intervenciones personalizadas, y analista de datos educativos que mejora continuamente el curso.

Potencial para la Equidad y el Riesgo de Sesgo Algorítmico

Gobernado por el principio de Diseño Universal para el Aprendizaje (UDL), el MAC-HIA tiene un potencial considerable para atender a la neurodiversidad y reducir las brechas de aprendizaje al identificar y remediar lagunas de conocimiento de forma proactiva. Sin embargo, este potencial para la equidad está intrínsecamente ligado a un riesgo significativo: el sesgo algorítmico. Un sistema entrenado con datos históricos sesgados podría, irónicamente, automatizar y amplificar las desigualdades existentes en lugar de mitigarlas. Por lo tanto, la auditoría continua de equidad, el uso de *datasets* diversos y la supervisión humana no son opcionales, sino prerequisites indispensables para una implementación ética.

Limitaciones y Desafíos de Implementación

La viabilidad y el impacto positivo del MAC-HIA dependen de la superación de considerables desafíos éticos, técnicos y pedagógicos. Lejos de ser meros obstáculos, estos representan condiciones previas para una implementación responsable (tabla 4), los cuales se sistematizan a continuación.



Tabla 4. Desafíos Clave para la Viabilidad del MAC-HIA y Prerrequisitos para una Implementación Responsable.

Categoría	Desafío Específico	Estrategia de Mitigación / Prerrequisito Fundamental
Éticos	Sesgo algorítmico que perpetúa desigualdades	Auditorías de equidad continuas, uso de datasets diversos y representativos, y mecanismos de supervisión humana
	Privacidad y soberanía de los datos del estudiante	Enfoques de "Privacidad por Diseño", anonimización de datos y paneles de control de consentimiento para el estudiante
Técnicos	"Caja Negra" del Orquestador (falta de transparencia)	Implementación de técnicas de IA Explicable (XAI) para que docentes y estudiantes comprendan las recomendaciones del sistema
	Interoperabilidad entre los distintos pilares tecnológicos	Desarrollo basado en estándares abiertos (por ejemplo, LTI, Caliper Analytics) para garantizar la comunicación fluida entre plataformas
Pedagógicos y Organizacionales	Resistencia al cambio y falta de capacitación docente	Programas de desarrollo profesional masivos y continuos, centrados en pedagogía basada en datos y el rol de mentor/facilitador
	Transformación de la cultura institucional	Liderazgo visionario, rediseño curricular institucional y proyectos piloto para demostrar valor y ajustar la implementación

Entre estos, la falta de IA Explicable (XAI) en el Orquestador Curricular (Pilar 3) es crítica, ya que puede minar la confianza del docente y la agencia del estudiante. Asimismo, el mayor obstáculo puede ser el factor humano, que exige una profunda transformación de la cultura institucional y programas masivos de formación docente, enfocados en la pedagogía basada en datos y el nuevo rol de mentor.

CONCLUSIONES

Este artículo ha propuesto el Marco de Adaptabilidad Curricular para Entornos Híbridos con IA (MAC-HIA) como una respuesta conceptual a la rigidez de los actuales modelos educativos. La contribución fundamental del marco reside en su arquitectura sistémica, que integra la IA adaptativa, la IA generativa, la XR y la analítica del aprendizaje para posibilitar una macro-adaptación curricular dinámica.

Las implicaciones de este marco son sustanciales. Para la teoría educativa, ofrece un andamiaje para investigar la co-regulación híbrida humano-IA, un concepto clave para entender cómo la agencia se comparte entre estudiantes, docentes y sistemas inteligentes (Molenaar, 2022). Para la práctica y las políticas públicas, subraya que la transformación digital exige inversión en infraestructuras de datos, nuevos modelos de formación docente y marcos éticos robustos.

Es fundamental reconocer que el MAC-HIA se presenta aquí como un marco puramente conceptual, y su principal limitación es la ausencia de validación empírica. Esta limitación, sin embargo, define una clara agenda

de investigación futura centrada en el desarrollo de prototipos, estudios de implementación en contextos reales, y la investigación sobre la ética y transparencia algorítmica.

En definitiva, aunque el camino hacia la plena realización del MAC-HIA es complejo, este marco ofrece una visión necesaria para el futuro de la educación. Apunta hacia un horizonte donde la tecnología no solo entrega información, sino que orquesta experiencias de aprendizaje profundamente humanas, inclusivas y de mayor impacto educativo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Beatty, B. J. (2019). *Hybrid-flexible course design: Implementing student-directed hybrid classes*. EdTech Books.

Braun, V., & Clarke, V. (2006). Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*, 3(2), 77–101. <https://doi.org/10.1191/1478088706qp0630a>

Corbett, A. T., & Anderson, J. R. (1994). Knowledge tracing: Modeling the acquisition of procedural knowledge. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 4(4), 253–291. <https://doi.org/10.1007/BF01099821>

D’Mello, S., & Graesser, A. (2012). AutoTutor and affective AutoTutor: Learning by talking with cognitively and emotionally intelligent computers that talk back. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems (TiiS)*, 2(4), 1-39. <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/2395123.2395128>



- Hodges, C., Moore, S., Lockee, B., Trust, T., & Bond, A. (2020, March 27). The difference between emergency remote teaching and online learning. *Educause Review*. <https://er.educause.edu/articles/2020/3/the-difference-between-emergency-remote-teaching-and-online-learning>
- Kasneci, E., Sessler, K., Küchemann, S., Bannert, M., Dementieva, D., Fischer, F., ... & Kasneci, G. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education. *Learning and Individual Differences*, 103, Article 102274. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2023.102274>
- Mazhar, A. A., & Al Rifaee, M. M. (2023, August). A Systematic Review of the use of Virtual Reality in Education. In *2023 International Conference on information technology (ICIT)* (pp. 422-427). IEEE. <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/10225794/>
- Molenaar, I. (2022). The concept of hybrid human-AI regulation: Exemplifying how to support young learners' self-regulated learning. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 3, 100070. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666920X2200025X>
- Pane, J. F., Steiner, E. D., Baird, M. D., & Hamilton, L. S. (2015). *Continued progress: Promising evidence on personalized learning*. RAND Corporation.
- Raes, A. (2022). Exploring student and teacher experiences in hybrid learning environments: Does presence matter? *Postdigital Science and Education*, 4(1), 138–159. <https://link.springer.com/article/10.1007/s42438-021-00274-0>
- Rose, D. H., & Meyer, A. (2002). *Teaching every student in the digital age: Universal design for learning*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Siemens, G. (2013). Learning analytics: The emergence of a discipline. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1380–1400. <https://doi.org/10.1177/0002764213498851>
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4
- Schunk, D. H., & Zimmerman, B. J. (Eds.). (2012). *Motivation and self-regulated learning: Theory, research, and applications*. Routledge.
- Tomlinson, C. A. (2014). *The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners*. ASCD.
- Torraco, R. J. (2005). Writing integrative literature reviews: Guidelines and examples. *Human Resource Development Review*, 4(3), 356–367. <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1534484305278283>
- VanLehn, K. (2011). The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46(4), 197–221. <https://doi.org/10.1080/00461520.2011.611369>
- Verbert, K., Duval, E., Klerkx, J., Govaerts, S., & Santos, J. L. (2013). Learning analytics dashboard applications. *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1500–1509. <https://doi.org/10.1177/0002764213479363>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Zawacki-Richter, O., Marín, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(1), Article 39. <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>