

RECIBIDO: 15 DE MAYO DE 2026. REVISADO: 20 DE MAYO DE 2026. ACEPTADO: 2 DE JUNIO DE 2026.

EVALUACIÓN DE UNA SECUENCIA DIDÁCTICA TRANSVERSAL ENTRE ARDUINO Y MIT APP INVENTOR

*EVALUATION OF A CROSS-CURRICULAR
DIDACTIC SEQUENCE BETWEEN ARDUINO
AND MIT APP INVENTOR*

Dr. Javier Díaz Sánchez

Doctor en Ciencias de la Educación y Tecnología
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla-ULC
javier.diazsa@correo.buap.mx

ORCID: 0000-0002-5851-9636

Puebla, Puebla, México

RESUMEN

Este artículo de investigación-acción con enfoque cualitativo, evalúa la incidencia de una secuencia didáctica de transversalidad curricular entre las asignaturas Innovación de Aplicaciones y Dispositivos Autónomos del Bachillerato General BUAP. El problema central es la fragmentación curricular que limita el pensamiento computacional, la motivación tecnológica y la cultura digital de los estudiantes. La intervención fundamentada en los modelos EAC de Jonassen (1999) y Papert (1980), se desarrolla en cinco fases didácticas en las que los estudiantes construyen un prototipo electrónico controlado desde una aplicación Android vía Bluetooth. La evaluación triangula rúbrica de portafolios, encuesta Likert y observación docente, los resultados presentaron que el 95 % de los portafolios alcanzó un nivel adecuado o excelente, y la valoración promedio de los estudiantes fue de 4.60/5, con la integración de saberes como dimensión mejor calificada (4.68/5). La conclusión considera que la secuencia genera transversalidad, alcances formativos y medibles en el rendimiento académico.

Palabras clave: Aprendizaje basado en proyectos; Investigación-acción; Prototipos, Transversalidad; STEM

ABSTRACT

This action-research article, with a qualitative approach, evaluates the impact of a curricular transversality didactic sequence between the courses Innovación de Aplicaciones (Application Innovation) and Dispositivos Autónomos (Autonomous Devices) in the BUAP General Bachillerato program. The central problem is curricular fragmentation, which limits students' computational thinking, technological motivation, and digital culture. The intervention, grounded in the constructionist learning environment models of Jonassen (1999) and Papert (1980), is implemented across five didactic phases in which students build an electronic prototype controlled from an Android application via Bluetooth. The evaluation triangulates a portfolio rubric, a Likert survey, and teacher observation; results showed that 95% of portfolios reached an adequate or excellent level, and students' average rating was 4.60/5, with knowledge integration scoring highest (4.68/5). The conclusion holds that the sequence fosters transversality, with formative and measurable effects on academic performance.

Keywords: Project-based learning; Action research; Prototypes; Cross-disciplinarity; STEM

INTRODUCCIÓN



El Bachillerato General BUAP, se enfrenta el imperativo de preparar a sus estudiantes no solo en competencias disciplinares aisladas, sino en la construcción de competencias integradoras que les permitan abordar problemas complejos del entorno tecnológico actual. En el Área de Informática, este imperativo adquiere una dimensión especialmente relevante: las asignaturas de Innovación de Aplicaciones (5.º semestre) y Dispositivos Autónomos (6.º semestre) abordan contenidos que, articulados, constituyen la base tecnológica de los sistemas de Internet de las Cosas (IoT) —una de las competencias más demandadas por el mercado laboral tecnológico del siglo XXI (Wing, 2006; Prensky, 2001). Sin embargo, la organización curricular vigente trata estas asignaturas como unidades independientes: en Innovación de Aplicaciones, los estudiantes aprenden a crear aplicaciones móviles con MIT App Inventor, utilizando bloques visuales, diseño de interfaces, sensores del smartphone y comunicación Bluetooth; en Dispositivos Autónomos, aprenden a programar la placa Arduino Uno con C para controlar sensores y actuadores electrónicos; la paradoja pedagógica es evidente: los mismos bloques Bluetooth que el alumno aprende en App Inventor son exactamente los que pueden controlar el dispositivo Arduino que programa en Dispositivos Autónomos, pero esta conexión natural nunca se materializa en la experiencia de aprendizaje porque ninguna de las dos asignaturas la diseña explícitamente. Esta fragmentación curricular genera consecuencias académicas significativas: los estudiantes no transfieren los

conocimientos de programación entre asignaturas, perciben los contenidos como abstractos e irrelevantes para la vida real, y no desarrollan el pensamiento computacional integrado, por ejemplo, la capacidad de diseñar sistemas donde el software controla al hardware, hecho que el mercado laboral y la educación superior demandan (Morán Oviedo, 2010; Blikstein, 2013).

El presente artículo documenta el diseño, implementación y evaluación de una secuencia didáctica transversal basada en el modelo de Entornos de Aprendizaje Constructivistas (EAC) de Jonassen (1999) y los principios sobre aprender haciendo de Papert (1980), orientada a producir un prototipo electrónico-digital controlado desde una App mediante comunicación Bluetooth. Los resultados preliminares observados como el 95 % de portafolios con calidad adecuada-excelente y una media Likert de 4.60/5, justifican la documentación formal de esta práctica como contribución al campo de la pedagogía tecnológica en el nivel medio superior.

Objetivo general

Evaluar la eficiencia académica de una práctica de transversalidad curricular entre Innovación de Aplicaciones (MIT App Inventor, 5.º sem.) y Dispositivos Autónomos (Arduino Básico, 6.º sem.) del bachillerato general BUAP, mediante el diseño, implementación y evaluación de una secuencia didáctica basada en el modelo EAC de Jonassen (1999) y los principios de Papert (1980), orientada al control de dispositivos electrónico-digitales mediante aplicaciones móviles.

Objetivos específicos

- Diseñar una secuencia didáctica transversal de cinco fases alineada con los siete elementos del modelo EAC de Jonassen (1999) e integrada con los principios de fabricación y debugging de Papert (1980), que articule los contenidos de MIT App Inventor con los de Arduino Básico para el desarrollo de un prototipo electrónico-digital controlado desde una App Android mediante Bluetooth.
- Implementar prácticas de laboratorio orientadas al desarrollo de prototipos funcionales que integren hardware programable (Arduino Uno, sensores y actuadores) con software de desarrollo móvil (MIT App Inventor, comunicación BT), cubriendo el ciclo completo de diseño, ensamblaje, codificación, prueba, depuración y presentación.
- Analizar, mediante rúbrica analítica de portafolios y encuesta Likert de 15 ítems en cuatro dimensiones, la repercusión de la secuencia en el rendimiento académico, la integración de conocimientos y la percepción del proceso formativo.

RELEVANCIA PEDAGÓGICA

La pedagogía constructivista, en sus expresiones más influyentes: Vygotsky (1978), Ausubel (2002), Kolb (1984), Jonassen (1999) y Papert (1980, coincide en que el aprendizaje más profundo y duradero ocurre cuando el estudiante construye conocimiento activamente a través de problemas auténticos, artefactos tangibles e interacción social significativa, así mismo, la integración de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje constituye actualmente una prioridad para el fortalecimiento de las competencias digitales de los educadores, quienes deben capacitarse en el uso de recursos digitales para responder a las demandas de una sociedad cada vez más digitalizada (Santiago-Trujillo & Garvich-Ormeño, 2024); por ende, la propuesta de articular App Inventor y Arduino en un sistema de control electrónico-digital satisface con

precisión cada uno de estos requisitos, pues aborda un problema real y socialmente relevante (robótica, automatización), produce un artefacto funcional demostrable (el prototipo controlado por la App), demanda trabajo colaborativo con roles definidos y activa el ciclo completo de depuración iterativa que Papert (1980) identifica como la experiencia metacognitiva más valiosa en el aprendizaje computacional.

La transversalidad académica responde a la necesidad de superar la enseñanza compartimentada, promoviendo que los estudiantes integren competencias de diferentes momentos formativos. En el área de Informática, el manejo de software y hardware por separado no refleja la realidad del desarrollo tecnológico, donde ambas capas deben interoperar; La falta de articulación entre 5to y 6to semestre genera que los alumnos olviden o infrautilicen los aprendizajes de App Inventor al llegar a Arduino, y que no exploten el potencial de control móvil de dispositivos.

El plan de estudios del bachillerato general BUAP contempla, en semestres consecutivos, los contenidos de MIT App Inventor (Innovación de Aplicaciones, 5.º sem.) y Arduino Básico (Dispositivos Autónomos, 6.º sem.); esta proximidad temporal y conceptual es una oportunidad curricular que el docente puede capitalizar mediante un diseño explícito de transversalidad profunda, donde las disciplinas se necesitan mutuamente para producir el artefacto, y no simplemente como uso instrumental de una al servicio de la otra (Morán Oviedo, 2010). Por ende, la secuencia propuesta materializa esa articulación: la App no tiene sentido sin el dispositivo que controla, y el dispositivo no tiene interfaz sin la App.

Los datos observacionales previos al ciclo formal de investigación son sólidos: el 95 % de los portafolios alcanzó niveles Adecuado o Excelente con la rúbrica analítica (meta establecida: 90 %). La encuesta Likert piloto muestra medias superiores

a 4.4/5 en las cuatro dimensiones, con la integración de conocimientos y transversalidad académica como la más valorada (4.68/5). El ítem sobre la utilidad percibida de aprender App Inventor y Arduino de forma integrada alcanzó 4.8/5, confirmando que los estudiantes no solo logran la integración técnica, sino que la perciben como pedagógicamente significativa.

Finalmente, en la etapa del marco teórico la revisión de antecedentes permite identificar la brecha académica que este estudio intenta llenar ya que: existen investigaciones sobre el uso pedagógico de Arduino (Blikstein, 2013), sobre App Inventor en educación (Prensky, 2001) y sobre transversalidad en NMS (Morán Oviedo, 2010), pero ningún estudio articula explícitamente el modelo EAC de Jonassen con los principios de Papert en el contexto específico de la integración MIT App Inventor (Innovación de Aplicaciones) y Arduino Básico (Dispositivos Autónomos) como práctica transversal en el bachillerato general BUAP, evaluada con portafolios y encuesta Likert, siendo esta articulación la contribución original del presente trabajo.

MARCO TEÓRICO

David Jonassen propone que un entorno de aprendizaje genuinamente constructivista debe integrar siete elementos interdependientes: (1) un problema o proyecto auténtico que sitúe al aprendiz en un contexto real; (2) casos relacionados que ofrezcan referentes sin prescribir el camino; (3) recursos de información accesibles; (4) herramientas cognitivas que amplíen las capacidades de pensamiento; (5) herramientas de conversación y colaboración; (6) apoyo social y contextual del docente y los pares; y (7) evaluación auténtica alineada con los objetivos (Jonassen, 1999). En la secuencia propuesta: el proble-

ma auténtico es controlar un dispositivo electrónico desde una App Android; los casos son prototipos de robótica básica presentados en la fase de final del prototipo; los recursos son los repositorios de ejemplos Arduino y App Inventor; la herramienta cognitiva es el sistema integrado Arduino–App Inventor–Bluetooth; la colaboración se materializa en el trabajo en equipo con roles definidos; el andamiaje docente proporciona el apoyo contextual; y la rúbrica analítica del portafolio es la evaluación auténtica.

Por su parte, el autor Seymour Papert (1980) postula que el aprendizaje más poderoso ocurre cuando el estudiante construye un artefacto tangible —físico o digital— que puede ser mostrado, compartido y mejorado. En la secuencia propuesta, el prototipo electrónico-digital controlado por la App Android es ese artefacto constructor: integra conocimientos de dos semestres, es funcionalmente demostrable y es susceptible de mejora iterativa. La noción de debugging —identificar si el fallo está en el código Arduino, en el diseño de la App o en el circuito— es, para Papert, la experiencia metacognitiva más valiosa que el trabajo con tecnología puede proporcionar al aprendiz. En conclusión, se converge en la combinación de ambos enfoques, que dan sustento a la secuencia didáctica: los estudiantes construyen un dispositivo tangible (Arduino) y una interfaz digital (App Inventor) que lo controla, resolviendo un problema concreto.

Por otro lado, es importante destacar la aportación de dos autores, que permiten dimensionar la secuencia y al análisis de los datos, a partir de la integración del trabajo colaborativo y el aprendizaje significativo; en ese sentido, Vygotsky (1978) define la Zona de Desarrollo Próximo como el espacio entre lo que el estudiante puede hacer solo y lo que puede lograr con apoyo; en la secuencia, los saberes de App Inventor adquiridos en Innovación de Aplicaciones (5.º sem.) actúan como andamio cognitivo para la programación Arduino (6.º sem.): el estudiante no parte de cero, sino de una base de lógica de programación por bloques que facilita la comprensión

de C; así mismo, el trabajo colaborativo entre pares con distintos niveles de dominio en programación y electrónica activa permanentemente esta zona. Ausubel (2002) establece que el aprendizaje significativo ocurre cuando el nuevo conocimiento se ancla en estructuras cognitivas previas. Morán Oviedo (2010) añade que la transversalidad profunda, donde las disciplinas se articulan en una red de significados que ninguna puede construir por sí sola, lo anterior potencia ese anclaje al crear contextos de aplicación que dan sentido simultáneo a los contenidos de ambas asignaturas; finalmente, la interdependencia tecnológica entre la App (MIT App Inventor) y el dispositivo (Arduino) obliga a una interdependencia pedagógica que enriquece el aprendizaje de ambas asignaturas de manera recíproca.

Por su parte, Kolb (1984) plantea el aprendizaje experiencial a partir de un ciclo de cuatro etapas: experiencia concreta, observación reflexiva, conceptualización abstracta y experimentación activa, el cual se manifiesta en cada fase de la secuencia didáctica propuesta, ahora, desde el campo de la fabricación digital, Blikstein (2013) sostiene que dispositivos como Arduino no son solo objetos técnicos, sino artefactos cognitivos que permiten a los estudiantes materializar ideas abstractas en prototipos funcionales.

Así mismo, en atención al perfil del alumnado, Prensky (2001) caracteriza a los estudiantes de bachillerato como "nativos digitales", quienes demandan metodologías activas con tecnología real, lo que justifica la integración de App Inventor y Arduino, la cual responde directamente a esta expectativa generacional, promoviendo un aprendizaje relevante y contextualizado. En cuanto al desarrollo de competencias clave, Wing (2006) define el pensamiento computacional como una habilidad fundamental para el siglo XXI. La integración de App Inventor y Arduino constituye un escenario paradigmático para su desarrollo en el NMS, ya que combina abstracción, descomposición, reconocimiento de patrones y diseño algorítmico.

Finalmente, Díaz-Barriga (2006) aporta el marco metodológico de las secuencias didácticas situadas, articuladas con situaciones-problema auténticas. Este enfoque se aplica directamente en la secuencia transversal propuesta, asegurando que las actividades de aprendizaje estén ancladas en contextos reales y significativos para los estudiantes.

METODOLOGÍA

El estudio se sitúa en la metodología de investigación-acción (IA) y adopta un enfoque metodológico cualitativo (Elliot, 1993; Kemmis y McTaggart, 1988), con apoyo cuantitativo descriptivo (Creswell, 2014; Hernández-Sampieri et al., 2018). Lo cualitativo permite acceder a los significados que los participantes otorgan al proyecto, mientras que los datos cuantitativos descriptivos —obtenidos mediante un cuestionario aplicado a la muestra— caracterizan el perfil del grupo y dimensionan la frecuencia de ciertas prácticas, enriqueciendo la interpretación sin modificar la naturaleza comprensiva del estudio. La investigación se desarrolló en la Prep. Lázaro Cárdenas del Río en Puebla, México, durante el ciclo escolar 2024-2025, donde se dispuso de un total de 5 grupos de trabajo a cargo del docente-investigador, dentro de los cuales regularmente varía el número de estudiantes, pero que sumaron la cantidad de 175 personas entre las edades de 17 y 18 años de edad, el periodo de análisis abarcó al sexto semestre del Bachillerato General Universitario de la BUAP, bajo las condiciones del Programa educativo denominado Plan 07, el cual establece como tronco común la enseñanza de la programación básica de dispositivos móviles (Innovación de Aplicaciones) y programación de placas electrónica de hardware abierto como Arduino (Dispositivos Autónomos) para quinto y sexto semestre respectivamente.

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En el caso de los instrumentos de recolección de datos, se emplean tres instrumentos en triangulación metodológica:

- Rúbrica analítica de portafolios, proporciona un seguimiento académico puntual y objetivo a través de niveles y criterios, siendo esta su estructura: cinco criterios en escala 1–4 (Insuficiente a Excelente). Los portafolios contienen: mapa mental del problema (Fase 1), diagrama de circuito y boceto de interfaz App (Fase 2), prototipo V1.0 con código fuente comentado y App .apk (Fase 3), prototipo V2.0 con bitácora de depuración (Fase 4) y reporte técnico final con reflexión metacognitiva (Fase 5).
- Encuesta Likert, que permitirá percepciones, actitudes y opiniones que están fuera del proceso objetivo, pero aportan al análisis del ambiente de trabajo, se constituyen así: 15 ítems en cuatro dimensiones (Trabajo en equipo, Interés e Interactividad, Integración y Transversalidad, Identidad Vocacional y Cultura Digital), escala de 5 puntos. Aplicada al concluir la Fase 5.
- Observación docente: diario de campo estructurado con registros por sesión, enfocado en la activación de la zona de desarrollo próximo, las estrategias de

depuración colaborativa y los indicadores de motivación e integración disciplinar.

ANÁLISIS DE DATOS

El análisis de portafolios y encuesta Likert es cuantitativo–descriptivo: distribuciones de frecuencia por nivel de desempeño (rúbrica) y medias por ítem y dimensión (Likert); el análisis del diario de campo es cualitativo–interpretativo mediante categorización según los siete elementos del modelo EAC; finalmente, la triangulación de los tres instrumentos garantiza validez y confiabilidad dentro del paradigma cualitativo.

DESARROLLO

La secuencia se desarrolla en 12 sesiones distribuidas en cinco fases, implementadas en el primer bloque del 6.º semestre (Dispositivos Autónomos), con articulación explícita de los saberes de MIT App Inventor adquiridos en Innovación de Aplicaciones (5.º sem.); estas fases se exponen en la Tabla I, la cual presenta la estructura de actividades, recursos, evidencias, elemento EAC y Principios Papert y Kolb.

Tabla I. Propuesta de Secuencia didáctica aplicada en el proceso de investigación

FASE	NOMBRE / DURACIÓN	ACTIVIDADES	ELEMENTO EAC (Jonassen, 1999)	PRINCIPIO PAPERT / KOLB	RECURSOS	EVIDENCIA
1	Exploración y diagnóstico (2 sesiones)	Diagnóstico de saberes previos en App Inventor y electrónica. Presentación de prototipos de robótica básica. Lluvia de ideas sobre el problema a resolver.	Problema auténtico y contexto real. Activación de saberes previos mediante casos visuales.	'Objetos para pensar con' (Papert). Experiencia concreta (Kolb).	Proyector, smartphones, ejemplos App Inventor + Arduino	Mapa mental del problema
2	Diseño y planificación (3 sesiones)	Diagrama de conexiones (Fritzing). Pseudocódigo Arduino. Diseño de interfaz App Inventor (botones, sliders, TextBox, BT).	Representación del conocimiento. Recursos de información y modelado.	Construcción de representaciones externas. Observación reflexiva (Kolb). ZDP Vygotsky.	Fritzing, App Inventor web, cuaderno de trabajo	Diagrama de circuito + boceto de interfaz App

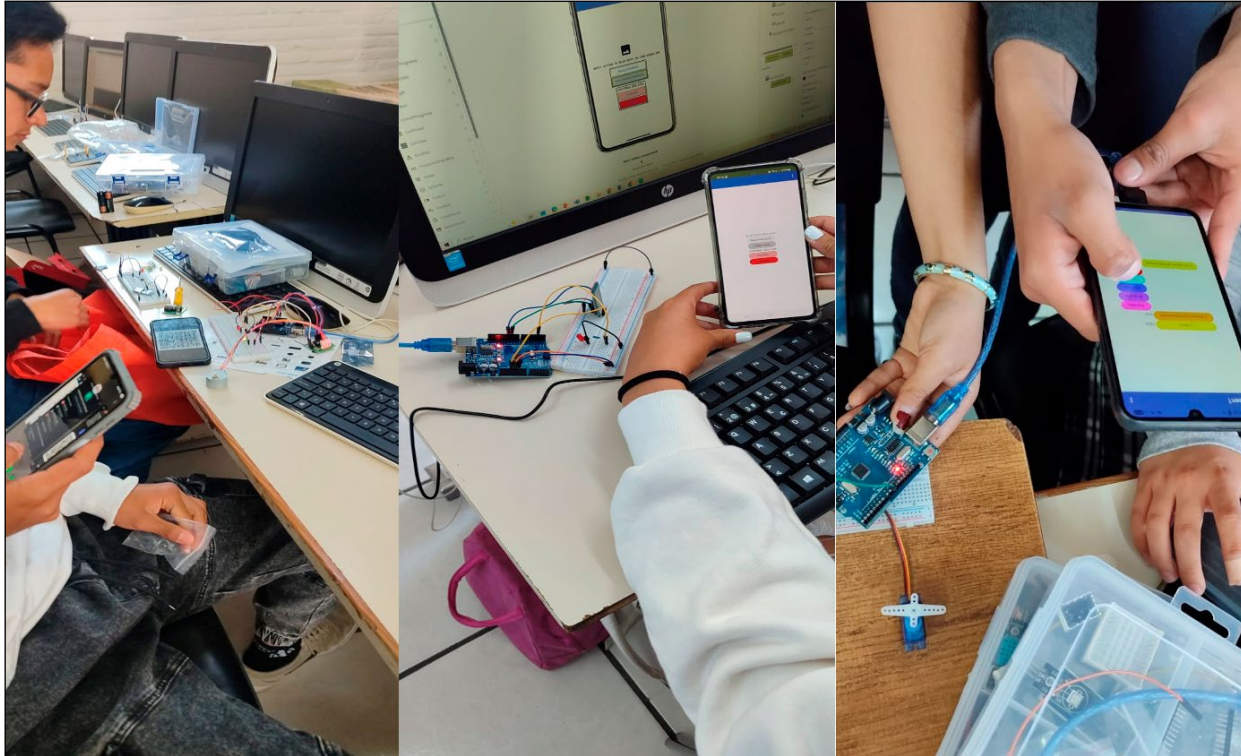
3	Implementación y ensamblaje (4 sesiones)	Ensamblaje del circuito (Arduino, sensor, actuador, HC-05). Programación IDE Arduino (C). Desarrollo App móvil en MIT App Inventor con comunicación Bluetooth.	Herramientas cognitivas y colaboración. Apoyo social y contextual del docente.	'Learning by making' (Papert). Experimentación activa (Kolb). ZDP Vygotsky.	Arduino Uno, componentes, IDE Arduino, App Inventor, HC-05	Prototipo V1.0 + código fuente comentado + app .apk
4	Prueba, depuración y ajuste (2 sesiones)	Pruebas funcionales del sistema completo. Registro de errores en bitácora. Corrección iterativa del código y el circuito.	Reflexión crítica y metacognición. Conversación y negociación de significados.	Debugging como metacognición central (Papert). Reflexión sobre la acción.	Monitor serial Arduino, tester, bitácora digital	Bitácora de errores. Prototipo V2.0
5	Presentación y evaluación (1 sesión)	Demostración en vivo del prototipo ante el grupo. Explicación de la App y el circuito. Reflexión metacognitiva grupal.	Comunicación del aprendizaje. Evaluación auténtica colaborativa.	Compartir el artefacto como acto social (Papert). Portafolio como síntesis final.	Proyector, rúbrica, portafolio digital, encuesta Likert	Portafolio completo + presentación evaluada

Nota: Las cinco fases corresponden al ciclo experiencial de Kolb (1984): Fase 1 (experiencia concreta); Fase 2 (observación reflexiva); Fase 3 (experimentación activa); Fase 4 (reflexión-debugging); Fase 5, reinicio del ciclo con la exposición pública del artefacto y la evaluación auténtica.

DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO
ELECTRÓNICO-DIGITAL

El prototipo se orienta hacia la construcción de un robot con desplazamiento básico, ya sea como vehículo o movimiento de extremidades, siendo el ciclo de desarrollo el siguiente: una placa Arduino Uno recibe señales de la comunicación inalámbrica y controla actuadores (leds, servomotores, buzzer o motores) en función de las condiciones detectadas o de los comandos recibidos desde la App Android; la comunicación se establece mediante el módulo Bluetooth, que transmite los comandos enviados por el usuario desde la interfaz diseñada en App Inventor. Este prototipo integra orgánicamente

los contenidos de ambas asignaturas: los bloques de programación y la lógica condicional de App Inventor controlan el comportamiento del sistema; la programación en C y el manejo de pines de Arduino responden a esos comandos; por otro lado, en términos técnicos, investigaciones en contextos universitarios latinoamericanos identifican su potencial para documentar el progreso estudiantil de manera longitudinal y auténtica, destacando su articulación con la evaluación formativa y la evidencia de competencias (Macías-Espinoza, F., et al, 2025). Véase Figura. 1.

Figura. 1. La secuencia didáctica en acción durante las clases en la unidad académica

RÚBRICA ANALÍTICA DE EVALUACIÓN

El producto final de todas las intervenciones en la secuencia didáctica culminó con un prototipo robusto que integró su control electrónico-digital a través de una App diseñada en el entorno de MIT App Inventor,

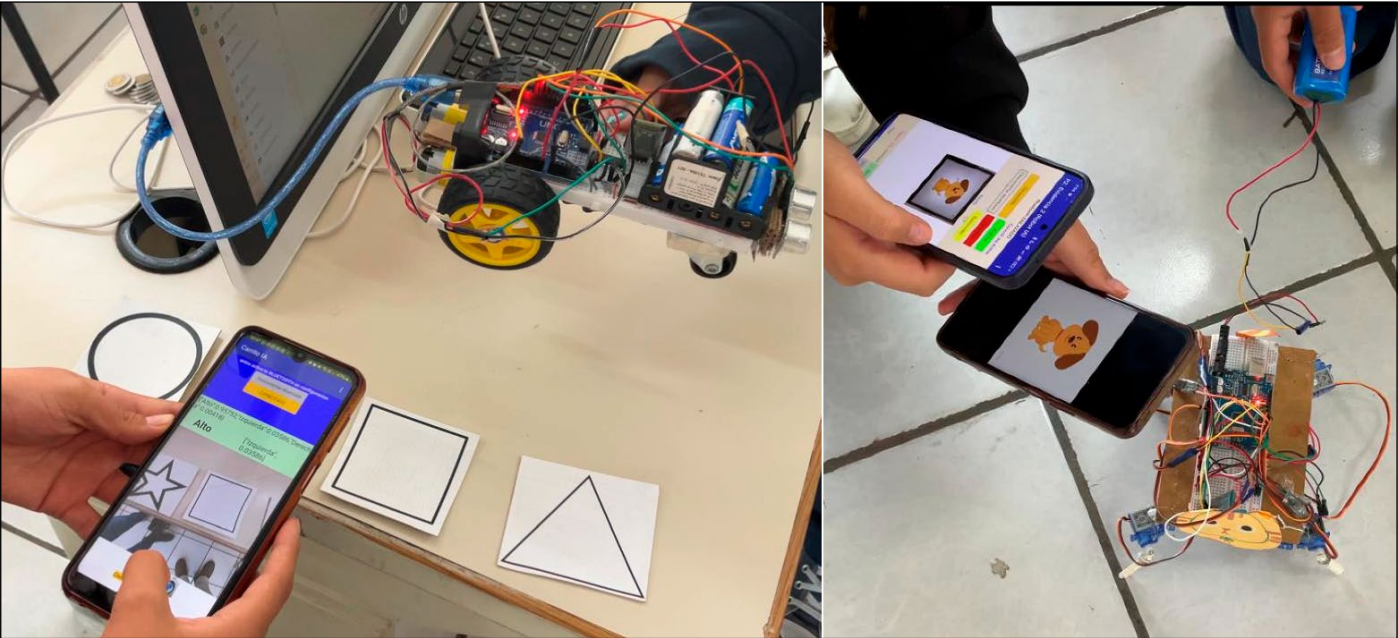
y el resultado analítico de este esfuerzo académico e integrador de los estudiantes (Véase Figura. 2), puede observarse en la Tabla II.

Tabla II. Rúbrica analítica de evaluación de Prototipo final guiado por la secuencia didáctica transversal

CRITERIO	Excelente (4)	Adecuado (3)	Básico (2)	Insuficiente (1)	% Adec. +Exc.
1. Funcionalidad del prototipo electrónico (Arduino + sensores/ actuadores)	Sistema 100 % funcional; lógica de control sin errores; comunicación BT estable.	Funciona con ajustes menores al código o circuito.	Funciona parcialmente; alguna función falla.	No funciona o ensamblaje incompleto.	92 %

2. Calidad de la aplicación móvil (App Inventor + interfaz BT)	Interfaz intuitiva, botones/sliders operativos, conexión BT sin interrupciones.	App funcional con errores leves y esporádicos.	Comunicación BT inestable; funciona solo en condiciones óptimas.	App sin conexión al prototipo.	89 %
3. Documentación técnica y reporte escrito	Reporte completo: diagramas, código comentado y reflexión metacognitiva.	Reporte completo con omisiones menores.	Reporte incompleto; falta al menos un apartado.	Sin reporte o información insuficiente.	95 %
4. Trabajo colaborativo e integración 5.º ↔ 6.º sem.	Roles definidos y documentados; integración App InventorArduino explícita en todo el reporte.	Roles parcialmente documentados; integración implícita pero perceptible.	Trabajo individual predominante; integración disciplinar escasa.	Sin evidencia de colaboración ni integración curricular.	97 %
5. Pertinencia, originalidad e incidencia del prototipo	Resuelve un problema real identificado por el equipo; propuesta original y transferible.	Propuesta funcional con adaptación parcial al contexto.	Réplica de un ejercicio de clase con mínima adaptación.	Réplica sin adaptación ni comprensión evidente.	91 %
PROMEDIO GLOBAL	95 % de entregas con calidad Adecuada o Excelente				Meta superada ✓

Figura. 2. Prototipos desarrollados por estudiantes de NMS, utilizando IA y comunicación inalámbrica



Para evaluar competencias digitales en contextos educativos se ha validado el uso de instrumentos tipo escala Likert con múltiples ítems, cuya aplicación en muestras representativas permite explorar dimensiones

como la planificación educativa, el desarrollo de la enseñanza y su evaluación, lo anterior fortalece la razón de la Tabla III (Villanueva-Flores, M., et al, 2024).

Tabla III. Encuesta Likert de percepción (instrumento parcial 8/15)

N°	ÍTEM / ENUNCIADO	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	RESULTADO OBSERVADO
DIMENSIÓN A — Trabajo en Equipo y Clima de Aprendizaje							
1	El trabajo en equipo durante el proyecto me permitió aprender más que si lo hubiera realizado individualmente.	☐	☐	☐	☐	☐	Media: 4.6 / 5
3	Los roles del equipo (quien programa Arduino, quien desarrolla la App, quien ensambla) estuvieron claramente definidos.	☐	☐	☐	☐	☐	Media: 4.3 / 5
DIMENSIÓN B — Interés, Gusto por los Temas y Ambiente Interactivo							
5	Combinar el desarrollo de una app móvil con la programación de un dispositivo físico hizo las clases más dinámicas y significativas.	☐	☐	☐	☐	☐	Media: 4.8 / 5
6	Controlar un dispositivo real desde mi smartphone aumentó mi motivación por aprender programación y electrónica.	☐	☐	☐	☐	☐	Media: 4.8 / 5
DIMENSIÓN C — Integración de Conocimientos y Transversalidad Académica							
8	Puedo identificar con claridad cómo los contenidos de Innovación de Aplicaciones (5.º sem.) y Dispositivos Autónomos (6.º sem.) se complementan en este proyecto.	☐	☐	☐	☐	☐	Media: 4.7 / 5
10	Considero que aprender App Inventor y Arduino de forma integrada es más útil que estudiarlos por separado.	☐	☐	☐	☐	☐	Media: 4.8 / 5
DIMENSIÓN D — Identidad con el Campo Laboral Tecnológico y Cultura Digital							
13	Identifico que las habilidades adquiridas (programación, electrónica, diseño de Apps) son demandadas por el mercado laboral actual.	☐	☐	☐	☐	☐	Alta frec. 4-5
14	Siento que mi cultura digital se amplió significativamente: ahora entiendo cómo funciona un sistema IoT básico.	☐	☐	☐	☐	☐	Media: 4.7 / 5

Nota: (1) Total desacuerdo (2) Desacuerdo (3) Neutral (4) De acuerdo (5) Total acuerdo

RESULTADOS

El 95 % de los portafolios se ubica en los niveles Adecuado (3) y Excelente (4), superando la meta establecida del 90 %. El criterio con mayor desempeño es el trabajo colaborativo e integración entre semestres (97 %), que constituye el indicador más directo del logro del objetivo central de la transversalidad. Le siguen la documentación técnica (95 %), la funcionalidad del prototipo

(92 %), la pertinencia e innovación (91 %) y la calidad de la App (89 %). El bajo porcentaje en niveles Básico (6 %) e Insuficiente (1.6 %) confirma que la secuencia fue apropiadamente diseñada: suficientemente desafiante para activar el pensamiento de orden superior y alcanzable con el andamiaje de las cinco fases. Véase Figura. 3.

Figura. 3. Portafolio de un equipo de trabajo con el prototipo final donde se construye un pequeño robot manejado de forma inalámbrica con una App propia



La Tabla IV presenta los resultados consolidados de la evaluación de portafolios con la rúbrica analítica, aplicada al 100 % de los trabajos participantes.

Tabla IV. Análisis del portafolio (prototipo final)

CRITERIO	Exc. (4)	Adec. (3)	Bás. (2)	Insuf. (1)	% A+E	VALORACIÓN
Funcionalidad del prototipo electrónico	64 %	28 %	6 %	2 %	92 %	Muy alto
Calidad de la App móvil (MIT App Inventor)	57 %	32 %	9 %	2 %	89 %	Alto
Documentación técnica y reporte	71 %	24 %	4 %	1 %	95 %	Muy alto
Trabajo colaborativo e integración 5.° ↔ 6.°	74 %	23 %	2 %	1 %	97 %	Excelente
Pertinencia, originalidad e incidencia	61 %	30 %	7 %	2 %	91 %	Muy alto
PROMEDIO GLOBAL	65 %	28 %	6 %	1.6 %	95 %	Muy alto

Nota: Elaboración propia

RESULTADOS DE LA ENCUESTA LIKERT

El promedio global es de 4.60/5, con el 92 % de respuestas en valores 4 y 5. La dimensión de mayor valoración es la Integración de Conocimientos y Transversalidad (4.68/5), con el ítem sobre la utilidad de aprender App Inventor y Arduino de forma integra-

da alcanzando 4.8/5. La dimensión de Interés e Interactividad (4.70/5) refleja el alto poder motivacional del prototipo funcional. La dimensión de Identidad Vocacional (4.55/5) muestra que la práctica influye positivamente en las consideraciones profesionales del estudiantado hacia áreas STEM. La Tabla V resume los resultados por dimensión de la encuesta aplicada al concluir la Fase 5.

Tabla V. Resultados de la encuesta Likert aplicada a la secuencia propuesta

DIMENSIÓN	Media (1-5)	% Resp. 4-5	% Resp. 1-2	INTERPRETACIÓN
A. Trabajo en Equipo y Clima de Aprendizaje	4.47	91 %	2 %	Muy favorable
B. Interés, Gusto e Interactividad	4.70	95 %	1 %	Excelente percepción
C. Integración de Conocimientos y Transversalidad	4.68	94 %	1 %	Transversalidad percibida con claridad
D. Identidad Vocacional y Cultura Digital	4.55	89 %	2 %	Influencia vocacional
PROMEDIO GLOBAL	4.60	92 %	1.5 %	Eficiencia académica significativa

DISCUSIÓN

El hallazgo más robusto del estudio es la trascendencia motivacional y cognitiva del prototipo funcional: la experiencia de controlar un dispositivo electrónico real desde el smartphone propio genera un nivel de implicación que las prácticas convencionales raramente alcanzan. Los ítems de la Dimensión B con media 4.8/5 —«Combinar el desarrollo de una App con la programación de un dispositivo físico hizo las clases más dinámicas» y «Controlar un dispositivo real desde mi smartphone aumentó mi motivación»— son la evidencia subjetiva de este efecto. Desde la perspectiva de Papert (1980), la clave es que el artefacto es funcionalmente útil y públicamente demostrable: el estudiante no simula controlar un sistema, lo controla de verdad, y puede demostrarlo a sus compañeros, a sus docentes y a su familia, por su parte el autor Blikstein (2013), documenta el mismo efecto en contextos de fabricación digital con Arduino en educación secundaria: los alumnos que producen artefactos funcionales muestran niveles de engagement y de transferencia del aprendizaje significativamente superiores a quienes siguen tutoriales o ejercicios predefinidos. El presente estudio extiende ese hallazgo al contexto específico de la articulación App Inventor-Arduino en el bachillerato general mexicano.

Además, la convergencia entre la Dimensión C del Likert (4.68/5) y el criterio de integración entre semestres en el portafolio (97 %) ofrece evidencia multifuente de que la práctica alcanza el nivel de transversalidad profunda descrito por Morán Oviedo (2010): los estudiantes no perciben la App y el Arduino como dos sistemas yuxtapuestos, sino como partes mutuamente dependientes de un mismo sistema que ninguna asignatura por sí sola podría producir. El ítem 10 («Aprender App Inventor y Arduino de forma integrada es más útil que estudiarlos por separado», media = 4.8/5) es la confirmación más directa de que los estudiantes han internalizado el valor pedagógico de la transversalidad.

El ítem 8 («Puedo identificar con claridad cómo los contenidos se complementan...», media = 4.7/5) confirma la hipótesis pedagógica central del estudio: que los saberes de Innovación de Aplicaciones actúan como andamio efectivo para el aprendizaje de Dispositivos Autónomos, en línea con la teoría del aprendizaje significativo de Ausubel (2002) y con la ZDP de Vygotsky (1978). Este hallazgo tiene implicaciones

prácticas directas para el diseño curricular: justifica la secuenciación 5.º → 6.º como un trayecto de complejidad creciente y sugiere que la coordinación pedagógica entre los docentes de ambas asignaturas es una condición necesaria para maximizar el potencial formativo del área. Finalmente, es necesario delimitar las particularidades como generalidades, ya que los datos cuantitativos descriptivos presentados, deben interpretarse con las cautelas propias de la investigación-acción cualitativa: no son estadísticamente representativos del bachillerato general en su conjunto, sino las percepciones y productos de un grupo específico de estudiantes en un contexto institucional particular.

CONCLUSIONES

La secuencia didáctica transversal de cinco fases demostró ser un marco pedagógico pertinente, operativo y adaptable para articular los contenidos de Innovación de Aplicaciones (MIT App Inventor, 5.º sem.) con los de Dispositivos Autónomos (Arduino Básico, 6.º sem.) en el bachillerato tecnológico. La estructura progresiva —de la exploración del problema hasta la presentación pública del artefacto— es coherente con el modelo EAC de Jonassen (1999), el ciclo experiencial de Kolb (1984) y la ZDP de Vygotsky (1978), y proporciona el andamiaje necesario para que estudiantes con niveles heterogéneos de conocimiento previo alcancen desempeños adecuados o excelentes.

La implementación de prácticas orientadas al desarrollo de prototipos electrónico-digitaes funcionales demostró ser viable con recursos estándar de laboratorio. El ciclo de debugging activó el pensamiento computacional de manera documentable en las bitácoras (3-8 ciclos por equipo). La integración de la App como interfaz de control del prototipo Arduino fue el elemen-

to más motivador e innovador de la secuencia según la encuesta Likert. El 95 % de portafolios con calidad adecuada-excelente, con el criterio de integración entre semestres como el de mayor desempeño (97 %), y la media Likert global de 4.60/5, con la dimensión de transversalidad académica como la más valorada (4.68/5), constituyen evidencia del desempeño académico positivo de la práctica transversal. Estos resultados validan la hipótesis central del estudio: la transversalidad explícitamente diseñada produce aprendizajes más integrados e integradores que la enseñanza compartimentada.

Finalmente, las evidencias convergentes del análisis de portafolios, la encuesta Likert y la observación docente confirman que la práctica transversal Arduino-App Inventor genera aportaciones pedagógicas, multidimensionales y medibles en el bachillerato tecnológico: mejora el rendimiento, fortalece la integración de saberes entre asignaturas, desarrolla el pensamiento computacional, amplía la cultura digital y el aprendizaje STEM.

BIBLIOGRAFÍA

- Ausubel, D. P. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento: Una perspectiva cognitiva*. Paidós.
- Blikstein, P. (2013). Gears of our childhood: Constructionist toolkits, robotics, and physical computing, past and future. En Proceedings of the 12th International Conference on Interaction Design and Children (pp. 173-182). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2485760.2485786>
- Creswell, J. W. (2014). *Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches* (4.^a ed.). SAGE Publications.
- Díaz-Barriga, A. (2006). El enfoque de competencias en la educación: ¿Una alternativa o un disfraz de cambio?, *Perfiles Educativos*, 28(111), 7-36.
- Elliot, J. (1993). El cambio educativo desde la investigación-acción. Morata.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación* (6.^a ed.). McGraw-Hill.
- Jonassen, D. H. (1999). Designing constructivist learning environments. En C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional design theories and models: A new paradigm of instructional theory* (Vol. 2, pp. 215-239). Lawrence Erlbaum Associates.
- Kemmis, S., y McTaggart, R. (1988). *Cómo planificar la investigación-acción*. Laertes.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Macías-Espinoza, F., et al. (2025). Portafolios digitales para evaluación del aprendizaje en contexto universitario ecuatoriano: Estudio bibliométrico 2020-2026. *Maestro y Sociedad*, 22(1). <https://maestroysociedad.uo.edu.cu/index.php/MyS/article/view/7555>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books.
- Papert, S. (1993). *The children's machine: Rethinking school in the age of the computer*. Basic Books.
- Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. *On the Horizon*, 9(5), 1-6. <https://doi.org/10.1108/10748120110424816>
- Santiago-Trujillo, Y., & Garvich-Ormeño, R. (2024). Competencias digitales e integración de las TIC en el proceso de enseñanza-aprendizaje. *Revista Tecnológica-Educativa Docentes 2.0*, 17(1), 50-65. <https://doi.org/10.37843/rted.v17i1.405>
- Villanueva-Flores, M., et al. (2024). Evaluación de competencias digitales en la enseñanza: Estudio de docentes de bachillerato y educación superior en México. *Redalyc*. <https://www.redalyc.org/journal/5337/533782727010/>
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>